

A agrometeorologia na solução de problemas multiescala



XX CBAGRO

**Congresso Brasileiro
de Agrometeorologia**



V SMUD

**Simpósio de Mudanças
Climáticas e Desertificação no
Semiárido Brasileiro**

ANAIIS 2017

Promoção e Realização



Embrapa
Semiárido

UNVASF
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
VALE DO SÃO FRANCISCO

**14 a 18 de Agosto de 2017, Univasf,
Complexo Multieventos, Juazeiro-BA**



Anais 2017

ANAIS DO XX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E V SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Petrolina - PE | Juazeiro - BA
14 a 18 de Agosto de 2017

Editores Técnicos

Magna Soelma Beserra de Moura e Thieres George Freire da Silva

Editoração Eletrônica

Alisson Amorim Siqueira

Todos os resumos neste livro foram reproduzidos de cópias fornecidas pelos autores e o conteúdo dos textos é de exclusiva responsabilidade dos mesmos. A Coordenação do XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e do V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro não se responsabiliza por consequências decorrentes do uso de quaisquer dados, afirmações e/ou opiniões inexatas ou que conduzam a erros publicados neste livro de trabalhos.

Coordenação do XX CBAGRO e V SMUD

Copyright © 2017 - Sociedade Brasileira de Agrometeorologia

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida, arquivada ou transmitida, em qualquer forma ou por qualquer meio, sem permissão da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia

Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação do Semiárido Brasileiro (20. : 2017: Petrolina).

C749 Anais do XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação do Semiárido Brasileiro, 14 a 18 de agosto 2017, Petrolina, PE [recurso eletrônico] / Organizado por Magna Soelma Beserra de Moura, Thieres George Freire da Silva; Ilustração de Alisson Amorim Siqueira. --Petrolina, PE/ Juazeiro, BA: UNIVASF, 2017.

Disponível em:

http://www.cbagro2017.com.br/files/anais_2017_final.pdf

Vários autores

ISBN 9788553220014

1. Meteorologia agrícola - Congressos. 2 Climatologia agrícola . 3. Climatologia - Congressos. 4. Bioclimatologia. 5. Desertificação -- Regiões áridas. 6. Semiárido Brasileiro. I. Moura, Magna Soelma Beserra de. II. Silva, Thieres George Freire da. III. Siqueira, Alisson Amorim. IV. Universidade Federal Vale do São Francisco.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas da UNIVASF.

Bibliotecária: Luciana Souza Oliveira CRB4/2178.

ISBN 978-85-532-2001-4



9 788553 220014

Informações Gerais

Entidade promotora

- Sociedade Brasileira de Agrometeorologia

Realização

- Embrapa Semiárido
- Universidade Federal do Vale do São Francisco

Agências de Fomento

- Facepe
- Capes

Apoio

- Universidade Estadual da Bahia
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano
- Universidade Federal Rural de Pernambuco
- Universidade Federal de Pernambuco
- Universidade Federal Rural do Semi-árido
- Universidade Federal de Campina Grande
- Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola
- International Plant Nutrition Institute
- Instituto Nacional de Meteorologia
- Agência Nacional de Águas
- University of Florida
- Mapfre Seguros - Banco do Brasil Seguradora

Periódicos parceiros

- Agrometeoros
- Journal of Hyperspectral Remote Sensing - JHRS
- Geama
- Journal of Environmental Analysis and Progress - JEAP
- Revista Brasileira de Geografia Física - RBGF

Patrocínio

- Climate Field View
- Campbell Scientific
- Agrosystem
- Alemmar - Li-Cor
- Metos Brasil
- Overtech
- Hobeco - Vaisala
- Meter
- AgSolve

Informações Gerais

Período de realização

- 14 a 18 de agosto de 2017

Local do evento

- Complexo Multieventos, Univasf, Campus Juazeiro-BA

Tema central

- A agrometeorologia na solução de problemas multiescala

Subtemas

- Agrometeorologia
- Biometeorologia/Bioclimatologia e Produção Agropecuária
- Instrumentação e Energia Renováveis na Agricultura
- Estatística e Modelagem Agrometeorológica
- Produção Agrícola e Socioeconômica
- Meteorologia e Climatologia
- Micrometeorologia
- Relações Água-Solo-Planta-Atmosfera
- Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento
- Mudanças Climáticas
- Desertificação

PROMOÇÃO E REALIZAÇÃO



AGÊNCIAS DE FOMENTO



PARCEIROS



PERIÓDICOS PARCEIROS



APOIO



PATROCINADORES



Apresentação

O Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (CBAGRO) é um evento da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia (SBAGRO) que ocorre a cada dois anos desde 1979, reunindo pesquisadores, professores, técnicos e estudantes envolvidos com o tema Agrometeorologia e suas áreas interdisciplinares, seja no âmbito da pesquisa, ensino, extensão e aplicações práticas.


O XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (XX CBAGRO) foi realizado de 14 a 18 de agosto de 2017, nas cidades de Juazeiro-BA/Petrolina-PE, concomitante com o V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro (V SMUD). Os eventos foram organizados pela Embrapa Semiárido e Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), com apoio da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Universidade do Estado da Bahia (UNEB) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão-PE).

O tema do XX CBAGRO e V SMUD foi “A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”, que teve como foco as grandes diversidades de clima e de suas interações com a biosfera nas mais variadas regiões do mundo, em associação com a intensificação das atividades humanas e das mudanças climáticas, que nem sempre resultam em condições meteorológicas favoráveis para a condução da atividade agrícola. Logo, “problemas” na produção de alimentos, fibras e energia e na sustentabilidade dos ecossistemas são mais perceptíveis a depender da escala espacial. O conhecimento dos problemas em multiescala garante o direcionamento das suas principais soluções. O problema da “Mudança ou Variabilidade Climática” é o mais tratado em escala Global. A “Crise Hídrica” e a “Desertificação” são os mais citados no Brasil em escala Regional. Os produtores em vários perímetros agrícolas passam por dificuldades que vão desde o preparo do solo, tratamentos fitossanitários, manejo de irrigação, armazenamento até a comercialização; esses problemas são caracterizados como de escala Local.

O evento promoveu um fórum para a análise, discussão e compartilhamento de informações científicas sobre os recentes avanços da pesquisa, ensino e extensão relacionados à Agrometeorologia na Solução de Problema Multiescala. O XX CBAGRO e V SMUD foi caracterizado pela realização de palestras e discussões técnico-científicas, excelente infraestrutura e teve o maior número de inscritos e trabalhos da história do Congresso. Além disso, a foi firmada parceria com as editoras dos periódicos científicos para publicação de trabalhos completos selecionados pela comissão científica do evento. No total foram 756 inscritos e 678 trabalhos, dos quais 548 foram resumos expandidos e 130 artigos completos.

Cada detalhe foi pensado e trabalhado com muito carinho para que a concepção do evento na região do Submédio do Vale São Francisco pudesse ser marcada como um momento singular. Neste sentido, é preciso externar os agradecimentos a todos aqueles que permitiram a realização do evento, como congressistas, palestrantes, instrutores de minicurso, patrocinadores, expositores, apoiadores, agências de fomento, periódicos parceiros, editoras, monitores, colaboradores, comissão científica e organizadora do evento, além de todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o sucesso do XX CBAGRO e V SMUD.

A todos o MEU SINCERO AGRADECIMENTO!


Dra. Magna Soelma Beserra de Moura
Presidente do XX CBAGRO

Organização do Evento

Presidente da Comissão Organizadora

- Magna Soelma Beserra de Moura - Embrapa Semiárido - Petrolina, PE

Vice-Presidente da Comissão Organizadora

- Thieres George Freire da Silva - UFRPE - Serra Talhada, PE

Secretaria Executiva

- Mário de Miranda Villas Boas Ramos Leitão - UNIVASF - Juazeiro, BA
- Francislene Angelotti - Embrapa Semiárido - Petrolina, PE
- Gertrudes Macário de Oliveira - UNEB - Juazeiro, BA
- Luciana Sandra Bastos de Souza – UFRPE – Serra Talhada, PE
-

Comissão Técnica

- Alisson Amorim Siqueira – UNIVASF – Juazeiro – BA
- Barbara França Dantas – Embrapa Semiárido – Petrolina - PE
- Bernardo Barbosa da Silva – UFCG – Campina Grande, PB
- Carolina Viana Morgante – Embrapa Semiárido – Petrolina – PE
- Élder Manoel de Moura Rocha – Embrapa Semiárido – Petrolina – PE
- Fabrício Bianchini – Embrapa Semiárido – Petrolina – PE
- Fernanda Muniz Bez Birolo – Embrapa Semiárido – Petrolina – PE
- Gilberto de Souza Pires - Embrapa Semiárido – Petrolina - PE
- Gilson de Jesus Barros de Souza – Embrapa Semiárido – Petrolina – PE
- Iedo Bezerra Sá - Embrapa Semiárido – Petrolina, PE
- Joabe Santos de Almeida – Embrapa Semiárido – Petrolina – PE
- José Espínola Sobrinho – UFERSA – Mossoró, RN
- Josiclêda Domiciano Galvêncio – UFPE – Recife, PE
- Luiz Bizerra de Oliveira – Embrapa Semiárido – Petrolina – PE
- Luiz Fernando de Souza Campeche – IF Sertão – Petrolina – PE
- Luiza Teixeira de Lima Brito – Embrapa Semiárido – Petrolina - PE
- Manoel Gregório Caetano de Lima Pinto – Univasf – Juazeiro - BA
- Marcelino Lourenço Ribeiro Neto – Embrapa Semiárido – Petrolina – PE
- Nadja Sueli – Univasf – Juazeiro - BA
- Pedro Vieira de Azevedo – UFCG – Campina Grande, PB
- Rafael Gois de Oliveira – Embrapa Embrapa Semiárido – Petrolina – PE
- Sergio Tonetto de Freitas – Embrapa Semiárido – Petrolina - PE
- Silvia Helena Nogueira Turco – UNIVASF – Juazeiro - BA
- Valéria Sandra de Oliveira Costa – UFPE – Recife, PE
- Werônica Meira de Souza – UFRPE – Garanhuns, PE
- Equipe de estudantes do Laboratório de Meteorologia da Univasf (Labmet)
- Equipe de estudantes do Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido

Avaliadores

- Aderson Soares de Andrade Júnior
- Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim
- Aline Anderson de Castro
- Allan Rodrigues Silva
- Ana Alexandrina Gama da Silva
- Ana Carla dos Santos Gomes
- André Quintão de Almeida
- Antonino Celso Dantas Antonino
- Antonio José Steidle Neto
- Balbina Maria Araujo Soriano
- Barbara França Dantas
- Bergson Guedes Bezerra
- Bernardo Barbosa da Silva
- Carlos André Alves de Souza
- Carlos Antônio Costa dos Santos
- Carlos Wagner Oliveira
- Carolyne Wanessa Lins de Andrade
- Cristiane Dacanal
- Darlan Martines Schmidt
- Emerson Damasceno de Oliveira
- Emerson Mariano da Silva
- Ênio Farias França e Silva
- Fábio Ricardo Marin
- Flávio Barbosa Justino
- Francislene Angelotti
- George do Nascimento Araújo Júnior
- Gertrudes Macário de Oliveira
- Gilberto Rocca da Cunha
- Gustavo Macedo de Mello Baptista
- Heliofábio Barros Gomes
- Herica Fernanda de Sousa Carvalho
- Iedo Bezerra Sá
- Inajá Francisco de Sousa
- Jose Eduardo B. de A. Monteiro
- José Espínola Sobrinho
- José Raliuson Inácio silva
- Josicleda Domiciano Galvínico
- Luciana Sandra Bastos de Souza
- Magna Soelma Beserra de Moura
- Marcos Antônio Vanderlei Silva
- Maria Gabriela de Queiroz
- Mário Miranda V. B. R. Leitão
- Naurinete de Jesus da Costa Barreto
- Patrice Rolando da Silva Oliveira
- Patrícia Coelho de Souza Leão
- Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza
- Pedro Vieira de Azevedo
- Ricardo Araújo Ferreira Junior
- Rodolfo Marcondes Silva Souza
- Romualdo Lima
- Rosandro Boligon Minuzzi
- Samuelson Lopes Cabral
- Saulo Tasso Araújo da Silva
- Sérgio Zolnier
- Sílvia Helena Nogueira Turco
- Suzana Maria Gico Lima Montenegro
- Thalyta Soares dos Santos
- Thieres George Freire da Silva
- Valéria Sandra de Oliveira Costa
- Vanderlise Giongo
- Werônica Meira de Souza
- Wesley de Oliveira Santos
- Williams Pinto Marques Ferreira

Palestrantes

Dr. Admir Targino Crespo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Brasil

Dr. Alessandro Carioca de Araújo

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Brasil

Dr. Alexandre Bryan Heinemann

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Brasil

Dr. Aryeverton Fortes de Oliveira

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Brasil

Dr. Clyde W. Fraisse

Universidade da Flórida

Dra. Débora Regina Roberti

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

Dr. Flávio Barbosa Justino

Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil

Dr. François Affholder

CIRAD, France

Dr. Francisco de Assis Diniz

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Brasil

Dra. Gabrielle Ferreira Pires

Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil

Dr. Hugo Borges Rodrigues

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasil

Dr. James Kathilankal

Li-Cor Biosciences (LI-COR), USA

Dr. João Seyffarth

Ministério do Meio Ambiente

Dr. Luís I. Prochnow

International Plant Nutrition Institute (IPNI), Brasil

Dr. Marcos Airton de S. Freitas

Agência Nacional de Águas, Brasil

Dr. Marcos Heil Costa

Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil

Dr. Mário de M. V. B. R. Leitão

Universidade Federal do Vale São Francisco, Brasil

Dr. Milton E. Pereira

Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil

Dr. Patrício Grassini

University of Nebraska-Lincoln (UNL), USA

Dr. Paulo César Sentelhas

ESALQ/USP

Dr. Richard Heck

Universidade de Guelph

Dr. Stoécio Maia

Instituto Federal Alagoas

Dr. Wady José Mourão Cury

Federação Nacional de Seguros Gerais, Brasil

Instrutores - Minicurso

Dr. Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves
Embrapa, Brazil

Dr. Bernardo Barbosa da Silva
UFCCG, Brazil

Dr. Fábio Ricardo Marin
ESALQ/USP, Brazil

Dr. Henrique Tozzi
Alemmar, Brazil

Dr. James Kathilankal
Li-Cor, United States

Dr. Peter Bus
SENTEK, Australia

Dr. Saulo de Tarso Aidar
Embrapa, Brazil

Dr. Welson Lima Simões
Embrapa, Brazil

Local do Evento

Petrolina - PE

Petrolina é um município localizado no estado de Pernambuco, a 750 km de Recife e a 500 km de Salvador. É banhado pelo Rio São Francisco e faz divisa com o Município de Juazeiro, pertencente ao Estado da Bahia que, juntos, formam o maior aglomerado urbano do Semiárido Brasileiro. De acordo com o IBGE, o número de habitantes das duas cidades, em 2015, é de, aproximadamente, 550.000 habitantes.

Em conjunto com os municípios pernambucanos de Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista, Orocó, e Cabrobó, e os municípios baianos de Juazeiro, Remanso, Campo Alegre de Lourdes, Casa Nova e Sobradinho, forma a Região Integrado de Desenvolvimento Econômico (RIDE) do São Francisco.

A cidade possui a 6ª maior economia do Estado, representando 3,37% da riqueza pernambucana. Petrolina é o maior polo agroindustrial de Pernambuco. Alcançou seu desenvolvimento através da agricultura irrigada, tornando-se um importante centro de produção de frutas tropicais, principalmente pelo cultivo de uvas e mangas.

Juazeiro - BA

Juazeiro é um município brasileiro do estado da Bahia. Em conjunto com o vizinho município de Petrolina, em Pernambuco, forma o maior aglomerado urbano do Semiárido. Localizada na região do Submédio da bacia do Rio São Francisco, a cidade se destaca pela agricultura irrigada que se firmou na região graças às águas do rio São Francisco.

É conhecida como a Terra das Carrancas, figuras antropomorfas usadas pelas embarcações que subiam e desciam o São Francisco. O nome da cidade se origina dos pés de juá ou juazeiro, uma árvore típica da região. Está inserido na Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento do Polo Petrolina e Juazeiro.

Programação - 14/08

08h00 - 09h30: Credenciamento e entrega de pastas

09h30 - 10h30: Sessão Solene de Abertura

Local: Auditório Principal

10h30 - 11h10: Palestra de abertura: A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala - desafios diante das variabilidades climáticas e dos avanços tecnológicos

Palestrante: Dr. Clyde W. Fraisse - Universidade da Flórida, USA

11h10 - 11h40: Discussão

12h00 - 14h00: Inauguração da feira de exposições

(Empresas patrocinadoras)

Local: Salão de exposições

Apresentação cultural

“Brunch” de abertura

14h00 - 18h00: Credenciamento e entrega de pastas

14h00 - 16h30: Mesa-Redonda I: Yield Gap and Water Productivity: Potencial da Produção Agrícola do Brasil em cenários de mudanças do uso do solo e do clima

Coordenador: Dr. Paulo C. Sentelhas - ESALQ/USP, Brasil

Local: Auditório Principal

14h00: Yield Gap Analysis: recent experiences in Brazil

Palestrante: Dr. Paulo C. Sentelhas - ESALQ/USP, Brasil

14h30: Global Yield Gap Atlas

Palestrante: Dr. Patrício Grassini - UNL, USA

15h00: The yield gap of major food crops in family agriculture in the tropics

Palestrante: Dr. François Affholder - CIRAD, França

15h30: Sessão plenária

Debatedor: Dr. Luís I. Prochnow - IPNI, Brasil

16h00 - 16h15: Café

16h15 - 16h45: Palestra: Perspectivas da produção agrícola em função de alterações do clima

Palestrante: Dr. Edson Kemper - Monsanto, Líder da localidade de Petrolina, Brasil

Local: Auditório Principal

16h45 - 17h30: Sessão Pôster I

Local: Salão Superior

17h30 - 19h00: Minicursos

Visitação a feira de exposições

Diálogos científicos

19h30: Programação social

Programação - 15/08

08h00 - 18h00: Serviços de secretaria (suporte e apoio)

08h30 - 10h30: Mesa Redonda II: Monitoramento de fluxos para compreensão dos efeitos de perturbações climáticas e antrópicas sobre agroecossistemas: estrutura, métodos, instrumentos inovadores e banco de dados
Coordenador: Dr. Alessandro C. de Araújo - Embrapa
Local: Auditório Principal

08h30: Monitoramento de fluxos para compreensão dos efeitos de perturbações climáticas e antrópicas sobre agroecossistemas

Palestrante: Dr. Alessandro C. de Araújo - Embrapa, Brasil

09h00: Pesquisa e monitoramento dos fluxos superficiais de energia e CO₂ no Sul do Brasil: a experiência do programa SULFLUX

Palestrante: Dra. Débora Regina Roberti - UFSM, Brasil

09h30: Recent advancement in Eddy covariance Instrument design, Data processing and Management

Palestrante: Dr. James Kathilankal - Li-Cor, USA

10h00: Sessão plenária

10h30 - 10h45: Café

10h45 -12h00: Sessão Oral I

Local: 8 Miniauditórios (5 apresentações em cada miniauditório)

12h00 - 14h00: Intervalo para almoço

14h00 - 16h00: Mesa Redonda III: Zoneamento Agrícola de Risco Climático: aspectos técnicos e operacionais

Coordenador: Dr. Aryeverton Fortes de Oliveira - Embrapa, Brasil

Local: Auditório Principal

14h00: Abordagem técnica e operacional da atualização do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)

Palestrante: Dr. Aryeverton Fortes de Oliveira - Embrapa, Brasil

14h30: Visão e demandas do Governo Federal para aprimoramento do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)

Palestrante: Dr. Hugo Borges Rodrigues - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil

15h00: Visão e demandas do Setor de Seguros em relação do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)

Palestrante: Dr. Wady José Mourão Cury - Grupo Segurador Banco do Brasil e MAPFRE, Brasil

15h30: Sessão plenária

16h00 - 16h15: Café

16h15 - 17h00: Sessão Pôster II

Local: Salão Superior

17h00 - 19h00: Minicursos

Visitação a feira de exposições

Diálogos científicos

Programação - 16/08

08h00 - 18h00: Serviços de secretaria (suporte e apoio)

08h30 - 10h30: Mesa Redonda IV: Variabilidade climática, ocorrência de secas, crise hídrica e seus impactos

Coordenador: Dr. Mário de Miranda V. B. R. Leitão - UNIVASF, Brasil

Local: Auditório Principal

08h30: Variabilidade climática e seus impactos

Palestrante: Dr. Mário de Miranda V. B. R. Leitão - UNIVASF, Brasil

09h00: Secas e seus impactos

Palestrante: Dr. Joaquim Guedes Corrêa - ANA, Brasil

09h30: Crise hídrica e seus impactos

Palestrante: Dr. Francisco de Assis Diniz - INMET, Brasil

10h00: Sessão plenária

10h30 - 10h45: Café

10h45 - 12h00: Sessão Oral II

Local: 8 Miniauditórios (5 apresentações em cada miniauditório)

12h00 - 14h00: Intervalo para almoço

14h00 - 16h00: Mesa Redonda V: Modelos de Clima e Sistemas Terrestres na explicação de Processos Biogeoquímicos relacionados a Eventos Extremos importantes para a Agricultura

Coordenador: Dr. Marcos Heil Costa - UFV, Brasil

Local: Auditório Principal

14h00: Modelos de Clima e Sistemas Terrestres na explicação de Processos Biogeoquímicos na agricultura

Palestrante: Dr. Marcos Heil Costa - UFV, Brasil

14h30: Impacto das mudanças climáticas nos padrões de deficiência hídrica do feijoeiro de sequeiro

Palestrante: Dr. Alexandre Bryan Heinemann - EMBRAPA, Brasil

15h00: Aumento do risco climático em sistemas safra-safrinha e implicações para o uso do solo no Brasil

Palestrante: Dra. Gabrielle Ferreira Pires - UFV, Brasil

15h30: Sessão plenária

16h00 - 16h15: Café

16h15 - 17h00: Sessão Pôster III

Local: Salão Superior

17h00 - 18h30: Minicursos

Visitação a feira de exposições

Diálogos científicos

18h30 - 19h30: Assembleia da SBAGro

Programação - 17/08

08h00 - 18h00: Serviços de secretaria (suporte e apoio)

08h30 - 10h30: Mesa Redonda VI: Poluição atmosférica e Ozônio (O₃): novos atores para afetar a agricultura brasileira

Coordenador: Dr. Flávio Barbosa Justino - UFV, Brasil

Local: Auditório Principal

08h30: Poluição atmosférica e Ozônio (O₃): novos atores para afetar a agricultura brasileira

Palestrante: Dr. Flávio Barbosa Justino - UFV, Brasil

09h00: Impactos ambientais do ozônio troposférico

Palestrante: Dr. Admir Créso de Lima Targino - UTFPR, Brasil

09h30: Bio-monitoramento e estudo dos efeitos do ozônio troposférico na produção agrícola

Palestrante: Dr. Milton E. Pereira - UFV, Brasil

10h00: Sessão plenária

10h30 – 10h45: Café

10h45 - 12h00: Sessão Oral III

Local: 8 Miniauditórios (5 apresentações em cada miniauditório)

12h00 - 14h00: Intervalo para almoço

14h00 - 16h00: Mesa Redonda VII: Tecnologias para o combate à desertificação e adaptação às mudanças climáticas

Coordenador: João Seyffarth - Ministério do Meio Ambiente, Brasil

Local: Auditório Principal

14h00: Uso da tomografia computadorizada de raios X para identificação de solos em processo de desertificação

Palestrante: Dr. Richard Heck - Universidade de Guelph, Canadá

14h30: Ações de combate à desertificação que contribuem para reverter as mudanças climáticas

Palestrante: Dr. Stoécio Maia - Instituto Federal Alagoas, Brasil

15h00: Políticas Públicas para o Combate à Desertificação e Redução da Vulnerabilidade Climática no semiárido Brasileiro

Palestrante: Dr. João Seyffarth - Ministério do Meio Ambiente, Brasil

15h30: Sessão plenária

16h00 - 16h15: Café

16h15 - 17h00: Sessão Pôster IV

Local: Salão Superior

17h00 - 19h00: Minicursos

Visitação a feira de exposições

Diálogos científicos

20h00: Jantar especial do evento

Banda musical, apresentação cultural acompanhando jantar

Sessão de encerramento (premiação dos melhores trabalhos)

Programação - 18/08

08h30: Visitas

Roteiro 1: Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

Roteiro 2: Vitivinícola Rio Sol, Lagoa Grande, PE

Roteiro 3: Vitivinícola Miolo, Casa Nova, BA

Roteiro 4: Fazenda de Produção de Frutas, Petrolina, PE

Diálogos Científicos

14/08 a 17/08: 17h00 - 19h00

Grupos de Pesquisa em Agrometeorologia no Brasil

Coordenadores: Dr. Thieres George Freire da Silva - UFRPE, Brasil

Dra. Hemlley Maria Acioli Imbuzeiro - UFV, Brasil

Local / data: Miniauditório 1, 14/08/2017 (segunda-feira)

Publicações em Agrometeorologia no Brasil – Necessidades, Lançamento de Livros, Autógrafos

Coordenador: Dr. Homero Bergamaschi - UFRGS, Brasil

Dra. Denise Cybis Fontanda - UFRGS, Brasil

Dr. Eduardo Monteiro - Embrapa, Brasil

Dr. Gilberto Cunha - Embrapa, Brasil

Local / data: Miniauditório 2, 14/08/2017 (segunda-feira)

Observatório Nacional da Dinâmica da Água e do Carbono no Bioma da Caatinga (INCT-ONDACBC)

Coordenadores: Dr. Antônio Celso Dantas Antonino - UFPE, Brasil

Dr. Rômulo Simões César Menezes - UFPE, Brasil

Local / data: Miniauditório 1, 15/08/2017 (terça-feira)

Contextualização da Agrometeorologia no ensino no Brasil

Coordenadores: Dr. Marcos Antonio Vanderley Silva - UNEB

Dr. José Espínola Sobrinho - UFERSA, Brasil

Dr. Rosandro Boligon Minuzzi - UFSC, Brasil

Local / data: Miniauditório 2, 15/08/2017 (terça-feira)

Observatório Nacional da Dinâmica da Água e do Carbono no Bioma da Caatinga (INCT-ONDACBC)

Coordenadores: Dr. Antônio Celso Dantas Antonino - UFPE, Brasil

Dr. Rômulo Simões César Menezes - UFPE, Brasil

Local / data: Miniauditório 1, 16/08/2017 (quarta-feira)

Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC

Coordenador: Dr. Aryeverton Oliveira - Embrapa, Brasil

Dr. Eduardo Monteiro - Embrapa, Brasil

Local / data: Miniauditório 2, 16/08/2017 (quarta-feira)

Pesquisas em Agrometeorologia no Semiárido brasileiro

Coordenadores: Dr. Mário de Miranda V. B. R. Leitão - UNIVASF, Brasil

Dr. Thieres George Freire da Silva - UFRPE, Brasil

Dra. Gertrudes Macário de Oliveira - UNEB, Brasil

Local / data: Miniauditório 1, 17/08/2017 (quinta-feira)

Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC

Coordenador: Dr. Aryeverton Oliveira - Embrapa, Brasil

Dr. Eduardo Monteiro - Embrapa, Brasil

Local / data: Miniauditório 2, 17/08/2017 (quinta-feira)

Minicursos

Sobre os minicursos

Durante o XX CBAgro e V SMUD os congressistas tiveram a oportunidade de ampliar seus conhecimentos participando dos minicursos oferecidos durante o evento, os quais tiveram duração de 08 horas cada e foram ministrados por reconhecidos pesquisadores no tema abordado.

Calibração e aplicações de sensores de umidade do solo

Instrutores: Dr. Welson Lima Simões - Embrapa, Brasil

Dr. Peter Bus - SENTEK, Austrália

Local: Miniauditório 3

Idiomas: Português e inglês

Construção, calibração e operação de lisímetros de pesagem

Instrutor: Dr. Luís Fernando M. S. Campeche - IF Sertão PE , Brasil

Local: Miniauditório 4

Idioma: Português

Eddy Covariance Basics: theory and instrumentation

Instrutor: Dr. James Kathilankal - Li-Cor, USA

Local: Miniauditório 5

Idioma: Inglês

Imagens de satélite aplicadas à Agrometeorologia

Instrutor: Dr. Bernardo Barbosa da Silva - UFCG, Brasil

Local: Miniauditório 6

Idioma: Português

Medições ecofisiológicas em cultivos agrícolas

Instrutores: Dr. Saulo de Tarso Aidar - Embrapa, Brasil

Dr. Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves - Embrapa, Brasil

Dr. Henrique Tozzi - Alemmmar, Brasil

Local: Miniauditório 7

Idioma: Português

Modelagem Agrometeorológica

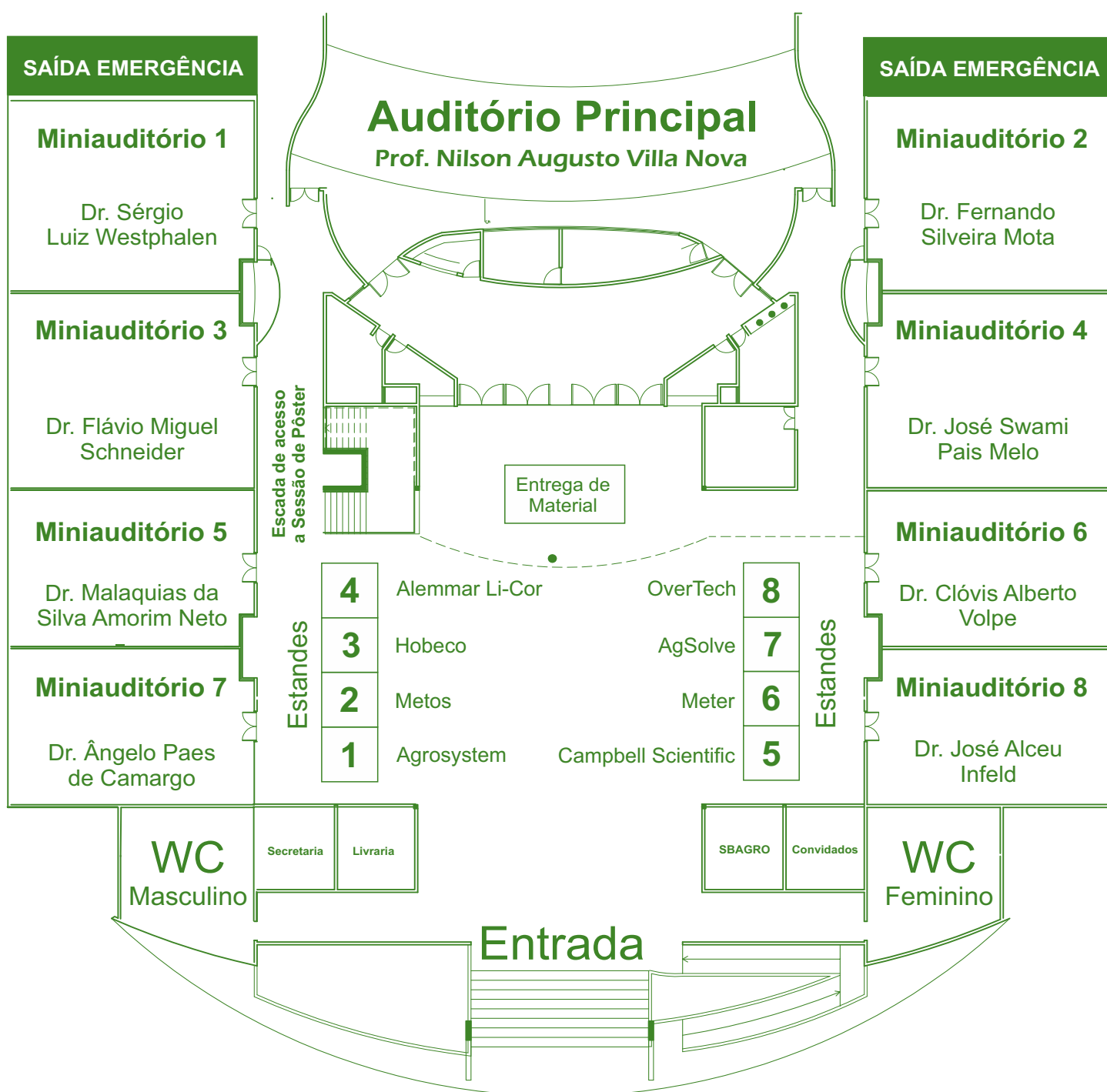
Instrutor: Dr. Fábio Ricardo Marin - ESALQ/USP, Brasil

Local: Miniauditório 8

Idioma: Português

Complexo Multieventos

O XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e o V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro foi realizado no Complexo Multieventos da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), em Juazeiro, BA. O complexo possui 1 (um) auditório principal com capacidade para 600 pessoas, além de 3 (três) auditórios com capacidade para 150 pessoas e 5 (cinco) miniauditórios com capacidade para 100 pessoas e um amplo Hall de entrada para montagem de estandes, com área coberta para a montagem dos painéis.



Números do evento

Inscrições do CBAGRO 2017 / V SMUD

O evento teve 630 inscritos de todas as regiões do país, totalizado 272 Estudante de Graduação, 154 estudantes de Pós-graduação, 127 profissionais e 77 pessoas ligadas à organização do evento.



Inscritos por estado:

Pernambuco: 145 inscritos

Minas Gerais: 56 inscritos

Sergipe: 50 inscritos

Alagoas: 49 inscritos

Bahia: 48 inscritos

São Paulo: 38 inscritos

Rio Grande do Norte: 35 inscritos

Rio Grande do Sul: 35 inscritos

Paraíba: 33 inscritos

Pará: 29 inscritos

Paraná: 18 inscritos

Piauí: 15 inscritos

Ceará: 12 inscritos

Rio de Janeiro: 11 inscritos

Goiás: 10 inscritos

Mato Grosso: 9 inscritos

Distrito Federal: 9 inscritos

Santa Catarina: 7 inscritos

Espírito Santo: 6 inscritos

Mato Grosso do Sul: 5 inscritos

Maranhão: 4 inscritos

Amapá: 2 inscritos

Rondônia: 2 inscritos

Acre: 1 inscritos

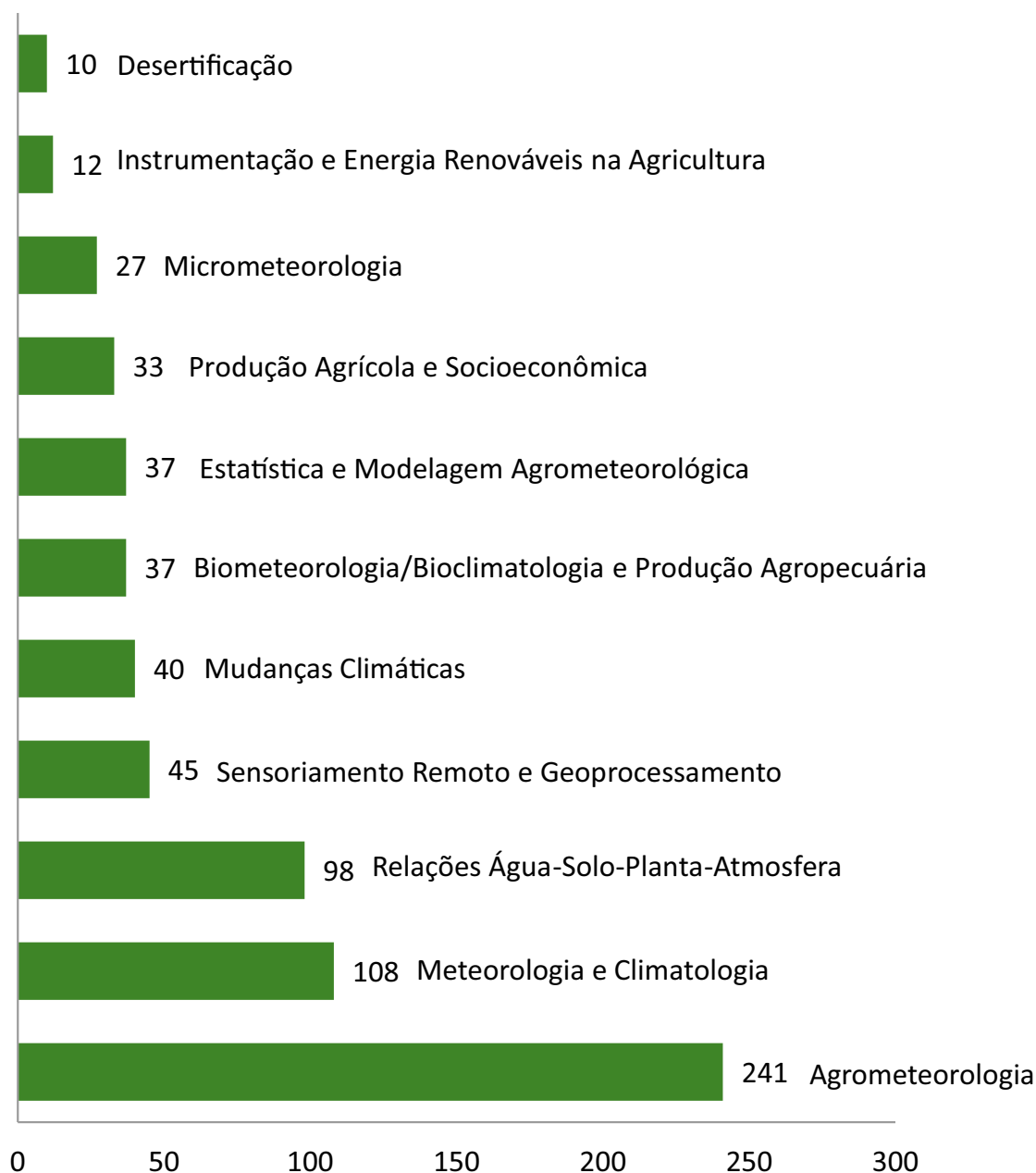
Amazonas: 1 inscritos

Números do evento

Submissão de trabalhos

O evento recebeu 688 submissões de trabalhos, representados por 474 resumos expandidos e 214 artigos completos, divididos conforme o gráfico de barras abaixo.

Do total, 532 submissões optaram por apresentar em forma de pôster e 146 em apresentação oral. De modo que ao final do processo avaliativo 636 trabalho foram aceitos e 52 trabalhos foram rejeitados.



Números do evento

Acessos ao site

Segundo o Google Analytics, o site oficial do evento, www.cbagro2017.com.br, recebeu até o mês de junho 80.283 visualizações, geradas por 21.352 visitas de 5.867 usuários provenientes de 41 países, com Brasil, Estados Unidos, Argentina e Canadá liderando os acessos. O Brasil foi responsável por 21.002 visitas, com destaque para o Estado de Pernambuco, com 5.576 visitas únicas.



Periódicos Parceiros

PERIÓDICOS



AGROMETEOROS:

Agrometeoros é o novo periódico científico da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, que, em plataforma digital, dará sequência à linha editorial da Revista Brasileira de Agrometeorologia (RBA) - ISSN 0104-1347, que esteve em circulação entre 1993 e 2008. A revista publica contribuições científicas originais, revisões sobre o estado da arte em tópicos especiais, notas técnicas e relatos de experiências relevantes, tanto nacionais quanto internacionais, na área de Agrometeorologia.

JHRS:

O Journal of Hyperspectral Remote Sensing - JHRS é uma revista de publicações científicas mensal, iniciada em 2011. A revista se dedica a divulgar informações sobre pesquisas científicas que se utilizem de dados e imagens hiperespectrais, além de métodos de sensoriamento remoto para melhorar o conhecimento sobre vegetação, solo e água em ambientes tropicais. Os artigos técnicos-científico, revisões de literatura e as notas publicadas no JHRS são originais, inéditos e relevantes para a detecção remota hiperespectral.

GEAMA:

Revista Geama é uma publicação aberta a contribuições nacionais e internacionais, online e tem como objetivo difundir a pesquisa em diversas áreas voltadas às Ciências Ambientais no Brasil e no mundo. De periodicidade trimestral, a revista foi criada em 18/03/2015 pelo professor José Machado Coelho Júnior.

JEAP:

O Journal of Environmental Analysis and Progress-JEAP é uma revista trimestral interdisciplinar do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O seu objetivo é divulgar informações interdisciplinares de análise ambiental que contribuam para o desenvolvimento da ciência e melhor qualidade de vida da população. JEAP publica artigos em todas as áreas relacionadas com o ambiente, incluindo vegetação, interação planta-animal, farmacobotânica, etnobotânica, ecologia, biotecnologia, sensoriamento remoto, climatologia, biota aquática, e influência antrópica, refletindo os resultados da análise e do progresso relevantes para áreas acadêmicas e científicas.

RBGF:

A Revista Brasileira de Geografia Física é um periódico bimestral de divulgação científica, iniciada em 2008. Artigos técnico-científicos, Revisões de literatura e Notas científicas a serem publicados na Revista devem ser originais, inéditos e de relevância para a Ciências Ambientais.

Pôsteres - Apresentações

Números

Agrometeorologia: 162
Meteorologia e Climatologia: 72
Relações Água-Solo-Planta-Atmosfera: 64
Biometeorologia/Bioclimatologia e Produção Agropecuária: 25
Mudanças Climáticas: 22
Produção Agrícola e Socioeconômica: 20
Estatística e Modelagem Agrometeorológica: 19
Micrometeorologia: 18
Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento: 15
Instrumentação e Energia Renováveis na Agricultura: 6
Desertificação: 4

Total: 427

Apresentações Dia 14/08/2017

1 - Agrometeorologia

- AG-023: ONDAS DE CALOR E O DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA E DO MILHO EM CAMPOS NOVOS.** Rosandro B. Minuzzi; Carolina A. Frederico
- AG-032: EFEITO DO CONTEÚDO INICIAL DE ÁGUA NO SOLO NA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM MATO GROSSO.** Rafael Battisti; Paulo C. Sentelhas
- AG-034: ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO LÍQUIDA UTILIZANDO DADOS DE ESTAÇÕES CONVENCIONAL E AUTOMÁTICA.** Edson A. Bastos; Marcus W. L. Carvalho; Aderson S. A. Júnior
- AG-036: ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO-SE DADOS DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS CONVENCIONAL E AUTOMÁTICA.** Edson A. Bastos; Marcus W. L. Carvalho; Aderson S. A. Júnior
- AG-041: RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL MENSAL PARA A CIDADE DE SÃO CARLOS (SP).** Amanda C. Souza; Matheus V. Regis; Wilson W. Silveira; Fabrina B. Martins
- AG-048: EFICIÊNCIA NO USO DA RADIAÇÃO SOLAR PELA CULTURA DA SOJA EM FREDERICO WESTPHALEN, RS.** Braulio O. Caron; Jaqueline Sgarbossa; Rodrigo S. Silva; Edinéia Cristo; Marina L. Cuchi
- AG-062: CALIBRAÇÃO E AVALIAÇÃO DO MODELO APSIM NA ESTIMAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO .** Elvis F. Elli; Cleverson H. Freitas; Paulo C. Sentelhas
- AG-075: AVALIAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA SOJA EM TANGARÁ DA SERRA, MT.** Guilherme Bariviera; Rivanildo Dallacort ; Rafael C. Tieppo; Francielle F. Vieira; André T. Vasconcelos
- AG-080: INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL NA TEMPERATURA DO SOLO CULTIVADO COM MILHO VERDE.** Julia G. Barreto; Rivanildo Dallacort; Rafael C. Tieppo; André T. Vasconcelos; João D. Barbieri
- AG-084: INFLUÊNCIA DA DISPONIBILIDADE DE RADIAÇÃO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO.** Rogério S. N. Júnior; Talita M. T. Xavier; José E. M. Pezzopane; Rachel C. Carvalho; Vanessa O. Gomes
- AG-085: INFLUÊNCIA DO EL NIÑO NOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS E BALANÇO HIDRÍCO DO SOLO EM MANAUS.** Isaac C. Antonio
- AG-091: INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA POR CANOLA EM DISTINTAS CONDIÇÕES DE CULTIVO.** Cleusa A. M. B. Krüger; Idomar V. Peruzzatto; Tagliane E. Walker; José A. G. Silva; Genei A. Dalmago
- AG-094: MICROCLIMA EM SUB-BOSQUE DE POMAR DE MANGUEIRAS E VEGETAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NO PARÁ.** Juliana C. Rodrigues; Izildinha S. Miranda; Adriano M. L. Sousa
- AG-109: EVOLUÇÃO TEMPORAL DE ELEMENTOS CLIMÁTICOS EM CULTIVO DE ALFACE .** Gabriel S. T. Fernandes; Edivania A. Lima; Victor A. Brito; Poline S. Almeida; Lucas C. Soares

- AG-141: INFLUÊNCIA DA COBERTURA MORTA NA UMIDADE DO SOLO CULTIVADO COM MILHO VERDE.** Emili F. Campachi; Rafael C. Tieppo; Rivanildo Dallacort; André T. Vasconcelos; Karolina A. Souza
- AG-146: TEMPERATURA BASE DA PALMA FORRAGEIRA EM SISTEMA DE CULTIVO CONSORCIADO COM O SORGO.** George N. A. Júnior; Maria G. Queiroz; Alexandre M. R. F. Jardim; Jandis F. N. Araujo; Thieres G. F. Silva
- AG-149: EFEITO DA PALHADA SOBRE O PERFILAMENTO E COMPRIMENTO DE COLMOS DA CANA-DE-AÇÚCAR.** Matheus P. S. Tolêdo; Carlos A. A. Souza; Maria G. Queiroz; Carlos T. A. Rodrigues; Thieres G. F. Silva
- AG-172: EFEITOS DO ESTRESSE SALINO NA ÁREA FOLIAR DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR.** João V. Toledo; Sérgio Zolnier; Thieres G. F. Silva; Antonio J. S. Neto; Márcio H. P. Barbosa
- AG-173: ALTERAÇÕES NO COMPRIMENTO DOS COLMOS DA CANA-DE-AÇÚCAR DEVIDO AO ESTRESSE SALINO.** João V. Toledo; Sérgio Zolnier; Thieres G. F. Silva; Antonio J. S. Neto; Márcio H. P. Barbosa
- AG-174: PARTIÇÃO DO SALDO DE RADIAÇÃO NOS FLUXOS DE CALOR LATENTE E SENSÍVEL EM MANGUEIRAS, PARÁ.** Juliana C. Rodrigues; Daniely F. S. Souza; Adriano M. L. Sousa
- AG-186: MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE SERRINHA, BA.** Victor B. B. Menezes
- AG-203: FILOCRONO DE EMISSÃO DE CLADÓDIOS DA PALMA FORRAGEIRA EM SISTEMA DE CULTIVO PALMA-SORGO .** George N. A. Júnior; Marcelo J. Silva; Kaique R. S. Salvador; Luciana S. B. Souza; Thieres G. F. Silva
- AG-206: BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO CULTIVADO COM PALMA FORRAGEIRA EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO E IRRIGADA.** Alexandre M. R. F. Jardim; Maria G. Queiroz; George N. A. Júnior; Hygor K. M. N. Alves; Thieres G. F. Silva
- AG-207: EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTE DE CULTURA DA OPUNTIA STRICTA (HAW.) HAW. NO QUARTO CICLO PRODUTIVO.** Alexandre M. R. F. Jardim; Marcelo J. Silva; Maria G. Queiroz; Cleber P. Alves; Thieres G. F. Silva
- AG-210: ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PELO DOSSEL DE ESPÉCIES ARBOREAS DO BIOMA CAATINGA.** Maria G. Queiroz; Carlos A. A. Souza; Alexandre M. R. F. Jardim; Marcelo J. Silva; Thieres G. F. Silva
- AG-212: QUANTIFICAÇÃO MENSAL DA INTERCEPTAÇÃO DE ÁGUA PELO DOSSEL VEGETATIVO DA CAATINGA.** Maria G. Queiroz; Carlos A. A. Souza; Kaique R. S. Salvador; Jandis F. N. Araújo; Thieres G. F. Silva
- AG-228: EXIGÊNCIA TÉRMICA FENOLÓGICA E ANUAL DA PALMA FORRAGEIRA EM CONSÓRCIO COM O SORGO.** George N. A. Júnior; Alexandre M. R. F. Jardim; Hygor K. M. N. Alves; Cleber P. Alves; Thieres G. F. Silva
- AG-251: RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL EM SUPERFÍCIES INCLINADAS NA REGIÃO DE RIO LARGO - AL.** Luiz F. T. Silva; Leandro V. Silva; Jailton A. Feitosa; Ricardo A. F. Junior
- AG-258: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTURA (ETC) PARA AVALIAR O USO DA ÁGUA EM ITABAIANA/SE .** Inajá F. Sousa; Rafael O. Farrapeira; Gregório G. Faccioli; Antenor O. A. Netto
- AG-282: TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO SOLO CULTIVADO COM PALMA FORRAGEIRA SOB DISTINTOS MANEJOS.** Gabriel I. N. Silva; Rayles M. M. Chagas; Renan M. C. Leite; George N. A. Júnior; Thieres G. F. Silva
- AG-298: DINÂMICA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR NÃO SOFRE EFEITO DA MANUTENÇÃO DA PALHADA NO CAMPO.** Kaique R. S. Salvador; Maria G. Queiroz; Matheus P. S. Tolêdo; Magna S. B. Moura; Thieres G. F. Silva
- AG-302: COBERTURA MORTA NA REDUÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA .** Carlos A. A. Souza; Marcelo J. Silva; Luciana S. B. Souza; Magna S. B. Moura; Thieres G. F. Silva
- AG-314: VOLUME DE CLADÓDIOS DE PALMA FORRAGEIRA SOB CULTIVO EM SEQUEIRO E IRRIGADO.** José O. N. Silva; Allan R. Silva; Thalyta S. Santos; George N. A. Júnior; Thieres G. F. Silva
- AG-335: A MANUTENÇÃO DA PALHADA EM CAMPO MODIFICA O FILOCRONO DA CANA-DE-AÇÚCAR.** Kaique R. S. Salvador; Matheus P. S. Tolêdo; Maria G. Queiroz; Alexandre M. R. F. Jardim; Thieres G. F. Silva
- AG-338: MEDIDAS LINEARES E VOLUMÉTRICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR EM CULTIVO SEM E COM PALHADA EM CAMPO.** Matheus P. S. Tolêdo; Kaique R. S. Salvador; Carlos A. A. Souza; Herica F. S. Carvalho; Thieres G. F. Silva
- AG-343: TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO SOLO CULTIVADO COM PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES REGIMES HIDRÍCOS.** Gabriel I. N. Silva; Rayles M. M. Chagas; Renan M. C. Leite; Alexandre M. R. F. Jardim; Thieres G. F. Silva
- AG-374: EFICIÊNCIA DE INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSINTETICAMENTE ATIVA NA SOJICULTURA EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA.** Luiz G. Carvalho; Jodean A. Silva; Fabiano A. Petter; Fabrício R. Andrade; Geanderson N. Silva
- AG-513: CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE CULTIVO DAS CULTURAS AGRÍCOLAS E RELAÇÃO HIDROFENOLOGICA EM TRÊS PROVÍNCIAS, ANGOLA .** Manuel A. V. Antonio; Jaime F. António; Anacleto M. Diogo; Nelson P. A. Mateus; Eliseu O. Afonso
- AG-573: EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DA PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS EM AMBIENTE SEMIÁRIDO.** Mery C. S. Assis; Leonardo F. Souza; Poliana C. Pereira; Fábio E. Silva; Thieres G. F. Silva
- AG-589: VARIABILIDADE E ANOMALIA CLIMÁTICA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM ÁGUAS BELAS, PE.** Jandis F. N. Araujo; Maria G. Queiroz; José O. N. Silva; Poliana C. Pereira; Thieres G. F. Silva
- AG-590: ESTUDO DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL RELACIONADO À PRECIPITAÇÃO INTERNA EM UMA ÁREA DE CAATINGA.** Maria G. Queiroz; George N. A. Júnior; Jandis F. N. Araujo; Matheus P. S. Tolêdo; Thieres G. F. Silva

6 - Meteorologia e Climatologia

- MC-002: APTIDÃO AGROCLIMÁTICA E CLASSIFICAÇÃO DE CULTURAS PARA O MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ - PE, BRASIL.** Vicente P. Silva; Raimundo M. Medeiros; Emmanuelle M. G. Lorena; Romildo M. Holanda
- MC-005: APTIDÃO CLIMÁTICA PARA O CULTIVO DO CAJU E CANA-DE-AÇUCAR EM PAUDALHO-PE.** Raimundo M. Medeiros; Emmanuelle M. G. Lorena; Vicente P. Silva; Romildo M. Holanda
- MC-006: VARIABILIDADE PLUVIAL NO MUNICÍPIO DE PAUDALHO - PE, BRASIL.** Raimundo M. Medeiros; Emmanuelle M. G. Lorena; Vicente P. Silva; Romildo M. Holanda; Lincoln E. Araujo
- MC-010: ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO AR HORÁRIA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO.** Murilo S. Vianna; Fábio R. Marin
- MC-020: AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ITAPOROROCA-PB.** Lincoln E. Araújo; Maxsuel B. Nascimento; Walkimer S. Silva; André L. D. Silva; Gyovane S. Silva
- MC-027: AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE GUARABIRA-PB.** Lincoln E. Araújo; André L. Silva; Walkimer S. Silva; Maxsuel B. Nascimento; Gyovane S. Silva
- MC-031: PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E SUAS FLUTUAÇÕES EM BANANEIRAS - PARAÍBA, BRASIL.** Verônica G. Oliveira; Alécio R. P. V. G. O. . R. M. M. . ; Raimundo M. Medeiros
- MC-079: ANÁLISE CLIMÁTICA DA MICRORREGIÃO DE VITORIA DE SANTO ANTÃO - PERNAMBUCO .** Carolyne S. Souza; Amanda S. Q. A. Maciel; Eberson P. Ribeiro
- MC-088: INFLUÊNCIA DA ZCAS NO ACUMULADO DE CHUVA DA CAPITAL DE GOIÁS .** Flávia D. Rabelo; Diego S. Fernandes; Rosidalva L. F. Paz; André O. Amorim
- MC-104: NÚMEROS DE DIAS SECOS E CHUVOSOS NOS MUNICÍPIOS DE CÁCERES E DIAMANTINO - MT.** Diego F. Daniel; Adelair M. Conceição; Rivanildo Dallacort ; Rafael C. Tieppo; Maria C. S. Andréa
- MC-105: ÍNDICE DE CLARIDADE E CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE COBERTURA DO CÉU EM ALTA FLORESTA-MT.** Diego F. Daniel; Daiane M. Haubricht; Rivanildo Dallacort ; Sandra M. A. S. Neves; Marco A. C. Carvalho
- MC-106: VARIABILIDADE DA TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA DO AR E PRECIPITAÇÃO EM ALTA FLORESTA - MT.** Diego F. Daniel; Daiane M. Haubricht; Rivanildo Dallacort ; Marco A. C. Carvalho; Sandra M. A. S. Neves
- MC-108: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CHUVA E TEMPERATURA DO AR NO SUDESTE DO BRASIL ENTRE 1961-2012.** Marcelo Lima; Givanildo Gois; José F. Oliveira-júnior
- MC-111: UM SÉCULO DE DADOS METEOROLÓGICOS EM PIRACICABA, SP: MUDANÇAS DO CLIMA PELA CLASSIFICAÇÃO DE KÖPPEN.** Henrique B. Dias; Clayton A. Alvares; Paulo C. Sentelhas
- MC-123: ANÁLISE DO CICLONE TROPICAL DINEO E FURACÃO TROPICAL MATTHEW .** Lara A. M. Vieira; Matheus Regis; Jéssica C. Mendes; Michelle S. Reboita
- MC-124: FREQUÊNCIAS DE IRRADIÂNCIA SOLAR DIRETA NA REGIÃO DE MACEIÓ-AL.** José M. L. Júnior; Nayara B. Costa; José L. Souza; Ricardo A. F. Júnior; Rosiberto S. S. Júnior
- MC-128: ÍNDICE DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL PARA A REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO.** Taynara T. B. Valeriano; José R. S. C. Moraes; Kamila C. Meneses; Lucas E. O. Aparecido; Glauco S. Rolim
- MC-150: REPRESENTATIVIDADE DA MÉDIA COMPENSADA DA TEMPERATURA E UMIDADE DO AR DE SÃO GONÇALO-PB .** Roziane O. Gurdjão; Bernardo B. Silva; Renato F. C. Lopes; Gemeson Alves; Rejane M. Santos
- MC-154: APTIDÃO CLIMÁTICA DA CULTURA DO CAJÚ NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA.** Mirella A. Viana; Maria C. Silva; Raimundo M. Medeiros; João G. F. Silva; Romildo M. Holanda
- MC-179: TENDÊNCIAS DE EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE GOIÂNIA, GOIÁS.** Lucas C. Santos; Frank F. Capuchinho; Guilherme H. T. Cruz; Elton F. Reis
- MC-187: BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL DE THORNTHWAITTE E MATHER ADAPTADO A CULTURA DO MILHO EM ARAPIRACA,ALAGOAS.** Thais F. Furtado; Guilherme B. Lyra; José L. Souza; Gustavo B. Lyra
- MC-191: SIMULAÇÕES NUMÉRICAS DE PRECIPITAÇÃO COM O MODELO ETA/CPTEC PARA O RIO DE JANEIRO.** Fernanda S. Pinheiro; Gustavo B. Lyra; Édinaldo O. Santos; Henderson S. Wanderely
- MC-192: INFLUÊNCIA DAS ANOMALIAS DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR SOBRE RESERVATÓRIOS DO NORDESTE.** Luanny G. C. Ferreira; Alexandre Kemenes
- MC-209: ESTUDO DA PLUVIOMETRIA ANUAL EM SÃO BENTO DO UNA - PE, BRASIL.** Mirella A. Viana; Maria C. Silva; Raimundo M. Medeiros; João G. F. Silva; Ronildo M. Holanda
- MC-224: ÍNDICE SPI APLICADO AO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO.** Marcelo Lima; Givanildo Gois; José F. Oliveira-júnior
- MC-230: APLICAÇÃO DE TENDÊNCIA CLIMÁTICA PARA A CIDADE DE CATALÃO (GO).** Rafael A. Rodrigues; Thiago P. Silva; Leydimere J. C. Oliveira; Rafael C. Delgado; Leonardo F. Prado
- MC-231: ANÁLISE DO PH DA ÁGUA PLUVIAL NA MALHA URBANA DE CATALÃO (GO) 2016 A 2017.** Rafael A. Rodrigues; Leonardo F. Prado; Lincoln L. Romualdo; Nara L. S. Sousa; Antover P. Sarmento

- MC-233: DISTRIBUIÇÃO, VARIABILIDADE E TEMPO DE RETORNO DE OCORRÊNCIA DE EVENTOS DE CHUVA EM MOSSORÓ, RN.** Rudah M. Maniçoba; José E. Sobrinho; Anna K. S. Oliveira; Isaac A. S. Freitas; Danielly L. Batista
- MC-240: ALBEDO DE CAATINGA PRESERVADA COMPARADO COM CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA.** Herica F. S. Carvalho; Magna S. B. Moura; Mário M. V. B. R. Leitão; Carlos T. A. Rodrigues; Thieres G. F. Silva
- MC-249: ANÁLISE DE BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL E ÍNDICE DE ARIDEZ PARA PETROLINA.** Cleiza C. Silva; Élide E. P. Oliveira; Claudio M. S. Silva; Bergson G. Bezerra
- MC-266: PROJEÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO NORMALIZADA EM UM NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO.** Thalyta S. Santos; Allan R. Silva; José F. C. Neto; João P. A. S. Santos; Thieres G. F. Silva
- MC-267: ESTUDO DA TENDÊNCIA DA TEMPERATURA DO AR NO SEMIÁRIDO.** Thalyta S. Santos; Allan R. Silva; José F. C. Neto; José O. N. Silva; Thieres G. F. Silva
- MC-278: DÉFICIT DE PRESSÃO DE SATURAÇÃO DO AR PARA PETROLINA DURANTE ANOS DE ENOS E NEUTRALIDADE.** Lorena M. T. Lima; Bergson G. Bezerra; Thaynar G. Magalhães; Marina A. C. Pinheiro
- MC-295: EVOLUÇÃO MENSAL E SAZONAL DA IRRADIÂNCIA GLOBAL DESCENDENTE EM ITAJUBÁ - MG.** João P. R. Silva; Michelle S. Reboita; Marcelo P. Corrêa
- MC-307: ESTIMATIVA HORÁRIA DA IRRADIÂNCIA SOLAR DIRETA PARA A REGIÃO DE MACEIÓ-AL .** José M. L. Júnior; Nayara B. Costa; José L. Souza; Ricardo A. F. Júnior
- MC-315: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO ACUMULADA NO PERÍODO CHUVOSO DO SEMIÁRIDO CEARENSE .** Amanda T. Silva; Tarsila M. Ramos; Paulo S. Lucio
- MC-317: EL NIÑO, LA NIÑA E SUAS FLUTUAÇÕES PLUVIAIS EM SÃO BENTO DO UNA-PE, BRASIL.** Maria C. Silva; Mirella A. Viana; Raimundo M. Medeiros; Vicente P. Silva; Romildo M. Holanda
- MC-334: MICROCLIMA EM ÁREAS DE CAATINGA PRESERVADA E CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.** Herica F. S. Carvalho; Magna S. B. Moura; Thieres G. F. Silva; Carlos T. A. Rodrigues; Geovane D. Silva
- MC-341: ÍNDICE DE DÉFICIT HÍDRICO DE RESERVATÓRIOS (IDHR).** Josemir A. Neves
- MC-351: ESTUDO DE CASO COM O MODELO WRF CONFIGURADO À REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE.** Emerson D. Oliveira; Mario M. V. B. R. Leitão; Manoel G. C. L. Pinto
- MC-357: CORRELAÇÃO ENTRE DADOS DE TEMPERATURA ESTIMADOS E MEDIDOS EM BARREIRAS/BA.** Lucas D. Felix; Denise C. Fontana; Andreise Moreira
- MC-358: CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS ASSOCIADAS A UM EVENTO SEVERO CAUSADOR DE DANOS EM PELOTAS-RS.** Lucas F. C. Conceição
- MC-362: ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DO PERÍODO CHUVOSO NAS CIDADES DE SÃO LUÍS-MA, TERESINA-PI E MACEIÓ-AL .** Ismael G. F. Freitas; Italo R. Januario; Osmar E. T. Bonfim; Matheus J. A. Lyra
- MC-364: VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO AGRESTE DE PERNAMBUCO E OS DESASTRES DECORRENTES DOS EXTREMOS CLIMÁTICOS.** Werônica M. Souza; Maria L. T. Pereira; Maendra P. A. Soares; Emanuel A. Silva; Abelardo A. A. Montenegro
- MC-369: PRECIPITAÇÃO E EROSIVIDADE EM ARAÇUAÍ, CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO E CARBONITA - MG .** Maria J. H. Souza; Fúlvio Cupolillo; Ricardo A. Generoso; Daniel Dantas
- MC-375: ESTAÇÃO CHUVOSA E DURAÇÃO DOS VERANICOS PARA CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO, MINAS GERAIS.** Maria J. H. Souza; Fúlvio Cupolillo; Raquel S. Pereira; Jéssica N. Santos; Jihan M. Raslan
- MC-389: AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO NO CAMPUS DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO (UFRPE).** Raimundo M. Medeiros; Ana P. X. G. Bezerra; Symone M. P. Falcão; João H. B. C. Campos; Romildo M. Holanda
- MC-412: ANÁLISE DAS HORAS DE FRIO PARA MESORREGIÕES DO RIO GRANDE DO SUL.** Maiara B. Cardoso; Luciana B. Pinto; Lucas F. C. Conceição
- MC-413: ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E DO NÚMERO DE DIAS DE CHUVA EM ALMINO AFONSO-RN.** José E. Sobrinho; Talyana K. Melo; Francisco E. Sobrinho; Ana L. M. L. Espínola
- MC-422: ESTUDO ANUAL DA PLUVIOMETRIA EM PAUDALHO - PE, BRASIL.** Maria C. Silva; Mirella A. Viana; Raimundo M. Medeiros; Vicente P. Silva; Romildo M. Holanda
- MC-431: INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO OCEANO ATLÂNTICO NA FORMAÇÃO DAS LINHAS DE INSTABILIDADE AMAZÔNICAS.** Ingrid P. C. Lima; Melquizedek R. D. Silva; Clénia R. Alcântara
- MC-440: PERSPECTIVAS PARA A GESTÃO DA BACIA DO GOIANA ATRAVÉS DO MODELO HIDROLÓGICO SWAT.** Ygor C. B. Morais; Yenê M. Paz; Josiclêda D. Galvínio; Romildo M. Holanda
- MC-456: COMPORTAMENTO ANUAL DA UMIDADE E TEMPERATURA NO AMBIENTE DE FORMAÇÃO DAS LINHAS DE INSTABILIDADE AMAZÔNICAS.** Izana O. Carneiro; Clénia R. Alcântara
- MC-480: CONTRIBUIÇÃO DA TSM EM SÉRIE TEMPORAL DE PRECIPITAÇÃO UTILIZANDO MODELAGEM GAMLSS.** Leydson G. Dantas; Dr. C. A. C. Santos; Dr. R. A. Olinda; Dr. J. I. B. Brito
- MC-492: IMPACTO DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO CONFORTO TÉRMICO EM ÁREAS PÚBLICAS NA CIDADE DE PETROLINA/PE.** Cristiane Dacanal; Larissa F. M. Souza; Larissa S. B. Souza

MC-507: RADIAÇÃO SOLAR MENSAL NO RIO DE JANEIRO BASEADA NO INTERPOLADOR INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA.

Mariane S. Pessanha; Allana O. Lima; Guilherme B. Lyra; José L. Souza; Gustavo B. Lyra

MC-519: POTENCIAL PLUVIOMÉTRICO PARA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI EM JANAÚBA - MG.

Rafael H. E. Castro; Maria J. H. Souza; João E. Lima; Mateus O. Meira; Cláudio M. P. Souza

MC-532: POTENCIAL CLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DE COCO NOS TABULEIROS COSTEIROS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL .

Alexandre H. C. Barros; Ana A. G. Silva

MC-555: ÍNDICES DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE BARREIRAS-BA.

Charles C. Santana; Marcos A. V. Silva; Silas A. Souza; Rafael S. Felix; Gutemberg P. Araújo

MC-556: INCIDÊNCIA DE VERANICO EM MONTES CLAROS, MINAS GERAIS.

Daniel Dantas; Maria J. H. Souza

MC-563: CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO OESTE DA BAHIA.

Charles C. Santana; Marcos A. V. Silva; Silas A. Souza; Rafael S. Felix; Weslei P. Oliveira

MC-565: AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR DE PETROLINA-PE.

Leonardo T. Correia; Mario M. V. B. R. Leitão; Luan W. Santos; Thiago F. Cirilo; Braully B. Alencar

MC-583: ANÁLISE DA ESTIAGEM EM SÃO GABRIEL DA PALHA/ES ENTRE JANEIRO/2014 E ABRIL/2017.

Bruce F. P. Silva; José G. F. Silva; Hugo E. A. Ramos; Ivaniel F. Maia; Thábata T. B. Medeiros

MC-617: ANÁLISE DA ESTIAGEM NO MUNICÍPIO DE LINHARES ENTRE JANEIRO DE 2014 E ABRIL DE 2017.

José G. F. Silva; Bruce F. P. Silva; Hugo E. A. Ramos; Pedro H. B. Pantoja; Thábata T. B. Medeiros

MC-637: ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BARREIRAS-BA ATRAVÉS DO IAC.

Charles C. Santana; Marcos A. V. Silva; Silas A. Souza; Sérgio A. P. Souza; Letícia S. Menezes

MC-661: ANÁLISE DA ESTIAGEM NO MUNICÍPIO DE PINHEIROS/ES ENTRE JANEIRO DE 2014 E ABRIL DE 2017.

Ivaniel F. Maia; José G. F. Silva; Bruce F. P. Silva; Hugo E. A. Ramos; Thábata T. Brito

MC-673: BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DA REGIÃO OESTE DA BAHIA.

Letícia S. Menezes; Marcos A. V. Silva; Silas A. Souza; Charles C. Santana; Weslei P. Oliveira

MC-679: SISTEMA DE ALERTA FITOSSANITÁRIO PARA FERRUGEM DO CAFEEIRO - ESTUDO DE CASO EM MINAS GERAIS.

Karlmer A. B. Corrêa; Fernando D. Hinnah; Paulo C. Sentelhas; Dalilla C. Rezende; Thulio C. F. Serafini

MC-699: BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA O MUNICIPIO DE TOMÉ AÇU-PA.

Jamilly L. Dias; Nilza A. Pacheco; Allison R. C. Castro; Jeymison M. Bezerra; Alailson V. Santiago

Apresentações Dia 15/08/2017

1 - Agrometeorologia

AG-066: PRODUTIVIDADE E TEOR DE ÓLEO DE HÍBRIDO DE CANOLA CULTIVADA NO NOROESTE DO RS .

Tais C. Trada; Cleusa A. M. B. Krüger; Izaura P. Souza; Roberto Carbonera ; Carbonera J. A. G. Silva

AG-067: EFICIÊNCIA DO USO, TENSÃO DA ÁGUA NO SOLO EM FUNÇÃO DE MÉTODOS ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO.

Nathalia B. Leonardo; Marcos V. Jesus; Márcio J. Santana; Letícia S. Leite

AG-082: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DA ALFACE EM FUNÇÃO DE MÉTODOS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA.

Karita A. Silva; Marcos V. Jesus; Márcio J. Santana; Letícia S. Leite

AG-089: MODELAGEM DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO PERÍMETRO IRRIGADO PONTAL SUL.

Leandro M. Araujo; Antônio H. C. Teixeira; Luís H. Basso

AG-095: DANO DE GEADA EM FORRAGEIRAS PERENES TROPICAIS EM UM SISTEMA SILVIPASTORIL DE PINUS ELLIOTTII.

Tagliane E. Walker; Cleusa A. M. B. Kruguer; Maiara N. Ponte; Osório A. Lucchese; Valéria E. Bubans

AG-097: MÉTODOS DE GRAUS-DIA E FILOCRONO NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE MUDAS DE URUCUZEIRO.

Gabriel W. L. Florencio; Mabele C. Ferreira; Fabrina B. Martins

AG-100: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA MAMONA (RICINUS COMMUNIS L.), BRS ENERGIA, EM CRUZ DAS ALMAS-BA.

Juliana A. Costa; Francisco A. C. Pereira; Hans R. Ghey; Lucas S. Batista; Gerlange S. Silva

AG-101: COEFICIENTE DE CULTIVO DA MAMONA (RICINUS COMMUNIS L.), BRS ENERGIA, NO RECÔNCAVO DA BAHIA .

Juliana A. Costa; Francisco A. C. Pereira; Hans R. Ghey; Lucas S. Batista

AG-114: VARIABILIDADE DA TEMPERATURA FOLIAR DO FEIJÃO-CAUPI EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS.

Erika O. Teixeira; Deborah L. P. Costa; Igor C. Oliveira; Vivian D. S. Farias; Paulo J. O. P. Souza

AG-118: CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS POR SOLARIZAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO .

Mariana P. Moraes; Sidinei Z. Radons; Guilherme M. Araújo

AG-119: SOLARIZAÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE O BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS .

Mariana P. Moraes; Sidinei Z. Radons; Guilherme M. Araújo

- AG-125: ZONEAMENTO CLÍMAICO DA SERINGUEIRA PARA O ESTADO DE SERGIPE.** Marisa S. Vieira; Jadson F. Cruz; Weslei A. Santos; Inajá F. Souza
- AG-131: INTERCEPTAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL POR UM POVOAMENTO DE PINUS ELLIOTTII EM UM SISTEMA SILVIPASTORIL.** Valéria E. Bubans; Cleusa A. M. B. Kruguer; Maiara N. Ponte; Osório A. Lucchese; Tagliane E. Walker
- AG-132: BALANÇO HÍDRICO PARA A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI EM CASTANHAL/PA. .** Hildo G. G. C. Nunes; Joyse T. S. Santos; Vivian D. S. Farias; Denis P. Sousa; Paulo J. O. P. Souza
- AG-148: VARIABILIDADE ESPACIAL DA UMIDADE DO SOLO EM UMA BACIA EXPERIMENTAL DO SEMIÁRIDO .** Diego C. S. Araújo; Suzana M. G. L. Montenegro; Abelardo A. A. Montenegro
- AG-160: DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO NO CICLO DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI, CATANHAL-PA. .** Allan P. Sousa; Daniely F. S. Sousa; Bruna S. Costa; Denis P. Sousa; Paulo J. O. P. Souza
- AG-171: SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS COM MODELO AQUACROP, CASTANHAL-PA.** Igor C. O. Viera; Hildo G. G. C. Nunes; Erika O. Teixeira; João V. N. Pinto; Paulo J. O. P. Souza
- AG-175: PROGRESSO DA MANCHA DE SEPTÓRIA E PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL EM SANTA MARIA, RS.** Silvane I. Brand; Arno B. Heldwein; Sidinei Z. Radons; Jocélia R. Silva; Adriana A. Amarante
- AG-176: EXCESSO HÍDRICO EM ANO DE EL NIÑO E PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL EM SANTA MARIA, RS.** Silvane I. Brand; Arno B. Heldwein; Jocélia R. Silva; Adriana A. Amarante; Leidiana Rocha
- AG-180: ESTIMATIVA DO NÚMERO DE HORAS DE FRIO PARA A CIDADE DE JUÍZ DE FORA (MG).** Rayan R. M. Leite; Bruna A. Silva; Lara A. M. Vieira; Ana F. M. Monteiro; Ana L. C. Yamamoto
- AG-189: ESPACIALIZAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO PELO MÉTODO DE THORNTHWAITTE.** Dayanne O. Prado; Anderson A. Santos; Guilherme B. Lyra; José L. Souza; Gustavo B. Lyra
- AG-190: EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DE CULTIVARES DE FEJJOEIRO PARA UBERABA, MG¹.** Letícia S. Leite; Ana F. Oliveira; Márcio J. Santana; Isaías A. Paiva
- AG-194: EVIDÊNCIAS FENOLÓGICAS DA PALMA FORRAGEIRA DURANTE O QUARTO CICLO PRODUTIVO.** Cleber P. Alves; Maria G. Queiroz; Kaique R. S. Salvador; Carlos A. A. Souza; Thieres G. F. Silva
- AG-195: ESTIMATIVA E VALIDAÇÃO DO NÚMERO DE HORAS DE FRIO PARA POÇOS DE CALDAS-MG .** Vítor H. A. Marrafon
- AG-197: CONDIÇÕES FOTOPERIÓDICAS PARA O CULTIVO DE MUDAS DE URUCUZEIRO.** Gabriel W. L. Florencio; Fabrina B. Martins; Mabele C. Ferreira
- AG-201: BIOMETRIA DA PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICA E NÍVEIS DE COBERTURA MORTA.** Hygor K. M. N. Alves; Matheus P. S. Tolêdo; Cleber P. Alves; Maria G. Queiroz; Thieres G. F. Silva
- AG-205: EMISSÃO DE CLADÓDIOS DA PALMA FORRAGEIRA SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E CONSÓRCIO.** Cleber P. Alves; George N. A. Júnior; Maria G. Queiroz; Alexandre M. R. F. Jardim; Thieres G. F. Silva
- AG-214: EFLUXO DE CO₂ DO SOLO COM BRACHIARIA BRIZANTHA SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO .** Davi Boehringer; Milton E. P. Flores; Flávio B. Justino
- AG-223: VOLUME OCUPACIONAL DA PALMA FORRAGEIRA SOB ADOÇÃO DE COBERTURA MORTA.** Hygor K. M. N. Alves; Maria G. Queiroz; George N. A. Júnior; Alexandre M. R. F. Jardim; Thieres G. F. Silva
- AG-260: INFLUÊNCIA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI.** Bruna S. Costa; Vandeilson B. Moura; Thaynara F. Ramos; Allan P. Sousa; Paulo J. O. P. Souza
- AG-265: COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE TIANGUÁ, CEARÁ.** Willame C. Oliveira; Antonio Á. A. Aguiar; Juarez C. L. Junior; Kleber G. Macêdo; Francisco D. D. Arraes
- AG-283: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO FEIJÃO CAUPI EM ESCALA HORARIA ESTIMADA PELO MODELO DE PENMAN MONTEITH.** Erika O. Teixeira; Vivian D. S. Farias; Thais N. O. Novais; Denilson P. Ferreira; Paulo J. O. P. Souza
- AG-285: MARCHA DIURNA DA TEMPERATURA DO CLADÓDIO DA PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS.** Rayles M. M. Chagas; Gabriel Í. N. Silva; Renan M. C. Leite; Alexandre M. R. F. Jardim; Thieres G. F. Silva
- AG-316: MORTALIDADE DE PLANTAS DE PALMA FORRAGEIRA DEPENDE MAIS DA ESPÉCIE DO QUE DO REGIME HÍDRICO.** João P. A. S. Santos; Hygor K. M. N. Alves; Thalyta S. Santos; Allan R. Silva; Thieres G. F. Silva
- AG-329: CALIBRAÇÃO DOS COEFICIENTES DA EQUAÇÃO DE ANGSTRÖM-PRESCOTT PARA TUCURUÍ, ESTADO DO PARÁ.** João V. N. Pinto; Deborah L. P. Costa; Daniely F. S. Souza; Allan P. Sousa; Paulo J. O. P. Souza
- AG-333: COEFICIENTE DE EXTINÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA DEPENDE DO GÊNERO E ÍNDICE DE ÁREA DO CLADÓDIO.** Renan M. C. Leite; Gabriel Í. N. Silva; Rayles M. M. Chagas; Hygor K. M. N. Alves; Thieres G. F. Silva
- AG-370: EQUAÇÃO DE SLOB PARA ESTIMAR SALDO DE RADIAÇÃO DIÁRIO SOBRE A CAATINGA NO VERÃO.** Luiz E. N. C. Luck; Pedro R. Mutti; Tarsila M. Ramos; Bergson G. Bezerra
- AG-415: EMISSÃO DE FOLHAS DA CHIA EM DIFERENTES DATAS DE SEMEADURA EM SANTA MARIA, RS.** Patrícia C. H. Goergen; Lúcio G. Scheffel; Jaíne D. Schroter; Isabel Lago ; Angelica Durigon
- AG-441: RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO EM UMA FLORESTA DE PINUS ELLIOTTII.** Maiara N. Ponte; Cleusa A. M. B. Krüger; Tagliane E. Walker; Joana C. Nogara; Osório A. Lucchese

AG-449: ÍNDICES DE COLHEITA E DE TOLERÂNCIA À SECA DO FEIJÃO-CAUPI. Vandeilson B. Moura; Denilson P. Ferreira; Denis P. Sousa; Lucilene C. S. Fiel; Paulo J. O. P. Souza

AG-482: VARIAÇÃO DIÁRIA DO ALBEDO EM ÁREA DE PLANTIO DO FEIJÃO-CAUPI, CASTANHAL-PA. Vandeilson B. Moura; Daniely F. S. Souza; João V. N. Pinto; Deborah L. P. Costa; Paulo J. O. P. Souza

AG-494: MASSA SECA DE PLANTAS DE CHIA EM DUAS DATAS DE SEMEADURA EM SANTA MARIA, RS. Anderson R. Nunes; Patricia C. H. Goergen; Tais Slim; Isabel Lago; Angelica Durigon

AG-537: COMPORTAMENTO ESTOMÁTICO DO FEIJÃO-CAUPI SOB DISTINTAS DISPONIBILIDADES HÍDRICA. Hildo G. G. C. Nunes; Denilson P. Ferreira; Bruna S. Costa; Igor C. O. Vieira; Paulo J. O. P. Souza

AG-557: COEFICIENTE DE EXTINÇÃO DA RADIAÇÃO DO MILHO CULTIVADO NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO NORDESTE PARAENSE. Denis P. Sousa; Hildo G. G. C. Nunes; João V. N. Pinto; Vandeilson B. Moura; Paulo J. O. P. Souza

AG-567: DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO EM PLANTAS DE FEIJÃO-CAUPI SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS. Bruna S. Costa; Denilson P. Ferreira; Josilene C. M. Sousa; Denis P. Sousa; Paulo J. O. P. Souza

AG-574: ÍNDICE DE ÁREA DE CLADÓDIO DE PALMA FORRAGEIRA EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO. Leonardo F. Souza; Maria G. Queiroz; Cleber P. Alves; Poliana C. Pereira; Thieres G. F. Silva

AG-575: FASES FENOLÓGICAS VEGETATIVAS DA PALMA FORRAGEIRA SOB IRRIGAÇÃO E COBERTURA MORTA. Fábio E. Silva; Méry C. S. Assis; Leonardo F. Souza; Cleber P. Alves; Thieres G. F. Silva

AG-580: COBERTURA MORTA NO CULTIVO DA PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA E TAXAS DE EMISSÃO DE CLADÓDIOS. Danielle M. Amorim; Maria G. Queiroz; Carlos A. A. Souza; George N. A. Júnior; Thieres G. F. Silva

2 - Biometeorologia/Bioclimatologia e Produção Agropecuária

BB-591: COMPORTAMENTO TÉRMICO DE UMA GRANJA DE SUÍNOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO ATRAVÉS DO PROGRAMA COMPUTACIONAL ENERGYPLUS™. Ana C. S. S. Lins; Sílvia H. N. Turco; Cristiane Dacanal; Isabella G. A. Gomes; Amélia C. Faustino

BB-643: COMPORTAMENTO ENERGÉTICO DE UMA GRANJA DE SUÍNOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO ATRAVÉS DO PROGRAMA COMPUTACIONAL ENERGYPLUS™. Ana C. S. S. Lins; Sílvia H. N. Turco; Paulo G. S. Carvalho; Isabella G. A. Gomes; Amélia C. Faustino

BB-677: BIOMETRIA DA ANADENANTHERA COLUBRINA (VELL.) BRENAN EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA. Yara P. Araújo; Jéssica V. G. Siqueira; Thieres G. F. Silva; Maiara T. L. Silva; Luciana S. B. Souza

BB-681: MODELAGEM DA ÁREA FOLIAR DO ANGICO NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE SERRA TALHADA, PE. João P. A. Barros; Luciana S. B. Souza; Thieres G. F. Silva; Jéssica V. G. Siqueira; Maiara T. L. Silva

BB-686: MODELOS DE AJUSTE PARA A BIOMASSA DA PARTE AÉREA DA JUREMA-BRANCA EM SERRA TALHADA, PE. João P. A. Barros; Luciana S. B. Souza; Thieres G. F. Silva; Jéssica V. G. Siqueira; Yara P. Araújo

8 - Relações Água-Solo-Planta-Atmosfera

RA-019: SIMULAÇÃO DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR COM BASE EM UM MODELO AGRO-HIDROLÓGICO COMBINADO. Murilo S. Vianna; Fábio R. Marin; Klaas Metselaar

RA-043: GRAUS-DIAS, EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA DE HÍBRIDOS DE MILHO EM CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS CONTRASTANTE. Milton J. Cardoso; Hélio W. L. Carvalho; Leonardo P. M. Rocha; Edson A. Bastos; Francisco B. Melo

RA-055: ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO TRIGO IRRIGADO. Marcos V. P. Silva; Márcio J. Santana; Bruna F. Kobayashi; Taynara T. B. Valeriano; Ana F. Oliveira

RA-056: ESTIMATIVA DOS COEFICIENTES DE CULTURA (KC) DO TRIGO PARA REGIÃO DE UBERABA, MG¹. Nicolly U. Carneiro; Márcio J. Santana; Bruna F. Kobayashi; Taynara T. B. Valeriano; Ana F. Oliveira

RA-070: ESTIMATIVA DA SOMA TÉRMICA DO FEIJOEIRO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA BASE E DE ADUBAÇÃO NITROGENADA. Ana G. S. Hilarino; Márcio J. Santana; Karita A. Silva; Fábio A. D. Martins; Luís H. S. Fávaro

RA-073: SOMA TÉRMICA E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE SEMEADURA. Fernando S. Almeida; Márcio J. Santana; Fábio L. C. Mingote; Leandro B. Lemos

RA-078: PRODUTIVIDADE DA ALFACE AMERICANA EM FUNÇÃO DOS MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA. Jan C. V. Kempen; Márcio J. Santana; Marcos V. Jesus; Letícia S. Leite

RA-083: TEMPERATURA FOLIAR DA ESPÉCIE MILLETTIA STUHLMANNII SOB ESTRESSE HÍDRICO. Rogério S. N. Júnior; José E. M. Pezzopane; Elias S. A. Ferreira; Talita M. T. Xavier; Mariana D. S. Fonseca

RA-087: EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DO FEIJOEIRO EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA. Luís H. S. Favaro; Márcio J. Santana; Letícia S. Leite; Fábio A. D. Martins; Isaías A. Paiva

RA-093: GRAUS-DIA PARA O FEIJÃO-COMUM EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA. Isaías A. Paiva; Márcio J. Santana; Letícia S. Leite; Fábio A. D. Martins; Onésio F. S. Neto

RA-096: COMPARAÇÃO ENTRE EQUAÇÕES DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E DA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM. Matheus P. Assis; Márcio J. Santana; Letícia S. Leite; Isaías A. Paiva; Onésio F. S. Neto

RA-112: EFICIÊNCIA SIMBIÓTICA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM PASPALLUM MILLEGRANA. Larissa S. Gois; Johny J. Mendonça; Lázara J. O. Lopes; Francisco S. R. Holanda; Regina H. Marino

- RA-126: TURNOS DE REGA E ADUBAÇÃO FOLIAR PARA A CULTURA DO FEIJOEIRO.** Rayeny Á. Gonçalves; Onésio F. S. Neto; Márcio J. Santana
- RA-133: INFLUÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO CRESCIMENTO DO CAPIM VETIVER.** Jessica S. Santos; Lázara J. O. Lopes; Jacilene F. S. Santos; Francisco S. R. Holanda; Regina H. Marino
- RA-147: PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E FISILOGIA EM MELOEIRO SUBMETIDO AO ESTRESSE HÍDRICO EM REGIÃO SEMIÁRIDA.** Daniel A. Vieira; Marília M. P. Carvalho; Saulo T. Aidar; Lígia B. Marinho; Alessandro C. Mesquita
- RA-151: RESPOSTA BIOQUÍMICA DO MELÃO SUBMETIDO AO ESTRESSE HÍDRICO NO SUBMÉDIO VALE DO SÃO FRANCISCO .** Daniel A. Vieira; Vanuza Souza; Fernanda H. A. Sá; Lígia B. Marinho; Alessandro C. Mesquita
- RA-164: DEGRADAÇÃO DO CORANTE VERMELHO CONGO POR FUNGOS DE PODRIDÃO BRANCA EM MEIO LÍQUIDO.** Geovania S. Menezes; Tamiris A. Carvalho; Johnny J. Mendonça; Eliana M. Sussuchi; Regina H. Marino
- RA-221: ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI⁵.** Nicolly U. Carneiro; Márcio J. Santana; Fernando S. Almeida; Uander C. Pereira
- RA-257: IMPACTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NOS TEORES DE CLOROFILA EM CIDRÓ.** Leonardo A. Thiesen; Denise Schmidt; Bruna S. Altissimo; Ezequiel Holz; Anderson Werner
- RA-259: AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO NO PERÍMETRO IRRIGADO EM ITABAIANA/SE.** Inajá F. Sousa; Rafael O. Farrapeira; Gregório G. Faccioli; Antenor O. A. Netto
- RA-261: FLUTUAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO EM VEGETAÇÃO ARBÓREA E PASTAGEM INTRODUZIDA NO PANTANAL BRASILEIRO: 2010-2014.** Márcia T. S. Soares; Balbina M. Soriano; Sandra M. Crispim; Sandra A. Santos; Suzana M. Salis
- RA-271: EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO CULTIVO DE FEIJÃO-CAUPI SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO.** Lucilene C. S. Fiel; Thaynara F. Ramos; Thais N. O. Novais; Denilson P. Ferreira; Paulo J. O. P. Souza
- RA-274: CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE BACTÉRIAS ISOLADAS DE COROA DE FRADE (MELOCACTUS SP.) NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.** Gabiane R. Antunes; João M. R. Santos; Thaise R. Silva; Beatriz R. Carvalho; Paulo I. F. Júnior
- RA-275: FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO *IN VITRO* DE ISOLADOS DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.** Gabiane R. Antunes; João M. R. Santos; Gherman G. L. Araújo; Tadeu V. Voltolini; Paulo I. F. Júnior
- RA-287: RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA DO GIRASSOL SUBMETIDO A DÉFICIT HÍDRICO .** Fábio M. Knapp; Sidinei Z. Radons; Guilherme M. Araujo; Felipe P. Dapper; Fagner A. Rontani
- RA-305: PARTIÇÃO DE BIOMASSA DO FEIJÃO-CAUPI SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO, CASTANHAL-PA.** Lucilene C. S. Fiel; Thaynara F. Ramos; Bruna S. Costa; Thais N. O. Novais; Paulo J. O. P. Souza
- RA-323: CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NO SEMIÁRIDO ALAGOANO .** Cláudio J. S. Cordeiro; Renato A. A. Neto; Guilherme B. Lyra; Constatino A. C. Junior; Gustavo B. Lyra
- RA-328: PARÂMETROS DE VAN GENUCHTEN ESTIMADOS PARA REGIÃO DO CANAL DO SERTÃO ALAGOANO.** Cláudio J. S. Cordeiro; Renato A. A. Neto; Stoécio M. F. Maia; Guilherme B. Lyra; André L. Carvalho
- RA-353: CULTIVO DE CEBOLA SOBRE DIFERENTES SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NO VALE DO SÃO FRANCISCO.** Alessandro C. Mesquita; Juliana L. Silva; Kecio E. S. Silva; Jony E. Yuri; Moises A. Souza
- RA-355: CRESCIMENTO DO MELOEIRO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO.** Alessandro C. Mesquita; Kalline M. Ferreira; Vanuza Souza; Luan D. A. Campos; Jony E. Yuri
- RA-361: EFEITOS DO BIOCÁRVÃO SOBRE A RETENÇÃO DE ÁGUA EM UM ARGISSOLO E EM UM VERTISSOLO .** Diana S. Deon; Magnus D. I. Deon
- RA-380: EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTES DE CULTIVO DA BETERRABA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO.** Adilson P. Souza; Brena G. Ferneda; Marlus Sabino; Karoline P. Oliveira; Giovana S. W. Lima
- RA-390: ADUBAÇÃO NITROGENADA E IRRIGAÇÃO COM DÉFICIT HÍDRICO CONTROLADO (RDI) NA QUALIDADE DE FRUTOS DO MELOEIRO.** Luan D. A. Campos; Juliana L. Silva; Daniel N. S. Rocha; Alessandro C. Mesquita; Jony E. Yuri
- RA-392: INFLUÊNCIA DO DÉFICIT HÍDRICO CONTROLADO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NAS CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS DO MELOEIRO .** Luan D. A. Campos; Kalline M. Ferreira; Daniel N. S. Rocha; Alessandro C. Mesquita; Welson L. Simões
- RA-402: INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE COLHEITA NO TEOR E RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL DE ERVA CIDREIRA.** José C. F. S. Filho; Luís F. A. Nascimento; Vanderson S. Pinto; Alisson M. S. Oliveira; Arie F. Blank
- RA-408: DESEMPENHO DE LISÍMETRO DE DRENAGEM PARA MEDIÇÃO DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA.** Wezer L. Miranda; Paulo H. F. Figueiredo; Luiz G. Carvalho; Pietros A. B. Santos
- RA-414: RESPOSTAS DA CANOLA À DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO.** Genei A. Dalmago; Gilberto R. Cunha; Jorge A. Gouvêa; Luana Brugnera; Cristian Gregoski
- RA-426: EFEITO DE COBERTURAS DO SOLO NO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA, FISILOGIA E PRODUÇÃO DE LARANJEIRA 'PERA'.** Thais N. Menezes; Luana L. A. Santos; Mauricio A. C. Filho; José E. B. Carvalho; Cicero C. Lucena
- RA-430: SISTEMA RADICULAR DE PORTA-ENXERTO DE CITROS SUBMETIDOS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA .** Luana L. A. Santos; Thais N. Menezes; Iumi S. Toyosumi; Caliane S. Cruz; Mauricio A. C. Filho

- RA-433: INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE PLANTIO EM CULTIVARES E HÍBRIDOS DE MANJERICÃO.** Letícia V. Pereira; Jéssika A. O. Pinto; Arie F. Blank; Thiago M. Andrade; José C. F. S. Filho
- RA-458: VARIABILIDADE ESPACIAL DA UMIDADE DO SOLO EM CULTIVO DE GLIRICÍDIA .** Carlos T. A. Rodrigues; Tarcia C. M. D. Nunes; Herica F. S. Carvalho; Thieres G. F. Silva; Gherman G. L. Araújo
- RA-468: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE DUAS CULTIVARES DE ABOBRINHA NA REGIÃO DE SINOP-MT.** Werner F. B. Demartini; Charles C. Martim; Suzana G. Silva; Adilson P. Souza; Andréa C. Silva
- RA-470: EXIGÊNCIAS TÉRMICAS PARA FENOFASES PARA A CULTIVAR CURCUBITA PEPO NA REGIÃO DE SINOP-MT.** Werner F. B. Demartini; Suzana G. Silva; Charles C. Martim; Brena G. Ferneda; Adilson P. Souza
- RA-478: ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CANA DE AÇÚCAR SOB DOIS SISTEMAS DE CULTIVO .** Marcelo J. Silva; Herica F. S. Carvalho; Magna S. B. Moura; Alexandre M. R. F. Jardim; Thieres G. F. Silva
- RA-501: DESEMPENHO DE LARANJEIRA 'PERA' CULTIVADA POR SEMEADURA NO LOCAL DEFINITIVO E PLANTIO DE MUDA PROTEGIDA.** Iumi S. Toyosumi; Thaís N. Meneses; Luana L. A. Santos; Maurício A. C. Filho; Roberto T. Shibata
- RA-520: FATOR DE DESACOPLAMENTO EM CULTIVO DE FEIJÃO-CAUPI IRRIGADO NO NORDESTE PARAENSE, BRASIL.** Daniely F. S. Souza; Deborah L. P. Costa; João V. N. Pinto; Vandeilson B. Moura; Paulo J. O. P. Souza
- RA-526: VARIAÇÃO SAZONAL DOS FLUXOS DE ENERGIA EM CAATINGA PRESERVADA NO AGRESTE PERNAMBUCANO.** Edevaldo M. Alves; Antonio C. D. Antonino; José R. S. Lima; Rodolfo M. S. Souza; Manuella V. S. Gondim
- RA-531: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA BANANEIRA COM USO DO BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO EM LISÍMETROS DE DRENAGEM .** Karine S. Santos; Eugênio F. Coelho; Laina A. Queiroz; Benedito R. Oliveira; Jorge V. Silva
- RA-534: CRESCIMENTO DO ABACAXIZEIRO Â€™ IMPERIAL Â€™™ COM E SEM COBERTURA DO SOLO SOB IRRIGAÃƒ±Ãƒ±o.** Karine S. Santos; Nelson Fonseca ; Eugenio F. Coelho; Rosiane S. Vieira; Fabiano O. Paula
- RA-540: POTENCIAL EROSIVO DA CHUVA EM CINCO CIDADES DE MINAS GERAIS, DE 1961 A 2015.** Daniel Dantas; Maria J. H. Souza; Fúlvio Cupolillo ; Ricardo A. Generoso
- RA-542: FLUXO DE CO₂ , TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO EM ÁREA DE CAATINGA.** Jorge B. A. F. Santos; Eduardo S. Santos; Eduardo S. Souza; João C. R. Torres; Deyziane K. S. Barros
- RA-568: BALANÇO HÍDRICO EM CAATINGA E PASTAGEM NO AGRESTE PERNAMBUCANO.** José R. S. Lima; Thyago R. C. Brito; Edevaldo M. Alves; Rodolfo M. S. Souza; Antonio C. D. Antonino
- RA-577: MÉTODO DE DISSIPAÇÃO TÉRMICA PARA ESTIMATIVA DO FLUXO DE SEIVA EM MULUNGU.** Thaine T. Silva; Lucas M. Vellame; Oswaldo P. L. Sobrinho
- RA-579: MODELAGEM DA INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA E MAPEAMENTO POR SENSORIAMENTO REMOTO EM VEGETAÇÃO DE CAATINGA.** Eduardo S. Souza; Rafael J. Gomes; Erison M. Amaral; Rodolfo M. S. Souza; Antonio C. D. Antonino
- RA-582: MONITORAMENTO DE UMIDADE DO SOLO EM BANANEIRA UTILIZANDO TENSÍOMETRIA.** Jucicléia S. Silva; Luís F. S. M. Campeche; Vital P. S. Paz; Dayanne K. S. Santana; Willian F. Almeida
- RA-586: CARACTERÍSTICAS VOLUMÉTRICAS DO COLMO DA CANA-DE-AÇÚCAR CONFORME A POSIÇÃO DOS INTERNÓDIOS.** Carlos A. A. Souza; Kaique R. S. Salvador; Luciana S. B. Souza; Magna S. B. Moura; Thieres G. F. Silva
- RA-606: EFEITO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS NO CRESCIMENTO DO SORGO IRRIGADO COM AGUA SALINA.** Samy H. M. Tavares; Robson A. Sousa; Virgínia C. L. Menezes; Damiana C. Medeiros; Sidney C. Praxedes
- RA-607: VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO DO SORGO EM FUNÇÃO DA SALINIDADE DA ÁGUA E COMPOSTOS ORGÂNICOS.** Cláudia L. B. Silva; Robson A. Sousa; Virgínia C. L. Menezes; Damião F. S. Neto; Sidney C. Praxedes
- RA-613: RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS DO SORGO À APLICAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS E A SALINIDADE DA ÁGUA.** Damião F. S. Neto; Robson A. Sousa; Virgínia C. L. Menezes; Cláudia L. B. Silva; Sidney C. Praxedes
- RA-635: CLIMA E FENOLOGIA DE ESPÉCIES EM ÁREA DE CAATINGA PRESERVADA.** Joana M. A. Sena; Magna S. B. Moura; Lúcia H. P. Kiill; Bruna C. Alberton; Leonor P. C. Morelatto
- RA-640: EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO E SALINO NAS TROCAS GASOSAS DE ATRIPLEX.** Eduardo S. Souza; Aline S. L. Oliveira; Eduardo S. Santos; Víctor H. L. Gomes; Eduardo V. D. Teodoro
- RA-650: VARIABILIDADE DE INFILTRAÇÃO E CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE DOIS SOLOS SOB CULTIVO IRRIGADO EM JUAZEIRO-BA.** Karol A. Barroso; Gilmário N. Souza; Joyce F. Souza; Lígia B. Marinho
- RA-656: ANÁLISE DESCRITIVA DE UMA SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS PARA A CIDADE DE CARUARU.** Edevaldo M. Alves; Larissa F. Costa; Ana E. C. G. C. Rabelo; Artur P. Coutinho; Antonio C. D. Antonino

9 - Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

- SG-536: ANÁLISE ESPACIAL DO BALANÇO HÍDRICO NA CAATINGA DA BACIA DO RIO PONTAL.** Rodrigo Q. Miranda; Josiclêda D. Galvínio; Magna S. B. Moura; Charles A. Jones; Raghavan Srinivasan

Apresentações Dia 16/08/2017

1 - Agrometeorologia

AG-092: PADRÕES E TENDÊNCIAS DAS CHUVAS EM GOIÂNIA-GO. Derblai Casaroli; Tallyta R. Rodrigues; Angélica P. B. Martins; Adão W. P. Evangelista; José A. Júnior

AG-155: NECESSIDADES HÍDRICAS DA CULTURA DO ALGODOEIRO IRRIGADO NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DA CHAPADA DO APODI-RN. Anna K. S. Oliveira; Rudah M. Maniçoba; João H. Zonta; José E. Sobrinho; José R. C. Bezerra

AG-211: ANÁLISE ESPECTRAL DE RESPOSTAS FOTOBIOLOGICAS DA RADIAÇÃO UV PARA DANOS ÀS PLANTAS E FOTOSSÍNTESE. Ana L. C. Yamamoto; Marcelo P. Corrêa; Roberto Román

AG-234: ALTITUDES FAVORÁVEIS AO DESENVOLVIMENTO DA ARAUCÁRIA EM SANTA CATARINA. Elenice Fritzsons; Luiz E. Mantovani; Marcos S. Wrege

AG-262: RELAÇÃO ENTRE ALTITUDE E TEMPERATURA E A PRESENÇA DE ARAUCÁRIA NO PARANÁ. Elenice Fritzsons; Luiz Eduardo; Marcos S. Wrege

AG-268: CLASSIFICAÇÃO, DURAÇÃO E INFLUÊNCIA DOS VERANICOS NA PRODUÇÃO DE SEQUEIRO NO MUNICÍPIO DE IPANGUAÇU-RN. Isaac A. S. Freitas; Jacques C. R. Filho; Daniel F. Brasil; Marlon M. Dantas; José E. Sobrinho

AG-269: INFLUÊNCIA DOS VERANICOS NA PRODUÇÃO DE FEIJÃO NO MUNICÍPIO DE IPANGUAÇU-RN . Isaac A. S. Freitas; Daniel F. Brasil; Jacques C. R. Filho; Marlon M. Dantas; José E. Sobrinho

AG-321: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTURA DA VIDEIRA NIÁGARA ROSADA PARA O NORTE FLUMINENSE. Barbara S. Esteves; Claudio R. Marciano; Elias F. Sousa; Lidiane L. Lousada; David P. Siqueira

AG-322: BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO EM PORTO VELHO-RO, NO PERÍODO DE 2007-2016. Barbara S. Esteves; Sidnei V. Oliveira; Priscilla P. Chaves

AG-326: ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O VERÃO AMAZÔNICO UTILIZANDO DADOS DE TEMPERATURA E UMIDADE. Barbara S. Esteves; Sidnei V. Oliveira

AG-331: COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE PIRACICABA-SP. Tamires T. Souza; Luiz R. Sobenko; Lais T. Souza; Vitor J. M. Bianchini; Fábio R. Marin

AG-342: CONTEÚDO RELATIVO DE ÁGUA FOLIAR DO FEIJÃO-CAUPI EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS, CASTANHAL-PA . Deborah L. P. Costa; Lucilene C. S. Fiel; Daniely F. S. Souza; Vivian D. S. Farias; Paulo J. O. P. Souza

AG-350: ALTITUDE, TEMPERATURA E A ARAUCÁRIA NO SUL DO BRASIL. Elenice Fritzsons; Luiz E. Mantovani; Marcos S. Wrege

AG-376: PREVISÃO DE SAFRA PARA A CULTURA DO GLADIÓLO EM SANTA MARIA - RS. Lilian O. Uhlmann; Nereu A. Streck; Camila C. Becker; Darlan S. Balest; Mara S. Braga

AG-377: PHENOGLAD: UM MODELO DE SIMULAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO EM GLADIÓLO. Lilian O. Uhlmann; Nereu A. Streck; Camila C. Becker; Natalia T. Schwab; Rômulo P. Benedetti

AG-434: GRADIENTE DE TEMPERATURA EM NOITES COM GEADA DE RADIAÇÃO EM PALMAS, PR. Nilson A. V. Junior; Paulo H. Caramori; Pablo R. Nitsche; Marcelo A. A. Silva; Angela B. F. Costa

AG-439: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS EMPÍRICOS PARA ESTIMAR A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO MUNICÍPIO DE CABROBÓ-PE. Laelson F. Gomes; Robson A. Santos; Victor B. B. Menezes; Rogério C. M. Conceição; Rosângelo S. Leal

AG-444: FATORES DE MANEJO CAUSAM LACUNAS DE PRODUTIVIDADE EM ARROZ IRRIGADO NO RIO GRANDE DO SUL. Giovana G. Ribas; Thiago S. M. Rocha; Nereu A. Streck; Alencar J. Zanon; Isabela B. Pilecco

AG-446: ESTATURA DE PLANTAS DE CHIA EM DIFERENTES DATAS DE SEMEADURA. Isabel Lago; Taís Slim; Patrícia C. H. Goergen; Lúcio G. Scheffel; Angelica Durigon

AG-450: AJUSTE DOS MÉTODOS HAMON, HARGREAVES-SAMANI E LINACRE PARA O NORTE DO ESPÍRITO SANTO. Laelson F. Gomes; Ramon A. Sales; Evandro C. Oliveira; Salomão M. C. Júnior; Marcus J. A. Lima

AG-452: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS AJUSTADOS DE ETO COM O MÉTODO FAO-56 PENMAN-MONTEITH EM SÃO MATEUS-ES. Rogério C. M. Conceição; Ramon A. Sales; Evandro C. Oliveira; Salomão M. C. Júnior; Marcus J. A. Lima

AG-453: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO MUNICÍPIO DE MACAPARANA - PERNAMBUCO. José F. C. Neto; Thalyta S. Santos; Allan R. Silva; Maria G. Queiroz; Thieres G. F. Silva

AG-462: APLICAÇÃO DO SIMULADOR DE MICROCLIMA MONTANHOSO NO MUNICÍPIO DE CARNAUBEIRA DA PENHA-PE . José F. C. Neto; Thalyta S. Santos; Allan R. Silva; Jandis F. N. Araújo; Thieres G. F. Silva

AG-466: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO MUNICÍPIO DE PALMARES - PERNAMBUCO . José F. C. Neto; Thalyta S. Santos; Allan R. Silva; Gabriel Í. N. Silva; Thieres G. F. Silva

AG-495: EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM POMAR DE MANGUEIRAS DURANTE O PERÍODO REPRODUTIVO NO NORDESTE PARAENSE. Daniely F. S. Souza; Juliana C. Rodrigues; Adriano M. L. Souza

AG-503: DATA ÓTIMA DE PLANTIO DE GLADIÓLO NO RIO GRANDE DO SUL USANDO UM MODELO AGRÍCOLA. Camila C. Becker; Lilian O. Uhlmann; Waleska B. Silveira; Bruna S. M. R. Ribeiro; Nereu A. Streck

AG-505: PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE GEADAS TARDIAS NA REGIÃO DA CAMPANHA GAÚCHA. Maria E. B. Alves; Ricardo W. Melo

AG-511: FENOLOGIA E EXIGÊNCIA TÉRMICA DE VITIS VINIFERA NO ALTO VALE DO JEQUITINHONHA - MG. Rafael H. E. Castro; Maria J. H. Souza; Tiago G. Silva; Húlie G. Andrade; Cláudio M. P. Souza

AG-512: CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS OCORRIDAS NA SAFRA 2015/2016 NA REGIÃO PRODUTORA DE 'ABACAXI TERRA DE AREIA'. Loana S. Cardoso; Flávio Varone; Larissa B. Ambrosini; Rodrigo Favreto; Carolina Bremm

AG-553: PRODUTIVIDADE DE AÇAÍ CULTIVADO EM TERRA FIRME NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CASTANHAL-PA . Deborah L. P. Costa; Denis P. Sousa; Vandeilson B. Moura; Vandeilson B. Moura; Paulo J. O. P. Souza

AG-576: MODELAGEM DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA INTERCEPTADA PELA 'CHENIN BLANC' EM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS. Herica F. S. Carvalho; Magna S. B. Moura; Michely M. C. Lira; Joana M. A. Senna; Leide D. S. Oliveira

AG-587: MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM PERÍODOS CHUVOSO E SECO EM MOSSORÓ-RN. Anna K. S. Oliveira; Isaac A. S. Freitas; Ana L. M. L. Espínola; Rudah M. Maniçoba; José E. Sobrinho

AG-593: ANÁLISE DAS COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO EM ALAGOAS PARA DOIS PERÍODOS DE REFERÊNCIA DISTINTOS. Dário M. Santos; Anacleto M. Diogo; Nelson P. A. Mateus; Manuel A. V. Antônio; Fabrício D. S. Silva

AG-646: POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO PARA CULTIVARES DE GRUPO DE MATUREZA MÉDIO . Giovana G. Ribas; Alencar J. Zanon; Nereu A. Streck; Ary J. D. Junior; Bruna S. M. Rolim

AG-693: EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA DEMANDA HÍDRICA E CICLO DO TOMATEIRO NO ESTADO DE PERNAMBUCO. Ailton A. Carvalho; José E. F. Moraes; Wellington J. S. Diniz; Thieres G. F. Silva; Onáira F. Silva

10 - Mudanças Climáticas

MC-013: FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DO BICHO-MINEIRO-DO-CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS. Rogério A. Silva; Christiano S. M. Matos; Alessandro B. Pereira; Edson C. A. Luz; Ester M. Afonso

MC-017: IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO FEIJÃO DAS ÁGUAS. Alexandre B. Heinemann; Silvando C. Silva; Luís F. Stone; Alessandra C. Moraes

MC-054: EMISSÃO DE METANO EM CANA-DE-AÇÚCAR FERTIRRIGADA . Alzeneide S. Lopes; Aderson S. A. Júnior; Luís H. Bassoi; Valdenir Q. Ribeiro; Josiane F. Silva

MC-081: ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO CLONE DE SERINGUEIRA RRIM 600 SUBMETIDO A ESTRESSE TÉRMICO. Rogério S. N. Júnior; José E. M. Pezzopane; Jonas S. Vinco; Talita M. T. Xavier; José R. M. Pezzopane

MC-090: AGRUPAMENTOS DOS MUNICÍPIOS SERGIPANOS EM RELAÇÃO À PRECIPITAÇÃO ANUAL. Eucymara F. N. Santos; José A. S. Santana; Inajá F. Souza; Antenor O. Netto

MC-156: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA RIO BRANCO, ACRE. Falberni S. Costa; Maria F. Zago; Idesio L. Franke

MC-222: SAZONALIDADE DAS TENDÊNCIAS DOS ÍNDICES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA A REGIÃO DA UHS-BAHIA. Maria M. M. S. Melo; Carlos A. C. Santos; Ricardo A. Olinda; Fellipe P. Silva

MC-291: MAIS CALOR PARA O SERTÃO? PERSPECTIVAS DE TENDÊNCIAS NO ÍNDICE DE CALOR DO SERTÃO PARAIBANO . Raphael Abrahão; Idmon M. B. M. Peixoto; Louise P. Silva; Susane E. L. Medeiros

MC-309: DISTRIBUIÇÃO DE HANDROANTHUS IMPETIGINOSUS NO BRASIL E AS PROJEÇÕES FUTURAS CONFORME AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS. Maria F. S. Matos; Andressa Scarante; Márcia T. S. Soares; Itamar A. Bognola; Marcos S. Wrege

MC-332: CENÁRIOS DE IMPACTOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA A CULTURA DA LARANJA EM SÃO PAULO. Jurandir Z. Junior; Vânia R. Pereira; Hilton S. Pinto

MC-372: TEMPERATURA EM CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO E ARAÇUÁI - MG (1961 A 2015). Maria J. H. Souza; Fúlvio Cupolillo; Alline Z. V. Motta; Vítor A. Neves

MC-373: TENDÊNCIAS DE ALTERAÇÕES NA PRECIPITAÇÃO NA ÁREA DE ATUAÇÃO DA EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS. Marcus A. S. Cruz; Ana A. G. Silva; Julio R. A. Amorim; André Q. Almeida; José I. B. Brito

MC-460: MUDANÇA NA DATA DE PLANTIO DE GLADIÓLO EM CENÁRIOS CLIMÁTICOS FUTUROS NO SUL DO BRASIL. Camila C. Becker; Lilian O. Uhlmann; Darlan Balest ; Rômulo P. Benedetti; Nereu A. Streck

MC-502: CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE CEBOLA SUBMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS E CONCENTRAÇÕES DE CO₂. Juliane R. A. Barros; Maydara T. C. Rêgo; Francislene Angelotti; Nivaldo C. Duarte; Barbara F. Dantas

MC-528: ESTUDO DA OCORRÊNCIA DE LINHAS DE INSTABILIDADE NO ESTADO DO PARÁ. Ana D. C. Alves; Clénia R. Alcantara

MC-530: DESTREZA DO MODELO CLIMÁTICO REGIONALIZADO ETA-HADGEM2-ES PARA PRECIPITAÇÃO EM BACIA DA MATA ATLÂNTICA. Fernanda C. V. Gonçalves; Juliana O. Nascimento; Aline H. N. Maia; Azeneth E. Schuler

MC-570: VARIABILIDADE DOS FLUXOS DE ÓXIDO NITROSO EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO NO CERRADO. Alexsandra D. Oliveira; Fabiana P. Ribeiro; Artur G. Muller; Fernando A. M. Silva; Alcides Gatto

MC-601: FLUXOS DE ÓXIDO NITROSO NO SOLO SOB CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA E COM NITROGÊNIO NO CERRADO . Alexsandra D. Oliveira; Arminda M. Carvalho; Thais R. Sousa; Thais R. Coser; Adriano D. M. A. Gonçalves

MC-618: IMPACTOS DO CLIMA NO ABASTECIMENTO E PREÇO DA ALFACE CRESPA EM SÃO PAULO. Jurandir Z. Junior; Elisa S. Nakajima; Marcos T. A. Cordeiro; Alúísio S. Pinheiro

MC-639: GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CEBOLA EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CO₂ E TEMPERATURA. Maydara T. C. Rêgo; Juliane R. A. Barros; Francislene Angelotti ; Nivaldo D. Costa; Bárbara F. Dantas

MC-691: BALANÇO HÍDRICO ATUAL E SIMULAÇÕES PARA CENÁRIOS CLIMÁTICOS NO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, BRASIL. Balbina M. A. Soriano; Carlos R. Padovani; Fernando A. Fernandes; Ana H. B. M. Fernandes

2 - Biometeorologia/Bioclimatologia e Produção Agropecuária

BB-015: DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DE BOVINOS DE LEITE NO MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA - ES . Evandro C. Oliveira; Sabrina R. Rosa; Luciene L. Bitencourt; Filipe G. Holtz; Vivian B. Ronchetti

BB-063: ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR DURANTE SAFRAS DE SOJA EM DIFERENTES LOCAIS. Gustavo C. Beruski; Paulo C. Sentelhas; Mark L. Gleason

BB-065: AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE ALERTA PARA A FERRUGEM DA SOJA EMPREGANDO DPM ESTIMADA. Gustavo C. Beruski; Paulo C. Sentelhas; Mark L. Gleason

BB-198: CONFORTO TÉRMICO HUMANO FRENTE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Jaime F. Antonio; Maria L. D. Melo; Eliseu O. Afonso; Nelson P. A. Mateus

BB-301: ANÁLISE DO MICROCLIMA EM COLMEIAS PADRÃO LANGSTROTH CONFECCIONADAS DE CIMENTO E MADEIRA. Pedro A. Oliveira; Marileide S. Sá; Sivanês H. Oliveira; Marcelo C. Cavalcante; Thieres G. F. Silva

BB-320: ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE NA PRODUÇÃO DE AVES PARA A CIDADE DE NATAL. Tarsila M. Ramos; Amanda C. S. Queiroz; Paulo S. Lucio; Bergson G. Bezerra

BB-325: ABELHAS SCAPTOTRIGONA SP. CONTROLAM A UMIDADE RELATIVA DO AR EM COLMEIAS . Pedro A. Oliveira; Marileide S. Sá; Marcelo C. Cavalcante; Thieres G. F. Silva

BB-337: CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E OS CASOS DE PNEUMONIA BACTERIANA EM MACEIÓ-AL, 2002. Dagmer P. M. Cauende; Manuel A. V. Antonio; Anacleto M. Diogo; Dário M. Santos; José C. F. Oliveira

BB-385: ESTUDO BIOCLIMATOLÓGICO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM MANAUS (AM) - CASOS DE ASMA E PNEUMONIA . Anacleto M. Diogo; Marcelo H. F. Souza; Ricardo F. C. Amorim

BB-388: ÉPOCAS DE SEMEADURA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ERYTHRINA VELUTINA WILLD. Joyce N. Silva; Monalisa A. D. S. C. Pinto; Ana K. P. Rocha; Andressa S. Freire; Larissa S. G. Leal

BB-499: INFLUÊNCIA MICROCLIMÁTICA NO COMPORTAMENTO DO FOGO EM QUEIMAS CONTROLADAS EM FLORESTAS PLANTADAS. Werner F. B. Demartini; Bruno H. Casavecchia; Luana Bouvié; Daniela R. Borella; Adilson P. Souza

BB-504: SOMBREAMENTO E LIMITAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR NO CRESCIMENTO INICIAL DE CASTANHEIRA-DO-BRASIL . Andrea C. Silva; Luana Bouvié; Cátia C. Silva; Daniela R. Borella; Aisy B. B. Tardin

BB-509: EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE DUAS CULTIVARES DE ABOBRINHAS EM DIFERENTES COBERTURAS DO SOLO EM SINOP-MT. Andrea C. Silva; Adilson P. Souza; Charles C. Martim; Suzana G. Silva; Alan Gabriel

BB-539: INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO SOB O CRESCIMENTO DE MUDAS DE CASTANHEIRA-DO-BRASIL DE DIFERENTES IDADES. Andrea C. Silva; Luana Bouvié; Mariana Pizzatto ; Giovana S. W. Lima; Aisy B. B. Tardin

BB-608: ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE 13 VARIEDADES VINÍFERAS NO SUBMÉDIO DO VALE SÃO FRANCISCO. Patrícia C. S. Leão; Helder H. D. Santos; Magna S. B. Moura; Thieres G. F. Silva; Luiza S. S. Martins

BB-634: ANÁLISES TERMOGRÁFICAS DA INSTALAÇÃO DE SUÍNOS SOBRE O EFEITO DA PINTURA NA COBERTURA EM PERNAMBUCANO. Amélia C. Faustino; Sílvia H. N. Turco; Clóvis M. C. Ramos; Ana C. S. Lins; Miguel Â. O. Shaw

BB-636: EFEITO TÉRMICO NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL . Artur G. Müller; Aleksandra D. Oliveira; Fernando A. M. Silva; Ivanete F. Nascimento; Wênia S. R. Dias

BB-666: ALTERAÇÕES NO CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES JUREMA BRANCA E ANGICO DEVIDO A EXPOSIÇÃO A PLENO SOL. Fabiana C. Sabino; Jéssica V. G. Siqueira; João P. A. Barros; Thieres G. F. Silva; Luciana S. B. Souza

BB-676: MODELAGEM DE MATEMÁTICA PARA A ESTIMATIVA DA FREQUENCIA GERMINAÇÃO DE PIPTADENIA STIPULACEA E ANADENANTHERA COLUBRINA . Maiara T. L. Silva; Jéssica V. G. Siqueira; João P. A. Barros; Thieres G. F. Silva; Luciana S. B. Souza

BB-687: INFLUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO A PLENO SOL EM PLÂNTULAS DE MULUNGU ERYTHRINA VELUTINA (WILLD). Fabiana C. Sabino; Maiara T. Lima; Yara P. Araújo; Thieres G. F. Silva; Luciana S. B. Souza

6 - Meteorologia e Climatologia

MC-218: INFLUÊNCIA DO FENÔMENO ENOS NO REGIME PLUVIAL NO OESTE DO PARANÁ. Luiz G. B. Ferreira; Paulo H. Caramori; Heverly Morais; Pablo R. Nitsche

MC-571: RELAÇÃO DO APORTE DE SERAPILHEIRA COM ELEMENTOS METEOROLÓGICOS EM DIFERENTES AMBIENTES. Aleksandra D. Oliveira; Artur G. Muller; Fabiana P. Ribeiro; Fernando A. M. Silva; Douglas L. Vieira

7 - Micrometeorologia

MM-138: DINÂMICA DE SERRAPILHEIRA SOBRE INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS EM UM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA-AL. Eli M. S. Silva; Marcos A. L. Moura; Jeová R. S. Junior

MM-140: SALDO DE RADIAÇÃO EM DOIS ECOSISTEMAS DA MATA ATLÂNTICA ALAGOANA (MANGUEZAL E FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA). Eli M. S. Silva; Marcos A. L. Moura; Jeová R. Silva

8 - Relações Água-Solo-Planta-Atmosfera

RA-645: FENOLOGIA E REQUERIMENTOS TÉRMICOS DA VIDEIRA CHENIN BLANC NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO. Patrícia C. S. Leão; João P. D. Costa; Maria A. C. Lima

9 - Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

SG-001: AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO NDVI DA CULTURA DO FEIJÃO ATRAVÉS DE IMAGENS LANDSAT - 8. Déborah L. A. Sales; José A. Júnior; Derblai Casarolli; João M. F. Souza

SG-014: DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO ATUAL DO TOMATEIRO INDUSTRIAL UTILIZANDO IMAGENS DO LANDSAT 8. Déborah L. A. Sales; José A. Júnior; Derblai Casarolli; Larissa A. Gonçalves; Charles R. S. Silva

SG-026: ÍNDICE DE VEGETAÇÃO PARA O MONITORAMENTO AGROMETEOROLÓGICO NO SUL DE MINAS GERAIS . Margarete M. L. Volpato; Daniel A. Maciel; Helena M. R. Alves; Tatiana G. C. Vieira; Elza J. L. Meireles

SG-037: AGRICULTURA IRRIGADA NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS COM MAIORES CONCENTRAÇÕES DE PIVÔS CENTRAIS. Daniel P. Guimarães; Elena C. Landau; Maria C. B. Santos; Klênia K. P. Rosa; Denise L. Sousa

SG-040: CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO DE IBIMIRIM-PE UTILIZANDO IMAGENS ORBITAIS. Carolina L. França; Diêgo C. S. Araújo; Átyla P. Rego

SG-145: DINÂMICA DA VEGETAÇÃO EM UMA BACIA EXPERIMENTAL DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO. Diego C. S. Araújo; Suzana M. G. L. Montenegro; Daniella P. Santos; Abelardo A. A. Montenegro; José D. A. Oliveira

SG-152: USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL EM PERNAMBUCO. Diego C. S. Araújo; Daniella P. Santos; Ana C. V. L. Gusmão; Pabório M. O. Lopes; Abelardo A. A. Montenegro

SG-166: ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL ENTRE O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E A TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE EM BAIÃO/PA. Joyse T. S. Santos; Hildo G. G. C. Nunes; Adriano M. L. Sousa; Ana K. P. Santos; Paulo V. C. Silva

SG-193: ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E OCORRÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS EM CAFEIROS DE MINAS GERAIS. Margarete M. L. Volpato; Julián M. A. Hoyos; Helena M. R. Alves; Tatiana G. C. Vieira; Rogério A. Silva

SG-367: DETERMINAR OS ÍNDICES NDVI E SAVI PARA COBERTURA VEGETAL EM SÃO CARLOS - SP. Felipe S. Santos; Ivens C. Peixoto; Ismael G. F. Freitas; Laurizio E. R. Alves; Heliofábio B. Gomes

SG-486: ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (IDVN) PARA A ÁREA URBANA DE PETROLINA: RESULTADOS PARCIAIS. Cristiane Dacanal; Camila Borges; Ricardo R. D. Ramos

SG-490: EVOLUÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA DO AR E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EM VINHEDO NA SERRA GAÚCHA. Amanda H. Junges; Laura P. Schaparini; Denise C. Fontana

SG-633: ESTIMATIVA DO ALBEDO DA SUPERFÍCIE E IVDN PARA ZONA DA MATA ALAGOANA UTILIZANDO IMAGENS ORBITAIS. Jefferson A. A. Melo; Jadson A. Melo; Ianne L. Araujo

SG-678: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO O SIMPLE ALGORITHM FOR EVAPOTRANSPIRATION RETRIEVING (SAFER). Magna S. B. Moura; Ricardo R. D. Ramos; Thieres G. F. Silva; Josicleda D. Galvêncio

Apresentações Dia 17/08/2017

1 - Agrometeorologia

AG-024: ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE ITABAIANINHA-SE. Raimundo R. G. Filho; Leno G. Souza; Igor L. N. Santos; Darlan T. Silva; Ketylen V. Santos

AG-028: TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS EM BOM JESUS, REGIÃO PRODUTORA DE SOJA DO PIAUÍ. Layara C. Reis; Cláudio M. S. Silva; Maria H. C. Spyrides; Bergson G. Bezerra

AG-051: INFLUÊNCIA DE AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO. Antonio J. S. Neto; Daniela C. Lopes; Thieres G. F. Silva; Sérgio Zolnier; Maria G. Queiroz

AG-064: ADAPTAÇÃO DO MODELO DA ZONA AGROECOLÓGICA PARA A ESTIMAÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO. Cleverson H. Freitas; Elvis F. Elli; Paulo C. Sentelhas

AG-068: ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE CARIRA-SE. Raimundo R. G. Filho; Leno G. Souza; Igor L. N. Santos; Elber C. Jesus; Débora T. B. Oliveira

AG-177: RESPOSTA DO DIÁMETRO DO COLO DE ALFACE RELACIONADOS AOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS. Victor A. Brito; Gabriel S. T. Fernandes; Edivania A. Lima; Lucas C. Soares; Adriana U. Alves

- AG-178: RELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS CLIMÁTICOS E ALTURA DE PLANTA DE ALFACE.** Victor A. Brito; Gabriel S. T. Fernandes; Edivania A. Lima; Poline S. Almeida; Adriana U. Alves
- AG-181: RELAÇÃO ENTRE A RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA E RADIAÇÃO GLOBAL PARA PETROLINA - PE.** Celina C. F. Rodrigues; Jéssica G. F. Nery; Bernardo B. Silva
- AG-182: ESTIMATIVA E VALIDAÇÃO DA RADIAÇÃO GLOBAL PARA LAVRAS/MG, UTILIZANDO DIFERENTES MODELOS EMPÍRICOS E MECANÍSTICOS.** Ana F. M. Monteiro; Fabrina B. Martins
- AG-196: ESTIMATIVA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO PARA O MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM - BA.** Pedro V. Azevedo; Telma B. Alves
- AG-219: FREQUÊNCIAS DE VERANICOS NO OESTE DO PARANÁ DURANTE O CICLO DA SOJA .** Luiz G. B. Ferreira; Paulo H. Caramori; Heverly Moraes; Pablo R. Nitsche
- AG-220: PRECIPITAÇÃO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM GUAÍRA, PR.** Luiz G. B. Ferreira; Paulo H. Caramori; Heverly Moraes; Pablo R. Nitsche
- AG-237: DIREÇÃO PREDOMINANTE DOS VENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAIABI, MATO GROSSO, BRASIL.** Mariana Pizzatto; Tamara Zamadei; Bruno H. Casavecchia; Frederico T. Almeida
- AG-246: CORRELAÇÕES DE DADOS METEOROLÓGICOS E DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM SURUBIM, PE.** Wellington J. S. Diniz; Thieres G. F. Silva; José E. F. Moraes; Ailton A. Carvalho
- AG-247: CONTRIBUIÇÃO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS SOBRE A ETO DE MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.** Wellington J. S. Diniz; Thieres G. F. Silva; Ailton A. Carvalho; José E. F. Moraes
- AG-252: MONITORAMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ÁREAS DE HEVEICULTURA USANDO DE IMAGENS DE SATÉLITE.** Janice F. Leivas; Antônio H. C. Teixeira; Cristina G. Rodrigues; Gustavo Bayma-silva; Edlene M. Garçon
- AG-264: BALANÇO HÍDRICO EM REGIÕES COM DIFERENTES SUSCETIBILIDADES À DESERTIFICAÇÃO EM PERNAMBUCO.** Thalyta S. Santos; Allan R. Silva; José F. C. Neto; João P. A. S. Santos; Thieres G. F. Silva
- AG-273: ESTIMATIVA DO SALDO DE RADIAÇÃO EM POMARES DE MANGUEIRA NO NORDESTE DO PARÁ.** Paulo J. O. P. Souza; Hildo G. G. C. Nunes; Juliana C. Rodrigues; João V. N. Pinto; Adriano M. L. Sousa
- AG-299: CONTRIBUIÇÃO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS SOBRE A ETO EM MUNICÍPIOS DO EXTREMO OESTE DE PERNAMBUCO.** Wellington J. S. Diniz; Thieres G. F. Silva; Ailton A. Carvalho; José E. F. Moraes
- AG-407: IMPACTO DO FENÔMENOS ENOS NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA CANOLA NO BRASIL.** Genei A. Dalmago; Jorge A. Gouvêa; Gilberto R. Cunha; Cleusa A. M. B. Krüger; Anderson Santi
- AG-417: ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA POR MÉTODOS EMPÍRICOS DISTINTOS PARA CIDADE DE ARAPIRACA-AL.** Luan W. Santos; Thiago F. Cirilo; Raiane M. L. Cruz; Leonardo T. Correia; Marcilene B. Sá
- AG-418: COMPARAÇÃO DA ETO PELO MÉTODO DE PENMAN-MONTHEITH PARA JUAZEIRO-BA E ARAPIRACA-AL.** Luan W. Santos; Mario M. V. B. Leitão; Thiago F. Cirilo; Leonardo T. Correia; José M. S. Santos
- AG-432: AVALIAÇÃO DE MÉTODOS EMPÍRICOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM FEIRA DE SANTANA-BA .** Robson A. Santos; Victor B. B. Menezes; Laelson F. Gomes; Ramon A. Sales; Rosângela L. Santos
- AG-437: ÍNDICE DE SECA METEOROLÓGICA DE PALMER APLICADO AO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA-BA.** Robson A. Santos; Laelson F. Gomes; Victor B. B. Menezes; Erli P. Santos; Rosângela L. Santos
- AG-448: TEMPERATURA BASAL INFERIOR EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO DO ALHO.** Melina I. Bonatto; Rafael F. P. Cruz; Leosane C. Bosco
- AG-464: VARIABILIDADE ESPAÇO TEMPORAL DA TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA DO AR NO MUNICÍPIO DE PETROLINA-PE.** Carlos T. A. Rodrigues; Herica F. S. Carvalho; Thieres G. F. Silva; Magna S. B. Moura; Fleming S. Campos
- AG-472: ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO JATOBÁ NO ESTADO DE SERGIPE.** Matheus F. S. Silva; Jadson F. Cruz; Weslei A. Santos; Janaína C. C. Silva; Inajá F. Sousa
- AG-535: ESTIMATIVA DO DÉFICIT DE PRESSÃO DE SATURAÇÃO DO AR E UMIDADE RELATIVA POR DIFERENTES MÉTODOS .** Joao J. S. Junior; Selma R. Maggiotto
- AG-545: EXIGÊNCIA TÉRMICA DE LINHAÇA EM DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS DE SANTA CATARINA .** Dislaine Becker; Luciane T. Stanck; Leosane C. Bosco; Josué R. Schmoeller; Brendon Máximo
- AG-569: RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA VIDEIRA NO VALE DO SÃO FRANCISCO.** Jucicléia S. Silva; Luís F. S. M. Campeche; Vital P. S. Paz; Dayanne K. S. Santana; Willian F. Almeida
- AG-604: PERDA DE ÁGUA DE SÍLIQUAS DE CANOLA DURANTE O PROCESSO DE MATURAÇÃO DOS GRÃOS.** Genei A. Dalmago; Elizandro Fochesatto; Homero Bergamaschi; Jorge A. Gouvêa; Gilberto R. Cunha
- AG-610: RELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO E TEMPERATURA MÍNIMA EM URGUAIANA - RS.** Otávio V. Coutinho; Cairo S. Klug; Lucas F. c. Conceição; Josiéle S. Santos; Luciana B. Pinto
- AG-611: ÍNDICE HELIOTÉRMICO PARA UVA CULTIVADA EM SAFRA DE VERÃO E INVERNO NO MUNICÍPIO DE LOUVEIRA-SP.** Taiane S. Silva; Mário J. P. Júnior; Jorge A. E. Cardoso; José L. Hernandez; Jener F. L. Moraes
- AG-612: RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E O RENDIMENTO MÉDIO DA SOJA EM SÃO LUIZ GONZAGA - RS.** Otávio V. Coutinho; Cairo S. Klug; Lucas F. c. Conceição; Josiéle S. Santos; Luciana B. Pinto

AG-623: INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS E SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO DO DIÂMETRO DO COLO DO RABANETE. Bruno S. Moura; Gabriel S. T. Fernandes; Edivania A. Lima; Adriana U. Alves; Poline S. Almeida

AG-629: RELAÇÃO ENTRE: ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR, COBERTURA VEGETAL E BIOMASSA DA VIDEIRA . Geovane D. Silva; Magna S. B. Moura; Herica F. S. Carvalho; Thieres G. F. Silva; Leide D. S. Oliveira

AG-632: CARACTERIZAÇÃO DOS PADRÕES DE PRECIPITAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Izabelly C. M. Tinoco; Paulo S. Lúcio; Bergson G. Bezerra

AG-665: INFLUÊNCIA DO PORTA-ENXERTO E DO SISTEMA DE CONDUÇÃO NA UMIDADE DO SOLO DA VIDEIRA. José E. Sobrinho; Clara N. C. Vale; Magna S. B. Moura; Thieres G. F. Andrade; Patrícia C. S. Leão

10 - Mudanças Climáticas

MC-366: SOMBREAMENTO PARA O MANEJO DO MICROCLIMA DO CAFEIEIRO NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Williams P. M. Ferreira; Laís M. R. Silva; Raphael B. A. Fernandes; Marcelo F. Ribeiro

11 - Desertificação

DS-144: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO. Leonardo F. S. Oliveira; Fabrício M. O. Lopes; Geber B. A. Moura; Cristina R. Nascimento

DS-524: SEVERIDADE DA SECA EM LOCALIDADES DO BIOMA CERRADO BASEADO NO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADA. Evaldo P. Lima; Givanildo Góis

DS-616: ANÁLISE DOS CENÁRIOS DE ARIDEZ NA MICRORREGIÃO DO ARARIPE PERNAMBUCANO. Any G. Sena; Pedro S. Ferreira; Valéria S. O. Costa; Josiclêda D. Galvêncio; Maria S. B. Araújo

DS-669: QUALIDADE DAS ÁGUAS E DESERTIFICAÇÃO EM RESERVATÓRIOS DE ÁREAS DE SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO. Rodrigo J. C. Lopes; Bruna M. P. S. Corcino; Antonio M. Santos

3 - Instrumentação e Energia Renováveis na Agricultura

IE-303: VARIAÇÃO DA METODOLOGIA DE CALIBRAÇÃO DE SONDAS DE TDR. Fabio T. O. Freitas; Eugênio F. Coelho; Benedito R. Oliveira; Karine S. Santos; Richardson A. B. Sorte

IE-313: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA EM MOSSORÓ-RN. George B. Ribeiro; José E. Sobrinho; Saulo T. A. Silva; Isaac A. S. Freitas; Anna K. S. Oliveira

IE-527: DESENVOLVIMENTO DE UMA REDE BASEADA NO PROTOCOLO ZIGBEE PARA MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO. Alisson P. Santos; Ranniery F. Ribeiro; Diego G. C. Oliveira; Daniel S. Costa; Barbara J. T. Mederos

IE-551: REDE DE SENSORES E ATUADORES SEM FIO CONTROLADA VIA SOFTWARE. Alisson P. Santos; Ranniery F. Ribeiro; Daniel S. Costa; Marlon S. Garrido

IE-642: SISTEMA AUTÔNOMO E EMBARCADO PARA IRRIGAÇÃO DE PRECISÃO. Alisson P. Santos; Rômulo P. Almeida; Jefferson R. S. Silva; Fábio N. S. Pereira; Daniel S. Costa

IE-644: DESENVOLVIMENTO DE UM PIRANÔMETRO DE BAIXO CUSTO A PARTIR DE UM TRANSISTOR 2N3055. Alisson P. Santos; Mário C. A. Oliveira; Daniel S. Costa; Mário M. V. B. R. Leitão; José B. Medeiros

4 - Estatística e Modelagem Agrometeorológica

EM-012: CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DOS MUNICÍPIOS POTIGUARES DE PAU DOS FERROS E DOUTOR SEVERIANO. Wesley O. Santos; Rafaela L. Oliveira; José E. Sobrinho; Alex P. Feitosa; Joel M. Bezerra

EM-049: ADAPTAÇÃO DE MODELOS BIOLÓGICOS DE CRESCIMENTO DO EUCALIPTO POR MEIO DA ADIÇÃO DE COMPONENTES METEOROLÓGICOS. Braulio O. Caron; Elvis F. Elli; Felipe Schwerz; John R. Stolze; Claiton Nardini

EM-129: CALIBRAÇÃO E ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DE COFFEA ARABICA A PARTIR DE DADOS EM GRID. Taynara T. B. Valeriano; José R. S. C. Moraes; Kamila C. Meneses; Lucas E. O. Aparecido; Glauco S. Rolim

EM-143: EQUAÇÕES DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DE CHUVAS INTENSAS PARA A MICRORREGIÃO DE MOSSORÓ-RN. Wesley O. Santos; Brenda A. P. Miranda; José E. Sobrinho; Luiz C. A. L. Filho; Bárbara B. M. Barra

EM-225: AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DE APROFUNDAMENTO DO SISTEMA RADICULAR. Henrique B. Dias; Paulo C. Sentelhas

EM-227: ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE BREJO GRANDE-SE. Igor L. N. Santos; Leno G. Souza; Raimundo R. G. Filho; Diego B. S. Farias; Ketylen V. Santos

EM-289: ANÁLISE DO ÍNDICE DE MARTONNE PARA O RIO GRANDE DO NORTE ATRAVÉS DA KRIGAGEM UNIVERSAL. Italo V. Britto; Paulo S. Lucio; Rafaela G. Santos; Felipe J. Medeiros; Wellingson F. Oliveira

EM-292: ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE PREENCHIMENTO DE FALHAS EM SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS DE PETROLINA-PE. Allan R. Silva; Thalyta S. Santos; José F. C. Neto; João P. A. S. Santos; Thieres G. F. Silva

EM-311: AVALIAÇÃO DE MODELOS DE RADIAÇÃO DE ONDA LONGA ATMOSFÉRICA PARA O MUNICÍPIO DE PETROLINA- PE. Maria R. A. Patriota; Bernardo B. Silva

EM-318: ANÁLISE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E ÍNDICE DE SECA IPN NO RIO GRANDE DO NORTE. Rafaela S. Gomes; Felipe J. Medeiros; Italo V. Britto; Wellington F. Oliveira; Paulo S. Lúcio

EM-340: USO DE TÉCNICAS GEOESTATÍSTICAS PARA OBTENÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS. Wezer L. Miranda; Ananda K. A. Mariano; Aline C. Fernandes; Paulo H. F. Figueiredo; Luiz G. Carvalho

EM-368: RELAÇÃO ENTRE ESTERILIDADE DE ESPIGUETAS E TEMPERATURA MÁXIMA DO AR EM ARROZ IRRIGADO. Silvio Steinmetz; Alexandre N. Deibler

EM-397: MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE LAVRAS-MG. Wezer L. Miranda; Larissa L. M. Medeiros; Clesyo R. Reis; Aline C. Fernandes; Ananda K. A. Mariano

EM-428: ALTURA DE PLANTAS E PERÍODO DE CONTROLE DE BUVA (CONYZA) EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS AGROMETEOROLÓGICAS. Edson G. Kochinski; Rodrigo Y. Tsukahara; José P. Neto; Antonio N. Oliveira; Juscelino I. O. Junior

EM-435: TESTE DE SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA, PARA VALIDAÇÃO DA PREVISÃO DO TEMPO PARA O ESTADO DE ALAGOAS. Fernanda L. L. Araujo; Rosiberto S. S. Junior; Dhiego R. F. Luna; Hugo C. F. Monteiro

EM-455: PERÍODO DE PROTEÇÃO DE FUNGICIDAS NA CULTURA DA SOJA EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS. Jose P. Neto; Rodrigo Y. Tsukahara; Edson G. Kochinski; Antonio N. Oliveira; Juscelino I. O. Junior

EM-484: ANÁLISE DE TENDÊNCIA DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS TÉRMICAS POR ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS EM ZONAS RURAIS E URBANAS. Carlos T. A. Rodrigues; Fleming S. Campos; Herica F. S. Carvalho; Thieres G. F. Silva; Alex G. S. Matias

EM-552: MODELAGEM DO BALANÇO HÍDRICO EM CAATINGA EM DIFERENTES CLASSES TEXTURAIS DE SOLO. Rodolfo M. S. Souza; Wagner M. Santos; José R. I. Silva; Eduardo S. Souza; Antonio C. D. Antonino

EM-595: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET₀) ESTIMADA POR MODELOS SIMPLIFICADOS PARA O ESTADO DO AMAPÁ. Flávio S. Costa

5 - Produção Agrícola e Socioeconômica

PA-120: PRODUTIVIDADE SIMULADA DE SILAGEM DE MILHO DE SEQUEIRO EM SETE LAGOAS, MG. Marina L. A. Melo; Tales A. Amaral; Christoph H. P. Tigges; Camilo L. T. Andrade; Deivity C. Santos

PA-121: POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO IRRIGADO EM SETE LAGOAS, MG. Marina L. A. Melo; Tales A. Amaral; Christoph H. P. Tigges; Camilo L. T. Andrade; Deivity C. Santos

PA-127: LEVANTAMENTO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AOS PRODUTORES ORGÂNICOS EM SERGIPE, BRASIL . Jacilene F. S. Santos; Jessica S. Santos; Tamiris A. Carvalho; Juan L. Teixeira; Regina H. Marino

PA-170: CRESCIMENTO DO TOMATEIRO CEREJA EM SUBSTRATO COLONIZADO PELO FUNGO COMESTÍVEL SHIMEJI. Maxwell P. Matos; Juan L. Teixeira; Regina H. Marino

PA-204: FUNGOS ENDOFÍTICOS NO CRESCIMENTO DO ARROZ. Larissa S. Gois; Juan L. Teixeira; Jessica S. Santos; Regina H. Marino

PA-236: TAXAS DE CRESCIMENTO DE BETERRABA CULTIVADA SOB DIFERENTES MALHAS DE SOMBREAMENTO EM SINOP - MT. Mariana Pizzatto; Brena G. Ferneda; Marlus Sabino; Rafaella F. T. Arantes; Adilson P. Souza

PA-238: ESTIMATIVAS DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM ÁREA DE EUCALYPTUS UROGRANDIS (CLONE H13) . Mariana Pizzatto; Daiane C. Lima; Daniela R. Borella; Marlus Sabino; Thaise K. R. Dias

PA-284: EFEITO DO BIOCÁRVÃO NA DISTRIBUIÇÃO DA BIOMASSA DE MOSTARDA CULTIVADA EM SOLO CONTAMINADO COM COBRE. Raquel S. Andrade; Maria I. S. Gonzaga; José I. T. C. Júnior; Amanda N. Jesus; Jady Araújo

PA-304: NÍVEIS E TEMPO DE ESTRESSE HÍDRICO PARA A MANGUEIRA UBÁ NA CHAPADA DIAMANTINA, BA. Fabio T. O. Freitas; Nelson Fonseca; Eugênio F. Coelho; Rosiane S. Vieira; Fabiano O. Paula

PA-345: IRRIGAÇÃO COM DÉFICIT APLICADA A MANGUEIRA UBÁ. Fabio T. O. Freitas; Eugênio F. Coelho; Valeria T. Santos; Fabiano O. Paula; Rosiane S. Vieira

PA-348: APLICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS E FÚLVICOS NA CULTURA DA VIDEIRA SOB CONDIÇÕES IRRIGADAS. Rogério P. Santos; Paulo A. C. Pinto; William R. S. Costa; Arthur C. Gomes

PA-359: IMPACTO DE DIFERENTES AMBIENTES DE SOMBREAMENTO NO CRESCIMENTO DA ALPINIA. Kalline M. Ferreira; Jamilla F. M. Silva; Dulce N. C. Ferreira; Cinthia C. S. Ferreira; Leidiane S. Lima

PA-360: DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE CEBOLA POR GOTEJAMENTO. Kalline M. Ferreira; Vanuza Souza; Luan D. A. Campos; Kecio E. S. Silva; Welson L. Simões

PA-406: BIOCÁRVÃO E INFLUÊNCIA NOS TEORES DE COBRE NO SOLO E MOSTARDA INDIANA (BRASSICA JUNCEA L.) . Amanda N. Jesus; Maria S. S. Gonzaga; Raquel S. Andrade; Jady Araújo; Idamar S. Lima

PA-409: CULTIVOS SUCESSIVOS DE MOSTARDA INDIANA EM SOLO CONTAMINADO COM COBRE TRATADO COM RESÍDUOS SÓLIDOS PIROLISADOS. Amanda N. Jesus; Danyelle C. F. Souza; Maria I. S. Gonzaga; Jady Araújo; Raquel S. Andrade

PA-465: A INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO AO LONGO DOS DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DO ARROZ IRRIGADO . Bernadete Radin; Felipe A. Gräf

PA-474: NITROGÊNIO E FÓSFORO EM FOLHAS DE CAFÉ CONILON TRATADO COM BIOCÁRVÃO DE LODO DE ESGOTO. José C. J. Santos; Maria I. S. Gonzaga; Bruno S. Mendonça; Kairon R. Andrade; André Q. Almeida

PA-498: RESPOSTA DA MELANCIA À APLICAÇÃO DE DOSES E FONTES NITROGENADAS EM SISTEMA DE PRODUÇÃO ORGÂNICO. Rogério P. Santos; Gertrudes M. Oliveira; Paulo A. C. Pinto; Clarismar O. Campos; Pedro P. S. Júnior

PA-510: BIOCÁRVÃO DE LODO DE ESGOTO E SEU EFEITO NO CRESCIMENTO DO CAFEIEIRO EM SERGIPE. Bruno S. Mendonça; José C. J. Santos; Gilvan S. Telles; Maria I. S. Gonzaga; André Q. Almeida

PA-654: PRODUÇÃO DE ALFACE ROXA EM DIFERENTES TELAS DE SOMBREAMENTO NAS CONDIÇÕES DE JUAZEIRO - BA . Karol A. Barroso; Pâmella T. S. Sena; Isa G. V. Andrade; Gilmário N. Souza; Carlos A. Aragão

6 - Meteorologia e Climatologia

MC-547: MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO DE CHUVA E TEMPERATURA DO AR NA REGIÃO DAS MATAS DE MINAS . Williams P. M. Ferreira; Thalyta V. Miranda

7 - Micrometeorologia

MM-053: PARAMETRIZAÇÃO DO ALBEDO PARA ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR REFLETIDA EM SUPERFÍCIE URBANA. Ayrton Z. L. C. Alfaro; Joana M. Krieger; Francisco L. A. Neto; Gustavo B. Lyra

MM-076: VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DO SOLO EM FUNÇÃO DA COBERTURA DE BRAQUIÁRIA E SOLO NU. Guilherme Bariviera; Rivanildo Dallacort ; Rafael C. Tieppo; Francielle F. Vieira; André T. Vasconcelos

MM-241: CALIBRAÇÃO DO CEPTÔMETRO ACCUPAR PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR NA CANA-DE-AÇÚCAR . Herica F. S. Carvalho; Magna S. B. Moura; Thieres G. F. Silva; Geovane D. Silva; Carlos T. A. Rodrigues

MM-242: PARTIÇÃO DO FLUXO LÍQUIDO DE CO₂ EM ECOSISTEMA DE PASTAGEM. Jose D. N. Alves; Eduardo A. Santos; Aristides Ribeiro

MM-243: BALANÇO DE RADIAÇÃO E ENERGIA NA PALMA FORRAGEIRA ANTES E DEPOIS DE EVENTO DE CHUVA. Poliana C. Pereira; Carlos A. A. Souza; Marcelo J. Silva; Alexandre M. R. F. Jardim; Thieres G. F. Silva

MM-280: VARIABILIDADE ESPACIAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM PASTAGEM NATURAL. Hugo T. Santos; José D. N. Alves; Mariana G. Reis; Eduardo A. Santos

MM-293: COMPLEMENTARIDADE HÍDRICA E EÓLICA NO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO-BA. Allan R. Silva; Thalyta S. Santos; José F. C. Neto; Hygor K. M. N. Alves; Thieres G. F. Silva

MM-294: COMPORTAMENTO DO VENTO NO MUNICÍPIO DE PETROLINA - PE. Allan R. Silva; Thalyta S. Santos; José F. C. Neto,; José O. N. Silva,; Thieres G. F. Silva

MM-346: BALANÇO ENERGÉTICO NA PALMA FORRAGEIRA EM DIAS COM DISTINTOS ÍNDICES DE ÁREA DO CLADÓDIO. Poliana C. Pereira; Carlos A. A. Souza; Alexandre M. R. F. Jardim; George N. A. Júnior; Thieres G. F. Silva

MM-398: TEMPERATURA MÍNIMA DO AR EM TRIGO - ESTUDO DE CASO EM NOITES DE GEADA. Genei A. Dalmago; Gilberto R. Cunha; José M. C. Fernandes; Paulo R. Vargas; Anderson Santi

MM-399: VARIAÇÃO DIÁRIA DE TEMPERATURA E UMIDADE EM DIFERENTES PONTOS DA CAVERNA FURNA NOVA. Leonardo L. M. Costa; Saulo T. A. Silva; José E. Sobrinho; George B. Ribeiro; Leonardo B. M. Nunes

MM-438: VARIAÇÃO DIÁRIA DE TEMPERATURA E UMIDADE EM DIFERENTES PONTOS DA CAVERNA FURNA FEIA. Leonardo L. M. Costa; Saulo T. A. Silva; José E. Sobrinho; George B. Ribeiro; Leonardo B. M. Nunes

MM-477: BALANÇO DE RADIAÇÃO EM UM LAGO ARTIFICIAL COM ÁGUA DE BAIXA TURBIDEZ . Tatyana K. S. Borges; Aureo S. Oliveira; Neilon D. Silva; Denize S. Chagas; João P. C. Couto

MM-497: ESTIMATIVA DA EVAPORAÇÃO DA ÁGUA COM BAIXA TURBIDEZ PELO MÉTODO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA. Tatyana K. S. Borges; Aureo S. Oliveira; Neilon D. Silva; Denize S. Chagas; João P. C. Couto

MM-581: BALANÇOS DE RADIAÇÃO E DE ENERGIA NA PALMA FORRAGEIRA EM DIAS DE DISTINTAS NEBULOSIDADES. Poliana C. Pereira; Maria G. Queiroz; George N. A. Júnior; Matheus P. S. Tolêdo; Thieres G. F. Silva

MM-626: ALBEDO DAS VIDEIRAS 'ITÁLIA MUSCAT' E 'BRS VITÓRIA' EM PETROLINA-PE. Felipe E. S. Andrade; Mario M. V. B. R. Leitão; Gertrudes M. Oliveira; Jackson R. R. Silva

Apresentações Orais

Números

Agrometeorologia: 24
Meteorologia e Climatologia: 16
Estatística e Modelagem Agrometeorológica: 11
Relações Água-Solo-Planta-Atmosfera: 10
Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento: 7
Instrumentação e Energia Renováveis na Agricultura: 4
Micrometeorologia: 3
Biometeorologia/Bioclimatologia e Produção Agropecuária: 2
Produção Agrícola e Socioeconômica: 2
Desertificação: 2
Mudanças Climáticas: 1

Total: 82

Apresentações Dia 15/08/2017

2 - Biometeorologia/Bioclimatologia e Produção Agropecuária

BB-022: DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA EM CENÁRIOS CLIMÁTICOS NO MUNICÍPIO DE MARINGÁ, ESTADO DO PARANÁ. Rosandro B. Minuzzi; Carolina A. Frederico; Thieres G. F. Silva;
Local de apresentação: Miniauditório 1

BB-042: SOMA TÉRMICA PARA ATINGIR VÁRIOS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE GRUPOS DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO. Silvio Steinmetz; Santiago V. Cuadra; Ivan R. Almeida; Anderson B. Schneider; Rafael C. Santos;
Local de apresentação: Miniauditório 1

3 - Instrumentação e Energia Renováveis na Agricultura

IE-115: UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM PROPRIEDADES RURAIS NO RIO GRANDE DO SUL. Clenio R. K. Bohmer; Carlos V. M. Silva; Rodrigo M. Azevedo; Douglas R. Hax; Carlos R. Júnior;
Local de apresentação: Miniauditório 1

IE-188: ESTUDO DA CHUVA USANDO ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ARDUINO NA CIDADE DE MACEIÓ/AL. Marcelo C. Silva; Rosiberto S. S. Junior;
Local de apresentação: Miniauditório 1

4 - Estatística e Modelagem Agrometeorológica

EM-200: MÉTODO ESTOCÁSTICO PARA MODELOS AGRÍCOLAS: CONSIDERANDO A INCERTEZA NO MODELO SAMUCA. Fabio Marin; James W. Jones; Kenneth J. Boote;
Local de apresentação: Miniauditório 3

EM-336: DESEMPENHO ENTRE MÉTODOS DE MEDIDA DE ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR NA CULTURA DA SOJA. Álex J. Z. Bordignon; Alexandre O. Gonçalves; Evandro H. F. M. Silva; Fábio R. Marin;
Local de apresentação: Miniauditório 3

EM-354: AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE REMOÇÃO TENDÊNCIA TEMPORAL DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DA SOJA NA REGIÃO SUL. Bruno S. Higa; Santiago V. Cuadra; Aryeverton F. Oliveira; José E. B. A. Monteiro; Alan M. Nakai;
Local de apresentação: Miniauditório 4

EM-363: INDICAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO PARA O ESTADO DE ALAGOAS. Rosiberto S. S. Junior; Iolly S. Albuquerque; Heliofábio B. Gomes; Sandro C. Holanda;
Local de apresentação: Miniauditório 2

EM-384: CALIBRAÇÃO REGIONAL DE MODELOS SIMPLIFICADOS DE ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO GLOBAL PARA SINOP-MT. Adilson P. Souza; Tamara Zamadei; Bruno H. Casavecchia; Andréa C. Silva; Adriana A. Tanaka;
Local de apresentação: Miniauditório 3

EM-395: AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO DO ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ÁGUA. Daniel C. Victoria; Alan M. Nakai; Giovana M. Bettiol; José E. B. A. Monteiro; Aryeverton F. Oliveira;
Local de apresentação: Miniauditório 4

EM-481: PRODUTIVIDADE ATINGÍVEL EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE SEMEADURA PARA SOJA NA REGIÃO SUL DO BRASIL. Santiago V. Cuadra; Ivan R. Almeida; Ana C. B. Oliveira; Jose R. B. Farias;
Local de apresentação: Miniauditório 4

EM-514: AVALIAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO ESTIMADA PELO MODELO DSSAT/CROPGRO-SOYBEAN PARA LOCALIDADE DE PIRACICABA-SP. Rodolfo A. A. Pereira; Evandro H. F. M. Silva; Alexandre O. Gonçalves; Murilo C. R. Morales; Fábio R. Marin;
Local de apresentação: Miniauditório 3

EM-599: METODOLOGIA BASEADA EM FLORESTAS ALEATÓRIAS PARA GERAÇÃO DE SÉRIES ESPAÇO-TEMPORAIS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO. Henrique L. C. Oliveira; Stanley R. M. Oliveira; José E. B. A. Monteiro;
Local de apresentação: Miniauditório 4

EM-649: AVALIAÇÃO DE DEZ MÉTODOS DIFERENTES DE INTERPOLAÇÃO SOBRE DADOS METEOROLÓGICOS EM PETROLINA, PERNAMBUCO. Rodrigo Q. Miranda; Henrique S. Ferreira; Ygor C. B. Moraes; Josiclêda D. Galvínio; Magna S. B. Moura;
Local de apresentação: Miniauditório 4

EM-652: MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO PARA A ESPACIALIZAÇÃO DE CHUVAS NO ESTADO DO CEARÁ. Danilo B. Nogueira; Francisco A. U. Neto; Liana P. Belúcio; Ana P. N. Silva; Alexsandro O. Silva;
Local de apresentação: Miniauditório 2

5 - Produção Agrícola e Socioeconômica

PA-493: RENDIMENTO DO ALGODOEIRO COLORIDO FERTIGADO COM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO E DOSES DE POTÁSSIO. Carolina L. França; Breno L. C. Lima; Patrício R. Santos; Ênio F. F. Silva; Gerônimo F. Silva;
Local de apresentação: Miniauditório 5

PA-508: DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA PRODUÇÃO DA SOJA NO MATOPIBA (1990-2015). Mayara L. S. Araújo; Jessflan R. N. Santos; Juliana S. Santos; Fabrício B. Silva; Edson E. Sano;
Local de apresentação: Miniauditório 5

6 - Meteorologia e Climatologia

MC-107: TENDÊNCIAS ANUAIS E SAZONAIS NOS EXTREMOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO EM LONDRINA - PR. Tálito B. Brito; Rodolpho L. B. Medeiros; Carlos A. C. Santos;
Local de apresentação: Miniauditório 5

9 - Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

SG-086: O USO DE GEOTECNOLOGIAS UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT-8 NO MAPEAMENTO DO BIOMA CAATINGA. Gabriela O. Pereira; Kátia A. Arraes; Miguel Z. Cuellar; Aline B. Faustino;
Local de apresentação: Miniauditório 2

SG-281: ANÁLISE PRELIMINAR DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM PETROLINA/JUAZEIRO: A ATIVIDADE AGRÍCOLA FRENTE O USO DA ÁGUA. Thomás R. Ferreira; Jéssica R. Delgado; Edivaldo A. O. Serrão; Celina C. F. Rodrigues; Bernardo B. Silva;
Local de apresentação: Miniauditório 7

SG-330: MAPEAMENTO DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÃO COM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS) NO SEMIÁRIDO NORDESTINO. Josemir A. Neves; Joana D. F. Medeiros; Adelena G. Maia; Tayron J. Souza; Mauricio T. S. Ferreira;
Local de apresentação: Miniauditório 8

SG-371: ZONEAMENTO TOPOCLIMÁTICO DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM MINAS GERAIS. Heitor E. F. C. M. Filpi; Hemley M. A. Imbuzeiro; Cibele H. Amaral; Alixandre S. L. Luppi;
Local de apresentação: Miniauditório 6

SG-391: DIAGNÓSTICO DA AGRICULTURA IRRIGADA NO EXTREMO OESTE BAIANO. Daniel P. Guimarães; Elena C. Landau; Maria C. B. Santos; Klênia K. P. Rosa;
Local de apresentação: Miniauditório 7

SG-561: IDENTIFICAÇÃO DAS MUDANÇAS NA COBERTURA VEGETAL NO MUNICÍPIO DE ARCOVERDE-PE POR MEIO DE IMAGENS ORBITAIS. Jhon L. B. Silva; José D. A. Oliveira; Geber B. A. Moura; Pedro H. D. Batista; Bruno E. A. Barros;
Local de apresentação: Miniauditório 6

SG-615: DADOS ERA INTERIM E IMAGENS MODIS PARA CONSTRUÇÃO DE SÉRIE DE BALANÇO DE ENERGIA. Juliano Schirmbeck; Denise C. Fontana; Lucimara W. Schirmbeck;
Local de apresentação: Miniauditório 8

Apresentações Dia 16/08/2017

6 - Meteorologia e Climatologia

MC-003: VARIABILIDADE DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NO MUNICÍPIO DE CARUARU - PE, BRASIL. Emmanuelle Lorena; Raimundo M. Medeiros; Vicente P. Silva; Romildo M. Holanda;
Local de apresentação: Miniauditório 8

MC-004: VULNERABILIDADE A DESERTIFICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA, PE, BRASIL. Emmanuelle Lorena; Raimundo M. Medeiros; Vicente P. Silva; Romildo M. Holanda;

Local de apresentação: Miniauditório 8

MC-007: OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO EXTREMAS EM CABACEIRAS - PB. Romildo M. Holanda; Raimundo M. Medeiros; Emmanuelle M. G. Lorena; Vicente P. Silva;

Local de apresentação: Miniauditório 8

MC-008: ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM CABACEIRAS, EM ANOS DE OCORRÊNCIA DE "EL NIÑO";

Romildo M. Holanda; Raimundo M. Medeiros; Emmanuelle M. G. Lorena;

Local de apresentação: Miniauditório 8

MC-009: BALANÇO HÍDRICO EM CENÁRIOS CLIMÁTICOS NO MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ - PE, BRASIL. Vicente P. Silva; Raimundo M. Medeiros; Emmanuelle M. G. Lorena; Romildo M. Holanda;

Local de apresentação: Miniauditório 8

MC-016: MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO PERÍODO CHUVOSO E SECO EM CODÓ, MA. Oswaldo P. L. Sobrinho; Wady L. C. Junior; Denise A. S. Costa; Erika K. P. Cantanhede;

Local de apresentação: Miniauditório 1

MC-052: CHECAGEM LOCAL DA QUALIDADE DE DADOS METEOROLÓGICOS DE UMA ESTAÇÃO AUTOMÁTICA. Luciano Fleischfresser;

Guilherme V. Silva; Leonardo Martins; Flávia Ribeiro; Matheus F. Ferrari;

Local de apresentação: Miniauditório 5

MC-103: MÉTODO DE HARGREAVES-SAMANI PARA ESTIMATIVA DA IRRADIAÇÃO SOLAR MENSAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Allana O. Lima; Priscilla A. Santos; José F. Oliveira-júnior; Guilherme B. Lyra; Gustavo B. Lyra;

Local de apresentação: Miniauditório 7

MC-202: DOWNSCALING COM O MODELO REGCM4: PARAMETRIZAÇÕES CUMULUS PARA A REGIÃO NORDESTE NO OUTONO DE 2008 .

Felipe J. Medeiros; Cláudio M. S. Silva; Rafaela S. Gomes; Italo V. Britto;

Local de apresentação: Miniauditório 6

MC-276: CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL VERTICAL DO VENTO DAS LINHAS DE INSTABILIDADE TROPICAIS AMAZÔNICAS. Gabrielle B.

Oliveira; Clênia R. Alcântara;

Local de apresentação: Miniauditório 6

MC-387: AVALIAÇÃO DO VENTO OFFSHORE SIMULADO VIA MODELOS DINÂMICOS NA REGIÃO DO ATLÂNTICO EQUATORIAL. Gilvani G.

Carvalho; Cláudio M. S. Silva; Aline G. Silva;

Local de apresentação: Miniauditório 6

MC-544: CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE DA TEMPERATURA MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA DO OESTE DA BAHIA. Silas A. Souza; Marcos A. V. Silva; Charles C. Santana; Rafael S. Felix; Gutemberg P. Araujo;

Local de apresentação: Miniauditório 7

MC-558: INFLUÊNCIA DO CONFORTO TÉRMICO SOBRE A PRODUÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS NO MUNICÍPIO DE BARREIRAS-BA. Silas A. Souza; Charles C. Santana; Marcos A. V. Silva; Maikon F. Lemos; Herlandia C. Santos;

Local de apresentação: Miniauditório 5

MC-560: ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA, UMIDADE DO E A TEMPERATURA NO OESTE BAIANO. Rafael S. Félix; Silas A. Souza; Marcos A. V. Silva; Charles C. Santana; Gutemberg P. Araujo;

Local de apresentação: Miniauditório 7

MC-655: SEMEADURA DA SOJA BASEADA NA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DIAS SECOS E CHUVOSOS EM BARREIRAS. Marcos A. V. Silva; Charles C. Santana; Silas A. Souza; Gutemberg P. Araújo; Alberto N. Silva;

Local de apresentação: Miniauditório 5

7 - Micrometeorologia

MM-270: APRIMORANDO O MANEJO DA IRRIGAÇÃO COM BASE NO ACOPLAMENTO COPA-ATMOSFERA . Fabio Marin; Evandro Silva; Tamires

Telles; Alexandre Ortega ; Luiz Sobenko;

Local de apresentação: Miniauditório 1

MM-277: CAMADA LIMITE ATMOSFÉRICA FORMADA SOB ATUAÇÃO DE SISTEMAS PRECIPITANTES EM FORTALEZA: ESTUDO DE CASO.

Fellipe Pereira; Clênia R. Alcântara;

Local de apresentação: Miniauditório 1

MM-404: COMO O MODELO INTEGRADO DA BIOSFERA (IBIS) SIMULA O EVENTO EXTREMO SECA?. Hemlley M. A. Imbuzeiro; Victor H.

Benezoli; Marcos H. Costa;

Local de apresentação: Miniauditório 1

8 - Relações Água-Solo-Planta-Atmosfera

RA-069: COEFICIENTE DE CULTIVO DUAL (K_E E K_{CB}) DO MILHO SAFRINHA PARA REGIÃO DE DOURADOS-MS. Maiara K. A. Rezende; Danilton L. Flumignan; Paulo S. L. Freitas; Ana L. F. Araújo; Carlos H. M. Souza;

Local de apresentação: Miniauditório 2

RA-072: COEFICIENTE DE CULTIVO DO MILHO SAFRINHA MODELADO EM FUNÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR. Maiara K. A. Rezende;

Danilton L. Flumignan; Paulo S. L. Freitas; Ana L. F. Araújo; Jaqueline A. Silva;

Local de apresentação: Miniauditório 2

RA-102: MICRORGANISMOS ENDÓFITOS EM PASPALUM MILLEGRANA. Juan L. Teixeira; Larissa S. Goes; Jacilene F. S. Santos; Francisco S. R. Holanda; Regina H. Marino;

Local de apresentação: Miniauditório 4

RA-254: MODELANDO O CRESCIMENTO DE DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR BASEADO EM UM MODELO DE PLANTA FUNCIONAL-ESTRUTURAL SIMPLES. Murilo S. Vianna; Fábio R. Marin; Klaas Metselaar; Jochem Evers;

Local de apresentação: Miniauditório 3

RA-339: EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUA EM SORGO SUDÃO SOB ESTRESSE SALINO. Jose R. I. Silva; Rodolfo M. S. Souza; Eduardo S. Santos; Erisson M. Amaral; Eduardo S. Souza;

Local de apresentação: Miniauditório 4

RA-416: VARIAÇÃO SAZONAL PARA TEOR DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ERVA-BALEEIRA EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO. Luís F. A. Nascimento; José C. F. S. Filho; Bruna M. S. Oliveira; Letícia V. Pereira; Arie F. Blank;

Local de apresentação: Miniauditório 4

RA-424: EFEITO DA IRRIGAÇÃO COM REJEITO SALINO NA ASSIMILAÇÃO DE CO₂ EM SORGO SUDÃO. Jose R. I. Silva; Rodolfo M. S. Souza; Eduardo S. Santos; Vítor H. L. Gomes; Eduardo S. Souza;

Local de apresentação: Miniauditório 4

RA-483: TROCAS GASOSAS EM TOMATEIROS SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS E USOS DE FILME DE PARTÍCULAS. Eloy C. Mattos;

Local de apresentação: Miniauditório 1

RA-619: DINÂMICA DO LENÇOL FREÁTICO E SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS COM E SEM DRENAGEM. Laercia R. F. Lima; Ceres D. G. C. Almeida; José A. S. Junior; Keila J. Jimenez; Breno L. C. Lima;

Local de apresentação: Miniauditório 3

RA-625: CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO SUBMÉDIO DO VALE SÃO FRANCISCO. Rodrigo R. Silva; Iris S. Gonçalves; Gertrudes M. Oliveira; Pedro P. S. Júnior; Allan V. A. Pereira;

Local de apresentação: Miniauditório 2

Apresentações Dia 17/08/2017

1 - Agrometeorologia

AG-047: ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFERENTES PROCEDIMENTOS PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO BRASIL. Daniel P. Guimarães; Pedro A. Silva; Elena C. Landau; Ricardo N. Nery;

Local de apresentação: Miniauditório 1

AG-060: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E CONTRIBUIÇÃO DOS TERMOS RADIATIVO E AERODINÂMICO NA REGIÃO DE DOURADOS, MS. Danilton L. Flumignan; Jaqueline A. Silva; Lucas H. S. Figueiredo; Carlos H. M. Souza; Maiara K. A. Rezende;

Local de apresentação: Miniauditório 1

AG-061: FATOR DE RESPOSTA DA PRODUÇÃO (K_c) DO MILHO SAFRINHA PARA A REGIÃO DE DOURADOS, MS. Danilton L. Flumignan; Jaqueline A. Silva; Carlos H. M. Souza; Maiara K. A. Rezende;

Local de apresentação: Miniauditório 1

AG-074: DINÂMICA DA TEMPERATURA DO AR EM SISTEMAS SIMPLES E INTEGRADOS DE PRODUÇÃO. Carlos H. M. Souza; Danilton L. Flumignan; Júlio C. Salton; Maiara A. K. Rezende; Jaqueline A. Silva;

Local de apresentação: Miniauditório 1

AG-077: EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO MILHO SAFRINHA CULTIVADO EM SISTEMAS SIMPLES E INTEGRADO. Carlos H. M. Souza; Danilton L. Flumignan; Júlio C. Salton;

Local de apresentação: Miniauditório 1

AG-134: GRAUS-DIA ACUMULADOS PARA A VIDEIRA 'ITALIA' CULTIVADA EM PETROLINA-PE. Wiltemberg B. Pereira; José S. C. Sousa; Caio M. G. Santos; Danilo L. Oliveira; Welson L. Simões;

Local de apresentação: Miniauditório 2

AG-135: GRAUS-DIA EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS PARA A CULTURA DO MELÃO EM PETROLINA-PE. Wiltemberg B. Pereira; Maria E. P. Santos; Carlos E. F. Possídio; José S. C. Sousa; Welson L. Simões;

Local de apresentação: Miniauditório 2

AG-136: BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NORMAL PARA A ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA DE MANDACARU LOCALIZADA EM JUAZEIRO-BA. João B. C. Bagagim; Wiltemberg B. Pereira; José S. C. Sousa; Maria E. P. Santos; Magna S. B. Moura;

Local de apresentação: Miniauditório 2

AG-139: BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NORMAL PARA A CIDADE DE PETROLINA-PE. João B. C. Bagagim; Wiltemberg B. Pereira; José S. C. Sousa; Maria E. P. Santos; Magna S. B. Moura;

Local de apresentação: Miniauditório 2

AG-161: WEBMAP: FERRAMENTA BASEADA EM SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS ABERTOS PARA VISUALIZAÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS. Luiz H. S. Volpasso; Ednaldo O. Santos; Gustavo B. Lyra; Sergio M. S. Cruz;

Local de apresentação: Miniauditório 2

AG-185: MÉTODO SIMPLES PARA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NOS CULTIVOS. Kamila C. Meneses; Glauco S. Rolim; Newton L. S. Júnior; Taynara T. B. Valeriano; José R. S. C. Moraes;

Local de apresentação: Miniauditório 3

AG-250: ÉPOCA DE SEMEADURA DO CONSÓRCIO MILHO E BRAQUIÁRIA NO SUL DE MATO GROSSO DO SUL. Carlos R. Fietz; Eder Comunello; Danilton L. Flumignan;
Local de apresentação: Miniauditório 3

AG-297: TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO: FATORES DE PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DA UFPR EM 2016. Renã M. Araújo; Ricardo A. Oliveira; Santiago V. Cuadra; Heroldo Weber; Edelclaiton Daros ;
Local de apresentação: Miniauditório 3

AG-324: CRESCIMENTO DO QUIABEIRO SUBMETIDO A REGAS PELO MÉTODO DO TANQUE CLASSE &AQUO; EM AMBIENTE PROTEGIDO. Nierley T. M. Cruz; Poliana R. D. Mota; José W. Setúbal; Luzia D. A. Santana; Alessandra C. Silva;
Local de apresentação: Miniauditório 4

AG-403: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS DE PRECIPITAÇÃO OBSERVADOS (SUPERFÍCIE) E ESTIMADOS PELO SATÉLITE TRMM EM ITAÍ-SP. Maria C. M. Sciencia; Alexandre O. Gonçalves; Ricardo O. Figueiredo; Fábio R. Marin;
Local de apresentação: Miniauditório 4

AG-411: ÉPOCA DE SEMEADURA: LACUNA DE PRODUTIVIDADE EM LAVOURAS DE SOJA DE ALTO NÍVEL TECNOLÓGICO . Alencar J. Zanon; Thiago S. M. Rocha; Nereu A. Streck; Giovana G. Ribas; Eduardo L. Tagliapietra;
Local de apresentação: Miniauditório 4

AG-443: LIMITAÇÕES HÍDRICAS PARA A OCORRÊNCIA NATURAL DE MACAÚBA E DENDÊ NO BRASIL. Victor H. Benezoli; Hemley M. A. Imbuzeiro; Gabriel M. Abrahão;
Local de apresentação: Miniauditório 4

AG-525: EFEITO DO DÉFICIT DE IRRIGAÇÃO NO ALGODÃO SEGUNDO SIMULAÇÕES DO MODELO SWAP. Amanda C. S. Queiroz; Tarsila M. Ramos; Bergson G. Bezerra; José R. C. Bezerra; Bernardo B. Silva;
Local de apresentação: Miniauditório 5

AG-533: ALBEDO E EMISSIVIDADE MÉDIA DO CERRADO NATIVO E MONOCULTIVO POR IMAGEM DE SATÉLITE. Gutemberg P. Araujo; Marcos A. V. Silva; Silas A. Souza; Charles C. Santana; Rafael S. Felix;
Local de apresentação: Miniauditório 5

AG-538: ZONEAMENTO CLIMÁTICO PARA A CULTURA DA MANDIOCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) NO OESTE DA BAHIA. Rafael S. Félix; Marcos A. V. Silva; Silas A. Souza; Charles C. Santana; Gutemberg P. Araujo;
Local de apresentação: Miniauditório 5

AG-598: CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA DE FEIJÃO CAUPI COM BASE EM GRAUS-DIA . Pedro P. S. Júnior; Edgo J. P. Santiago; Rodrigo S. Rafael; Gertrudes M. Oliveira; Marcus A. P. S. Júnior;
Local de apresentação: Miniauditório 5

AG-631: CONVERSÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA PARA A PRODUÇÃO DE FITOMASSA DE MILHO EM PIRACICABA/SP. Vítor J. M. Bianchini; Tamires T. Souza; Rodolfo A. Pereira; Thais L. Santos; Fábio R. Marin;
Local de apresentação: Miniauditório 6

AG-696: BALANÇOS HÍDRICOS CLIMATOLÓGICOS DECENIAIS NO PERD 2005 - 2015 E ANOMALIA 2012-2013 . Denise A. Antunes; Fulvio Cupolillo; Fábio M. Cruz; Maria J. H. Souza;
Local de apresentação: Miniauditório 6

AG-697: INFLUÊNCIA NOS BALANÇOS HÍDRICOS DECENIAIS DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE - ANO ANÔMALO 2013-2014 . Fulvio Cupolillo; Denise A. Antunes; Fábio M. Cruz; Maria J. H. Souza;
Local de apresentação: Miniauditório 6

10 - Mudanças Climáticas

MC-690: VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E DA TEMPERATURA DO AR EM PLANALTINA-DF, POR 40 ANOS. Fernando A. M. Silva; Juaci V. Malaquias; Balbino A. Evangelista; Artur G. Muller; Alessandra D. Oliveira;
Local de apresentação: Miniauditório 7

11 - Desertificação

DS-664: VULNERABILIDADE À PERDA DOS SOLOS NO MUNICÍPIO DE DORMENTES: SEMIÁRIDO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Rodrigo J. C. Lopes; Samuel A. Santos; Samara S. Santos; Antonio M. Santos;
Local de apresentação: Miniauditório 8

DS-675: EXPANSÃO DOS PERÍMETROS IRRIGADOS, TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E DESERTIFICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PETROLINA - PERNAMBUCO. Rodrigo J. C. Lopes; Antonio M. Santos;
Local de apresentação: Miniauditório 8

3 - Instrumentação e Energia Renováveis na Agricultura

IE-584: CINÉTICA DE SECAGEM DA MANGA DA VARIEDADE ESPADA SUBMETIDA À SECAGEM SOLAR . Bruno E. S. Coelho; Mayane M. Nascimento; Itamara R. B. Carvalho; Karla S. M. Sousa; Neiton S. Machado;
Local de apresentação: Miniauditório 7

IE-585: AVALIAÇÃO DE UM SECADOR PARA DESIDRATAÇÃO DE FRUTOS DE GOIABA COM ENERGIA SOLAR . Bruno E. S. Coelho; Karla S. M. Sousa; Neiton S. Machado; Carmem L. Coelho;
Local de apresentação: Miniauditório 7

Artigos Publicados em periódicos

A seguir é apresentada a lista dos trabalhos publicados nos periódicos parceiros do XX CBAGRO e V SMUD. Para acesso ao conteúdo dos mesmos, favor dirigir-se ao web site de cada Periódico.

Números

GEAMA: 20

Agrometeoros: 28

Revista Brasileira de Geografia Física: 12

Journal of Hyperspectral Remote Sensing: 12

Journal of Environmental Analysis and Progress: 34

Total: 106

Agrometeoros

1 - Agrometeorologia

AG-033: DEMANDA HÍDRICA DA CANA-DE-AÇÚCAR, POR BALANÇO DE ENERGIA, NA MICRORREGIÃO DE TERESINA, PIAUÍ. Aderson S. A. Junior; Donavan H. Noleto; Edson A. Bastos; Magna S. B. Moura; João C. R. Anjos;
Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

AG-035: AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO ESTADO DO PIAUÍ. Aderson S. A. Junior; Clescy O. Silva; Valdemício F. Sousa; Valdenir Q. Ribeiro;
Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

AG-255: ZONEAMENTO EDAFOCLIMÁTICO DA ACÁCIA-NEGRA PARA O EXTREMO SUL DO BRASIL. Marcos S. Wrege; Marilice C. Garrastazu; Carlos A. Flores; Silvio Steinmetz; Carlos R. Júnior;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

AG-296: CONDIÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS PARA PERFILHAMENTO MÁXIMO DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DOIS AMBIENTES DISTINTOS DE PRODUÇÃO. Renã M. Araújo; Ricardo A. Oliveira; Santiago V. Cuadra; Ivan R. Almeida; Heroldo Weber;
Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

AG-410: ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DIÁRIA BASEADA APENAS EM TEMPERATURA. José E. B. A. Monteiro; Santiago V. Cuadra; Aryeverton F. Oliveira; Alan M. Nakai; Renato J. S. Maciel;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

AG-442: CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE LINHAÇA. Luciane T. Stanck; Dislaine Becker; Leosane C. Bosco;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

AG-518: INTERPOLAÇÃO DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS EM DUAS DENSIDADES AMOSTRAIS NO NORTE DE MINAS GERAIS. Celia R. Grego; Antônio H. C. Teixeira; Janice F. Leivas; Gustavo Bayma-silva; Rodolfo C. Manjolin;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

AG-609: IMPACTO DA QUANTIDADE E FREQUÊNCIA DE CHUVA NO RENDIMENTO DA SOJA. Bernadete Radin; André Schönhofen; Ivonete F. Tazzo;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

AG-670: INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE CONDUÇÃO NO MICROCLIMA DA VIDEIRA 'CHENIN BLANC'. Magna S. B. Moura; Michele M. C. Lira; Clara N. C. Vale; Patrícia C. S. Leão; Leide D. S. Oliveira;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

AG-674: BIOMETRIA E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM TOMATE CEREJA NO SEMIÁRIDO. Magna S. B. Moura; Luciana S. B. Souza; Leide D. S. Oliveira; Thieres G. F. Silva; Jony E. Yuri;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

AG-685: TROCAS DE CARBONO EM UMA ÁREA DE CAATINGA DURANTE UM ANO ATÍPICAMENTE SECO. Luciana S. B. Souza; Magna S. B. Moura; Gilberto C. Sedyama; Thieres G. F. Silva;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

AG-698: O CONHECIMENTO METEOROLÓGICO ENTRE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL EM ESCOLAS DO MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA. Valkíria A. Souza; Luciana S. B. Souza; Thieres G. F. Silva; Magna S. B. Moura; Leandro R. Lucena;
Local de apresentação: Miniáuditorio 6 (17/08/2017)

10 - Mudanças Climáticas

MC-215: AVALIAÇÃO DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO PIAUÍ. Carlos A. C. Santos; Anna R. D. Ramos;
Local de apresentação: Miniauditório 8 (17/08/2017)

MC-463: SIMULAÇÃO DE PRODUTIVIDADE DE SOJA EM PIRACICABA-SP COM BASE EM PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS.
Evandro H. F. M. Silva; Rodolfo A. A. Pereira; Alexandre O. Gonçalves; Álex J. Z. Bordignon; Fábio R. Marin;
Local de apresentação: Miniauditório 7 (17/08/2017)

4 - Estatística e Modelagem Agrometeorológica

EM-058: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE COM BASE EM PARÂMETROS DE TEMPERATURA E FOTOPERÍODO NO MODELO CROPGRO SOYBEAN. Evandro H. F. M. Silva; Rodolfo A. A. Pereira; Luís A. S. Antolin; Izael F. Junior; Fábio R. Marin;
Local de apresentação: Miniauditório 2 (15/08/2017)

5 - Produção Agrícola e Socioeconômica

PA-045: PEGADA HÍDRICA DA CANA-DE-AÇÚCAR E ETANOL PRODUZIDOS NO ESTADO DE ALAGOAS, BRASIL. Antonio D. Santiago; Daniel Chico; Aderson S. A. Júnior; Alberto Garrido; Pedro J. P. Carnaúba;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

6 - Meteorologia e Climatologia

MC-099: AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA ALAGOAS. Juliana A. Costa; Gláuber P. Rodrigues; Neilon D. Silva; Oswaldo P. L. Sobrinho; Laisa D. A. Costa;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

7 - Micrometeorologia

MM-620: BALANÇO DE RADIAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL NO SUBMÉDIO DO VALE SÃO FRANCISCO. Thieres G. F. Silva; José F. A. Carmo; Magna S. B. Moura; Luciana S. B. Souza; Mario M. V. B. R. Leitao;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

MM-622: FLUXOS DE RADIAÇÃO, ENERGIA, CO₂ E VAPOR D'ÁGUA EM UMA ÁREA DE CAATINGA EM REGENERAÇÃO. Thieres G. F. Silva; Wilis N. Pires; Magna S. B. Moura; Luciana S. B. Souza; Herica F. S. Carvalho;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

MM-624: BALANÇO DE ENERGIA E COEFICIENTE DE CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR POR DOIS MÉTODOS MICROMETEOROLÓGICOS. Thieres G. F. Silva; José F. A. Carmo; Magna S. B. Moura; Luciana S. B. Souza; Mario M. V. B. R. Leitao;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

MM-657: CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS PROPORCIONADAS POR TELA DE SOMBREAMENTO NO CULTIVO DO TOMATE CEREJA. Edgo J. P. Santiago; Gertrudes M. Oliveira; Mário M. V. B. R. Leitão; Ruy C. Rocha; Rodrigo R. Silva;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

8 - Relações Água-Solo-Planta-Atmosfera

RA-018: ESTIMATIVA DOS COEFICIENTES DE CULTIVO (KC) DE VIDEIRAS PARA SUCO. Marco A. F. Conceição; Marco A. Tecchio; Reginaldo T. Souza; Marlon J. R. Silva; Mara F. Moura;
Local de apresentação: Miniauditório 2 (16/08/2017)

RA-038: ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DA NECESSIDADE DE ÁGUA DO CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA. Aderson S. A. Junior; José L. Silva; José O. P. Ferreira; João I. Filho;
Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

RA-496: MICROCLIMA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE TOMATE EM DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO NO VALE DO SÃO FRANCISCO. Luis F. S. M. Campeche; Rubem J. F. Franca; Mario M. V. B. R. Leitão; Jucicleia S. Silva; Vital P. S. Paz;
Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

RA-506: VARIAÇÃO SAZONAL DOS FLUXOS DE ENERGIA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM CAATINGA NO AGRESTE PERNAMBUCANO. José R. S. Lima; Cássio L. Oliveira; Amós C. Barbosa; Antonio C. D. Antonino; Eduardo S. Souza;
Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

RA-689: ZONEAMENTO PEDOCIMÁTICO PARA A SEMEADURA SIMULTÂNEA DO MILHO E DA BRAQUIÁRIA NO ESTADO DE GOIÁS. Fernando A. M. Silva; Kerollayne S. Santos; Balbino A. Evangelista; J. E. B. A. Monteiro;
Local de apresentação: Miniauditório 2 (16/08/2017)

9 - Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

SG-603: COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE DA ÁGUA MODELADOS POR SENSORIAMENTO REMOTO EM LIMOEIROS IRRIGADOS DE MINAS GERAIS. Antônio H. C. Teixeira; João B. R. S. Reis; Janice F. Leivas; Gustavo Bayma-silva; Tiago Struiving;
Local de apresentação: Miniauditório 8 (15/08/2017)

SG-627: DELIMITAÇÃO DE REGIÕES AGROCLIMÁTICAMENTE HOMOGÊNEAS NO BRASIL. José E. B. A. Monteiro; Daniel C. Victoria; Samira L. H. Almeida; Aryeverton F. Oliveira; Júlio C. D. M. Esquerdo;
Local de apresentação: Miniauditório 7 (15/08/2017)

GEAMA

1 - Agrometeorologia

AG-169: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS SOBRE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM MORADA NOVA- CE.

Joaquim B. Oliveira; Paula J. A. Barbosa; Dijauma H. Nogueira; Efraim M. Araújo;

Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

AG-263: ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA EUCALIPTO NO PARANÁ E OS NOVOS CENÁRIOS DEFINIDOS PELAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS.

Marcos S. Wrege; Paulo H. Caramori; Elenice Fritzsos; Adriane Partala; Georgia L. Christensen;

Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

AG-475: COMPARAÇÃO ENTRE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA PELA RAZÃO DE BOWEN E PELO MODELO CERES-MAIZE.

Vitor J. M. Bianchini; Tamires T. Souza; Rodolfo A. Pereira; Fábio R. Marin;

Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

AG-596: AVALIAÇÃO DA APTIDÃO CLIMÁTICA PARA O CULTIVO DA VIDEIRA EM PÃO DE AÇÚCAR, ALAGOAS.

Douglas L. S. Pedrosa; Washington L. F. C. Filho; João P. G. Nobre; Lícia K. A. Pereira; Fabrício D. S. Silva;

Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

10 - Mudanças Climáticas

MC-030: O AUMENTO DE [CO₂] E TEMPERATURA AFETARÁ O CRESCIMENTO INICIAL DE ABÓBORA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO?.

Barbara F. Dantas; Francislene Angelotti; Carlos A. Ragão;

Local de apresentação: Miniauditório 3 (17/08/2017)

MC-163: DISTRIBUIÇÃO DE *HANDROANTHUS HEPTAPHYLLUS* NO BRASIL E AS PROJEÇÕES FUTURAS DE ACORDO MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS.

Andressa G. Scarante; Maria F. S. Matos; Márcia T. Simão; Ananda V. Aguiar; Marcos S. Wrege;

Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

MC-199: ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA RIO VERDE/GO.

Lucas C. Santos; Fabiani D. Bender; Elton F. Reis; Guilherme H. T. Cruz; Frank F. Capuchinho;

Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

MC-605: SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE PASTAGENS NATIVAS NO AGRESTE PERNAMBUCANO EM DIFERENTES SOLOS E CENÁRIOS CLIMÁTICOS.

Rafael R. Silva; Tiago D. Althoff; Júlio C. R. Martins; Lucas S. A. Wanderley; Rômulo S. C. Menezes;

Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

MC-621: IMPACTO DE VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E MUDANÇAS NO USO DA TERRA: UMA APLICAÇÃO DO MANN-KENDALL.

Leonardo F. P. Barbieri; Magaly F. Correia; Maria R. S. Aragão; Rafaella A. A. Vilar; Magna S. B. Moura;

Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

11 - Desertificação

DS-029: SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO ESTUDO DA DESERTIFICAÇÃO NA REGIÃO DE MOSSORÓ USANDO LANDSAT 5.

Verônica G. Oliveira; Francisco C. A. Nascimento; Fabiane R. C. D. Araújo; Carlos A. C. Santos; Irene C. P. Corrêa;

Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

4 - Estatística e Modelagem Agrometeorológica

EM-349: ESTIMATIVA DAS PERDAS DE PRODUTIVIDADE DO MILHO EM ALAGOAS PARA CENÁRIOS FUTUROS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS.

Hugo C. Almeida; João P. G. Nobre; Eli M. Santos; Fabrício D. S. Silva;

Local de apresentação: Miniauditório 2 (15/08/2017)

EM-550: SIMULAÇÃO DE PROCESSOS HIDROLÓGICOS EM ESCALA DE PARCELA UTILIZANDO O MODELO SMAP NO SEMIÁRIDO.

Iug Lopes; Abelardo A. A. Montenegro;

Local de apresentação: Miniauditório 2 (15/08/2017)

5 - Produção Agrícola e Socioeconômica

PA-312: ECOFISIOLOGIA DE MORINGA OLEÍFERA LAM EM FUNÇÃO DE DIFERENTES REGIMES PLUVIOMÉTRICOS.

Margaret T. B. Santiago; Egídio B. Neto;

Local de apresentação: Miniauditório 5 (15/08/2017)

8 - Relações Água-Solo-Planta-Atmosfera

RA-272: CARACTERIZAÇÃO DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS ISOLADAS DE PALMA FORRAGEIRA RECEBENDO DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA SALINA.

Gabiane R. Antunes; Beatriz R. Carvalho; Thaise R. Silva; Gherman G. L. Araújo; Paulo I. F. Júnior;

Local de apresentação: Miniauditório 4 (16/08/2017)

RA-647: SOLOS SALINOS E SEUS EFEITOS SOBRE CARACTERÍSTICAS MORFO-FISIOLÓGICAS DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR.

Edson P. Silva; José A. B. Silva; Herbert C. O. Targino; Magno N. Amorim; Tales X. Seabra;

Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

9 - Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

SG-071: ESTUDO DAS ILHAS DE CALOR POR DADOS ORBITAIS: EFEITOS DOS PADRÕES DE TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE . Bruna K. L. Santos; Michelle A. Cerqueira; Michelle F. Silva;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

SG-153: ANÁLISE DA DENSIDADE VEGETATIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ UTILIZANDO DADOS TM-LANDSAT 5. Jefferson A. A. Melo; Heliofabio B. Gomes; Laurizio E. R. Alves; Jadson A. Melo; Ianne L. Araujo;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

SG-208: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA VEGETAÇÃO NO ANO DE 2016 PARA O MUNICÍPIO DE REMANSO- BA. Ismael G. F. Freitas; Laurizio E. R. Alves; Heliofábio B. Gomes; Jeová R. S. Júnior; Dimas B. Santiago;
Local de apresentação: Miniauditório 5 (15/08/2017)

SG-352: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO USO E COBERTURA DAS TERRAS POR CLASSE DE SOLO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO . Rafael R. Silva; Margaret T. B. Santiago; Ana L. B. Candeias; Rômulo S. C. Menezes;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

SG-459: BALANÇO DE ENERGIA EM ÁREAS COM DIFERENTES USOS DO SOLO NA CHAPADA DO ARARIPE. Willame C. Oliveira; Francisco D. D. Arraes; Joaquim B. Oliveira; Kleber G. Macêdo; Juarez C. L. Junior;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

Journal of Environmental Analysis and Progress

1 - Agrometeorologia

AG-168: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS SOBRE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM TAUÁ, NO CEARÁ . Joaquim B. Oliveira; Paula J. A. Barbosa; Dijauma H. Nogueira; Efraim M. Araújo; Francisco D. D. Arraes;
Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

AG-229: ESTIMATIVAS DE PERDA DE SOLO POR EROÇÃO HÍDRICA PARA O MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA, PE. Alexandre M. R. F. Jardim; George N. A. Júnior; Marcelo J. Silva; José E. F. Morais; Thieres G. F. Silva;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

AG-248: ANÁLISE DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E A RELAÇÃO COM COMPONENTES DE CRESCIMENTO DO ARROZ IRRIGADO. Lucas F. C. Conceição;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

AG-383: PRECIPITAÇÃO ESPERADA, EM DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE, NA REGIÃO DE JUAZEIRO, BA. Edgo J. P. Santiago; Gertrudes M. Oliveira; Mário M. V. B. R. Leitão; Magna S. B. Moura; Iris S. Gonçalves;
Local de apresentação: Miniauditório 4 (17/08/2017)

AG-445: PERÍODO DE RETORNO DE EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO FAVORÁVEIS ÀS CULTURAS AGRÍCOLAS NO ESTADO DE ALAGOAS. Jaime F. Antonio; Manuel A. V. Antônio; André L. Carvalho; Jose L. Souza; Fabricio D. S. Silva;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

AG-600: CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE FEIJÃO CAUPI SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO. Iris S. Gonçalves; Rodrigo R. Silva; Gertrudes M. Oliveira; Edgo J. P. Santiago; Vinícius E. A. Oliveira;
Local de apresentação: Miniauditório 5 (17/08/2017)

AG-662: CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E SENSIBILIDADE AO RACHAMENTO DE BAGAS DE UVAS SEM SEMENTES . Leide D. S. Oliveira; Magna S. B. Moura; Patrícia C. S. Leão; Thieres G. F. Silva; Luciana S. B. Souza;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

AG-692: ZONEAMENTO AGROMETEOROLÓGICO DA MORINGA PARA O ESTADO DE PERNAMBUCO EM CONDIÇÕES ATUAIS E PROJEÇÕES FUTURAS. Ailton A. Carvalho; Abelardo A. A. Montenegro; Célia S. Santos; Thieres G. F. Silva;
Local de apresentação: Miniauditório 6 (17/08/2017)

10 - Mudanças Climáticas

MC-488: EVENTOS DE CHUVA, ALTAS CONCENTRAÇÕES DE CO₂ E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ESPÉCIES DA CAATINGA . Barbara F. Dantas; Gilmaria M. Oliveira; Fabricio F. S. Silva; Francislene Angelotti; Magna S. B. Moura;
Local de apresentação: Miniauditório 3 (17/08/2017)

MC-522: EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE AMBURANA CEARENENSIS SOB AUMENTO DA TEMPERATURA E DIÓXIDO DE CARBONO. Danielle C. C. Costa; Jaciara S. Bispo; Gilmaria M. Oliveira; Francislene Angelotti ; Bárbara F. Dantas;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

MC-578: VARIABILIDADE ESPACIAL DA SAZONALIDADE DA CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO . Wagner M. Santos; Rodolfo M. S. Souza; Eduardo S. Souza; André Q. Almeida; Antonio C. D. Antonino;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

MC-594: ADUBAÇÃO VERDE CONTRIBUINDO PARA CICLAGEM DE NUTRIENTES EM AMBIENTES IRRIGADOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO . Vanderlise Giongo; Sheila S. Brandão; Alessandra M. Salviano; Nelci Olszewski;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

MC-638: ANÁLISE DE TENDÊNCIA NAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DE PORTO VELHO - RONDÔNIA. Marcelo J. G. Silva; Carlos A. S. Querino; Luiz A. S. Neto; Fabio A. M. Saraiva; Diego C. Silva;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

11 - Desertificação

DS-564: ÍNDICE DE VEGETAÇÃO COMO SUBSIDIO NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM POTENCIAIS A DESERTIFICAÇÃO. Joélia N. B. Silva; Jéssica L. B. Silva; Aldenice C. Silva; Antonio M. Santos; Josiclêda D. Galvíncio;
Local de apresentação: Miniauditório 8 (17/08/2017)

2 - Biometeorologia/Bioclimatologia e Produção Agropecuária

BB-279: ESTABELECIMENTO DE MYRACRODRUON URUNDEUVA (ALLEMÃO) A.C. COM INOCULAÇÃO DE MICRO-ORGANISMO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADES. Maria J. S. Medeiros; Rafaela L. Sousa; Douglas M. Oliveira; Ana P. A. Silva; André L. A. Lima;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

BB-379: TEMPERATURA DURANTE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PIPTADENIA MONILIFORMIS SUBMETIDAS A SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA. Joyce N. Silva; Monalisa A. D. S. C. Pinto; Ana K. P. Rocha; Andressa S. Freire; Larissa S. G. Leal;
Local de apresentação: Miniauditório 1 (15/08/2017)

BB-663: TRATAMENTOS PRÉ-GERMINATIVOS EM SEMENTES DE TRÊS ESPÉCIES DE PLANTAS DA CAATINGA . Jéssica V. G. Siqueira; João P. A. Barros; Yara P. Araújo; Thieres G. F. Silva; Luciana S. B. Souza;
Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

4 - Estatística e Modelagem Agrometeorológica

EM-308: UMIDADE VOLUMÉTRICA DO SOLO MEDIDA E ESTIMADA PELO MODELO DSSAT/CROPGRO EM CULTIVO DE SOJA . Izael M. F. Junior; Evandro H. F. M. Silva; Alexandre O. Gonçalves; Fábio R. Marin;
Local de apresentação: Miniauditório 3 (15/08/2017)

5 - Produção Agrícola e Socioeconômica

PA-672: SIMULAÇÃO DO EFEITO DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA AMBIENTE NA GERMINAÇÃO DE VARIEDADES DE MILHO. Daíse S. Reis;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

6 - Meteorologia e Climatologia

MC-021: VARIABILIDADE DE ONDAS DE CALOR E O ENOS MODOKI E CANÔNICO EM SANTA CATARINA. Rosandro B. Minuzzi; Carolina A. Frederico;
Local de apresentação: Miniauditório 6 (16/08/2017)

MC-025: DOWNSCALING DINÂMICO DE PRECIPITAÇÃO E VERANICOS NO ESTADO DO CEARÁ . José M. B. Alves; Emerson M. Silva; Cláudia P. Rickes;
Local de apresentação: Miniauditório 6 (16/08/2017)

MC-256: AVALIAÇÃO DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS E MÁXIMAS PARA EVENTOS DE FRIAGEM NO PANTANAL. Müller J. M. Santos; Luciana B. Pinto; Gabriela B. Iribarem; Lucas F. C. Conceição; Carolina A. Monteiro;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

MC-365: VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO AGRESTE DE PERNAMBUCO E OS DESASTRES DECORRENTES DOS EXTREMOS CLIMÁTICOS. Maria L. T. Pereira; Maendra P. A. Soares; Emanuel A. Silva; Abelardo A. A. Montenegro; Werônica M. Souza;
Local de apresentação: Miniauditório 7 (16/08/2017)

MC-641: ANÁLISE DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA PARA MUNICÍPIO DE PETROLINA - PE. Allan R. Silva; Thalyta S. Santos; Daniel É. Queiroz; Moane O. Gusmão; Thieres G. F. Silva;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

MC-648: SIMULAÇÕES DE CAMPOS METEOROLÓGICOS NA AMAZÔNIA E NORDESTE NO OUTONO NUM ANO DE EL NIÑO. Alanderson F. Lucas; Cláudio M. S. Silva;
Local de apresentação: Miniauditório 5 (16/08/2017)

8 - Relações Água-Solo-Planta-Atmosfera

RA-039: PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A DISTINTOS REGIMES HÍDRICOS. Aderson S. A. Junior; Marcos V. P. Silva; Josiane F. Silva; Elizandra S. S. Silva; Francisco E. P. Mousinho;
Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

RA-183: MODELAGEM HIDROLÓGICA SOB MUDANÇAS NA COBERTURA VEGETAL DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO NORDESTE DO BRASIL. Carolyne W. L. Andrade; Suzana M. G. L. Montenegro; José R. S. Lima; Abelardo A. A. Montenegro; Adriana G. Magalhães;
Local de apresentação: Miniauditório 3 (16/08/2017)

RA-184: MODELAGEM HIDROLÓGICA SOB ESCASSEZ DE DADOS EM UMA BACIA DO ALTO MUNDAÚ, NORDESTE DO BRASIL. Carolyne W. L. Andrade; Suzana M. G. L. Montenegro; José R. S. Lima; Abelardo A. A. Montenegro; Adriana G. Magalhães;
Local de apresentação: Miniauditório 3 (16/08/2017)

RA-306: CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE PIGMENTOS FOTOSSINTETIZANTES E FITOMASSA DE PLANTAS DE ALOYSIA TRIPHYLLA. Leonardo A. Thiesen; Marcos V. M. Pinheiro; Evandro Holz; Daniele C. Fontana; Jullie Santos;
Local de apresentação: Hall Superior (15/08/2017)

RA-667: ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO SUBMÉDIO RIO SÃO FRANCISCO. Pedro V. Azevedo; Madson T. Silva; Vicente P. R. Silva; Bruce K. N. Silva;
Local de apresentação: Miniauditório 3 (16/08/2017)

9 - Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

SG-122: PROJEÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA E RESPOSTA HIDROLÓGICA COM BASE NA PRECIPITAÇÃO EM UM AÇUDE. Lucio A. Pereira; Nilson M. Santos;
Local de apresentação: Miniauditório 5 (15/08/2017)

SG-378: APLICAÇÃO DE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NO MONITORAMENTO DA SECA: AÇUDE ALGODÕES NO SERTÃO PERNAMBUCANO . José R. Bacalhau; Alfredo R. Neto; Leidjane M. M. Oliveira;
Local de apresentação: Miniauditório 8 (15/08/2017)

SG-454: DEFINIÇÃO DE AMBIENTES DE PRODUÇÃO PARA A CULTURA DA ATRIPLEX NO ESTADO DE PERNAMBUCO. Carlos T. A. Rodrigues; Thieres G. F. Silva; Herica F. S. Carvalho; Magna S. B. Moura;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

SG-684: ANÁLISE COMPARATIVA DA UMIDADE DA VEGETAÇÃO DE ÁREAS DE CAATINGA PRESERVADA, AGRICULTURA IRRIGADA E SEQUEIRO. Pedro V. S. Brito; Ygor C. B. Morais; Henrique S. Ferreira; Jadson F. Silva; Josiclêda D. Galvêncio;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

Journal of Hyperspectral Remote Sensing

1 - Agrometeorologia

AG-239: INSTALAÇÃO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL PARA CONTENÇÃO HÍDRICA NA FAZENDA UNIVERSITÁRIA DA UFRPE/UAG. Werônica M. Souza; José V. Á. C. Vasconcelos; Paulo R. J. Dill; Anderson S. Silva; Airon A. S. Melo;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

10 - Mudanças Climáticas

MC-529: SUSCETIBILIDADE CLIMÁTICA À DESERTIFICAÇÃO PARA REGIÃO CENTRO-NORTE DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Iug Lopes; Saulo M. Santos; Tatiana A. Taura; Henrique Oldoni; Brauliro G. Leal;
Local de apresentação: Miniauditório 8 (17/08/2017)

9 - Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

SG-011: UTILIZAÇÃO DE IMAGENS LANDSAT-8 NA ESTIMATIVA DO SALDO DE RADIAÇÃO À SUPERFÍCIE. Laurizio E. R. Alves; Ismael G. F. Freitas; Heliofábio B. Gomes; Fabrício D. S. Silva; Maurílio N. Santos;
Local de apresentação: Miniauditório 6 (15/08/2017)

SG-050: BALANÇO ENERGIA EM COQUEIRO ANÃO COM IMAGENS LANDSAT 8 NO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL. Antônio H. C. Teixeira; Janice F. Leivas; Fábio R. Miranda; Gustavo Bayma-silva;
Local de apresentação: Miniauditório 8 (15/08/2017)

SG-310: APLICAÇÃO DO MODELO SEBAL PARA DETERMINAÇÃO DO SALDO DE RADIAÇÃO NA REGIÃO DO CARIRI CEARENSE. Carlos W. Oliveira; Maria T. B. Nascimento; João A. S. Silva; Ana C. M. Meireles; Francisco L. F. Ferreira;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

SG-382: ANÁLISE DA SEVERIDADE DE SECA POR DADOS ORBITAIS: EFEITOS EM ESTADOS DO NORDESTE BRASILEIRO. Michelle F. Silva; Michelle A. Cerqueira; Bruna K. L. Santos; Diana F. Freitas;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

SG-447: ENTENDENDO O TVDI COMO UM ÍNDICE QUE EXPRESSA A UMIDADE DO SOLO. Lucimara W. Schirmbeck; Denise C. Fontana; Juliano Schirmbeck; Vagner P. Mengue;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

SG-548: DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOMASSA DO ALGODOEIRO UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITE E ÍNDICES ESPECTRAIS. Marcos A. V. Silva; Eder S. Moscon; Charles C. Santana;
Local de apresentação: Miniauditório 7 (15/08/2017)

SG-554: DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA UMIDADE DO SOLO POR MEIO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO. Jhon L. B. Silva; Francisco D. D. Arraes; José D. A. Oliveira; Geber B. A. Moura; Alan C. Bezerra;
Local de apresentação: Miniauditório 6 (15/08/2017)

SG-614: ANÁLISE DE ERROS NO MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO - SRTM PARA O RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO/BA. Jadson F. Silva; Pedro S. Ferreira; Elisabeth R. A. C. Silva; Valéria S. O. Costa; Ana L. B. Candeias;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

SG-658: SALDO DE RADIAÇÃO E USO DO SOLO EM REGIÃO AMAZÔNICA. Danilo B. Nogueira; Ana P. N. Silva; Liana P. Belúcio; Aleksandro O. Silva; Bernardo B. Silva;
Local de apresentação: Miniauditório 6 (15/08/2017)

SG-659: SAZONALIDADE DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM DIFERENTES USOS DO SOLO NO VALE DO SÃO FRANCISCO. Cloves V. B. Santos; Gustavo M. M. Baptista; Magna S. B. Moura;
Local de apresentação: Miniauditório 7 (15/08/2017)

Revista Brasileira de Geografia Física

1 - Agrometeorologia

AG-319: REGIME DE ACOPLAMENTO PLANTA-ATMOSFERA EM LAVOURAS DE MILHO CULTIVAS EM DUAS ÉPOCAS . Tamires T. Souza; Vitor J. M. Bianchini; Murilo S. Vianna; Fábio R. Marin;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

AG-491: ÍNDICES CLIMÁTICOS E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO ENTORNO DE MANAUS. Isaac C. Antonio;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

AG-559: EMISSÃO DE CO₂ EM CULTURAS DE SOJA E ARROZ IRRIGADO - SAFRA 2013/2014 - RS. Gustavo C. Monteiro; Graciela R. Fischer; Leonardo J. G. Aguiar; Walkyria B. Scivittaro; Lucas F. C. Conceição;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

10 - Mudanças Climáticas

MC-597: COQUETÉIS VEGETAIS E SISTEMAS DE MANEJO ALTERANDO A QUALIDADE DO SOLO E PRODUTIVIDADE DA MANGUEIRA . Vanderlise Giongo; Sheila S. Brandão; Alessandra M. Salviano; Nelci Olszewski;
Local de apresentação: Hall Superior (16/08/2017)

11 - Desertificação

DS-471: PROJEÇÃO DA SUSCETIBILIDADE A DESERTIFICAÇÃO EM PERNAMBUCO UTILIZANDO O MODELO HADGEM-ES . Thalyta S. Santos; Aline A. Castro; Allan R. Silva; Daniel É. Queiroz; Thieres G. F. Silva;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

4 - Estatística e Modelagem Agrometeorológica

EM-057: ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DO MILHO NAS DIFERENTES MESORREGIÕES DO ESTADO DE ALAGOAS. João P. G. Nobre; Hugo C. Almeida; Laurizio E. Ribeiro; Fabrício D. S. Silva;
Local de apresentação: Hall Superior (17/08/2017)

6 - Meteorologia e Climatologia

MC-130: DESTREZA DE DOIS MODELOS CLIMÁTICOS GLOBAIS EM PREVER A CIRCULAÇÃO GERAL DA ATMOSFERA . Cássia G. Dias; Michelle S. Reboita; Lívia M. M. Dutra; Rosmeri P. Rocha;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

MC-232: OS BIOMAS E O CLIMA DAS CAPITAIS DO BRASIL. Elenice Fritzsos; Luiz E. Mantovani; Marcos S. Wrege;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

MC-253: ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA PARA DIFERENTES MESORREGIÕES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Rudah M. Maniçoba; José E. Sobrinho; Itala T. Guimaraes; Edmilson G. C. Junior; Tecla T. F. Silva;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

MC-356: QUANTIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NAS REGIÕES ECOCLIMÁTICAS DO RIO GRANDE DO SUL . Bernadete Radin; Ronaldo Matzenauer; Ricardo W. Melo; Marcos S. Wrege; Silvio Steinmentz;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

MC-400: DETECÇÃO DA ILHA DE CALOR URBANA EM MANAUS COM DADOS OBSERVADOS IN SITU. Nikolai S. Espinoza; Carlos A. C. Santos; Maria B. L. Oliveira;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

MC-543: CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO CENTRO SUL BAIANO. Weslei P. Oliveira; Marcos A. V. Silva; Silas A. Souza; Charles C. Santana; Adenilson R. O. Júnior;
Local de apresentação: Hall Superior (14/08/2017)

ONDAS DE CALOR E O DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA E DO MILHO EM CAMPOS NOVOS

Rosandro Boligon Minuzzi¹, Carolina do Amaral Frederico²

¹Meteorologista, Dr. Agrometeorologia, Professor Adjunto IV, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, E-mail: rbminuzzi@hotmail.com; ² Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, E-mail: carolinafrederico32@hotmail.com

RESUMO: As ondas de calor estão associadas a danos na saúde humana e a perdas no setor agrícola e industrial. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência de ondas de calor no desempenho agronômico do milho e da soja no município de Campos Novos, em Santa Catarina. Foi considerada uma onda de calor o período em que houve uma sequência de três ou mais dias com temperaturas mínimas e máximas maiores do que os seus respectivos percentis 90, obtidos por cada estação do ano. As simulações de produtividade, duração do ciclo, eficiência do uso da água na produtividade e o requerimento de irrigação das culturas foram feitas com o software Aquacrop 4.0 para os anos agrícolas de 1997/98, 2006/07 e 2010/11, devido à ocorrência de ondas de calor durante o ciclo das culturas considerando a semeadura em 1º de novembro. As ondas de calor com durações como as observadas e que ocorram em qualquer fase fenológica não são suficientes para influenciar de forma significativa o desempenho agronômico do milho e da soja nas condições climáticas de Campos Novos.

PALAVRAS-CHAVE: estresse térmico, produtividade, irrigação.

HEAT WAVES AND THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF SOYBEAN AND MAIZE IN CAMPOS NOVOS

ABSTRACT: Heat waves are associated with damage to human health and losses in the agricultural and industrial sector. This study aimed to evaluate the influence of heat waves on the agronomic performance of maize and soybean in Campos Novos, Santa Catarina. It was considered a heat wave the period in which there was a sequence of three or more days with minimum and maximum temperatures higher than their respective 90th percentiles, obtained for each season of the year. The simulations of yield, cycle duration, water use efficiency and crop irrigation requirement were done with the Aquacrop 4.0 software for the 1997/98, 2006/07 and 2010/11 agricultural years, due to the occurrence of heat waves during the crop cycle considering sowing on November 1st. Heat waves with durations such as those observed and occurring at any phenological stage are not sufficient to significantly influence the agronomic performance of maize and soybean under the climatic conditions of Campos Novos.

KEY-WORDS: thermal stress, yield, irrigation.

INTRODUÇÃO

Apesar de não haver uma unanimidade, entende-se por onda de calor um período consecutivo em que a temperatura máxima diária é anormalmente superior ao valor médio para aquela época do ano (CUNHA; LEAL, 2013). Embora possam ocorrer em qualquer época do ano é no verão que se manifestam com maior frequência e intensidade, coincidindo com o principal período de cultivo de grãos como da soja e do milho. Para a cultura do milho, altas temperaturas podem reduzir a assimilação líquida das plantas, devido à maior perda por respiração. É frequente a redução do rendimento dos grãos de milho em regiões com verões quentes, devido às temperaturas elevadas. Sendo assim, é provável que a ocorrência de ondas de calor no ciclo da cultura influencia de forma negativa no potencial produtivo das plantas.

Já para a soja, a maturação pode ser acelerada devido à ocorrência de altas temperaturas e alta umidade, prejudicando a qualidade das sementes. Da mesma forma, temperaturas altas com baixa umidade causam enrugamento das sementes, que acabam sofrendo danos mecânicos na colheita.

As ondas de calor no período de 1980 a 2003 foram atribuídas por prejuízos industriais e agrícolas na ordem de bilhões de dólares por evento nos Estados Unidos (ROSS; LOTT, 2003). Diante disso, surge a questão do quanto uma onda de calor pode afetar o desenvolvimento de uma cultura. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a influência de ondas de calor no desempenho agrônômico do milho e da soja no município de Campos Novos, em Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados diários de temperatura máxima, mínima e de chuva de 1997 a 2011 da estação meteorológica de Campos Novos (latitude 27,4° S, longitude 51,22° W e altitude 934 m), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O período de análise foi de 1° de novembro a 10 de abril por envolver o ciclo do milho e da soja, considerando a primeira data de novembro como a de semeadura para ambas as culturas.

Foi considerada uma onda de calor o período em que houve uma sequência de três ou mais dias com temperaturas mínimas e máximas maiores do que os seus respectivos percentis 90, obtidos por cada estação do ano. As simulações do desempenho das culturas foram feitas com o uso do software Aquacrop 4.0 para os anos agrícolas de 1997/98, 2006/07 e 2010/11, devido à ocorrência de ondas de calor durante o período considerado para o ciclo das culturas (Tabela 1). Para os referidos anos, foram feitas duas simulações para cada cultura: 1) considerando as condições meteorológicas no período; e 2) substituindo as temperaturas mínima e máxima do ar durante as ondas de calor pelas respectivas normais climáticas do mês em que se observou o evento meteorológico.

Tabela 1. Identificação dos períodos de ocorrência de ondas de calor nos anos de 1997/98, 2006/07 e 2010/11 durante o ciclo do milho e da soja semeados em 1° de novembro

	Ondas de calor (duração)	
1997/1998	8 a 12/nov/1997 (5 dias)	4 a 10/mar/1998 (7 dias)
2006/2007	5 a 8/mar/2007 (4 dias)	25 a 31/mar/2007 (7 dias)
2010/2011	2 a 6/fev/2011 (6 dias)	

Quanto ao desempenho agrônômico do milho e da soja, foram obtidos dados de produtividade (ton/ha), duração do ciclo após a germinação (dias), eficiência no uso da água na produtividade por água evapotranspirada (kg/m^3) e o requerimento de irrigação líquida (mm).

Para o uso do AquaCrop 4.0 foram utilizados como dados de entrada, os parâmetros meteorológicos, características do solo e da cultura e informações sobre o manejo do solo. As informações exigidas no software mais influentes no desempenho agrônômico são descritas a seguir:

A precipitação efetiva foi determinada pelo método do USDA Soil Conservation Service (USDA-SCS), enquanto a evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada com uso do software Cropwat 8.0 aplicando os dados de temperatura do ar na metodologia proposta Penman-Monteith (Padrão FAO-1998). As demais variáveis meteorológicas necessárias para a estimativa da ET_o foram estimadas mediante os procedimentos sugeridos por Allen et al. (1998).

Foi considerada a densidade de plantas da soja e do milho de 333 mil plantas/ha e 75 mil plantas/ha e a profundidade máxima do sistema radicular efetivo como sendo 70 cm e 100 cm, respectivamente.

Para o cálculo dos graus-dias acumulado (GDA) foi utilizado o método proposto por MacMaster e Wilhelm (1997), com a modificação de que nenhum ajuste é feito a temperatura mínima quando ela fica abaixo da temperatura basal inferior. O acúmulo térmico necessário para as culturas atingirem determinadas fases fenológicas e, conseqüentemente, a duração do ciclo, a partir da semeadura, foi obtido o software pela primeira vez, considerando a duração dos estádios fenológicos em dias para uma cultivar de soja de ciclo médio do milho de ciclo precoce. Após, os parâmetros foram convertidos automaticamente em unidades térmicas baseada no conceito dos graus dia (GD).

As simulações foram feitas para o tipo de solo predominante na região em estudo (Latossolo Bruno). Fazendo uma referência ao 'plantio direto', levou-se em conta que o solo possuía uma cobertura de 85% de matéria orgânica. Foi desconsiderada a existência de estresse por salinidade e/ou fertilidade do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho agrônômico do milho e da soja considerando os dados de temperatura registrados (Tabela 2), na comparação com os anos em que os dados de temperatura durante as ondas de calor foram substituídos pelas médias climáticas (Tabela 3) foram semelhantes. Isto é, com os dados de temperatura do ar inalterados durante as ondas de calor, as produtividades do milho e da soja foram, respectivamente, de 1% a 12% e de 9% a 17% superiores (Tabela 2) em relação às simulações feitas substituindo as temperaturas durante as ondas de calor pelas médias climáticas mensais (Tabela 3). Os motivos para tal desempenho pode ter relação com a maior duração do ciclo e, principalmente, pela melhor eficiência no uso da água na produtividade por água evapotranspirada (EUA). A relação da produtividade com a duração do ciclo pode ficar em segundo plano, pois em algumas situações como em 1997/1998 a duração dos ciclos do milho e da soja foi igual em ambas as simulações e para a soja, no ano agrícola de 2006/07 o ciclo foi até menor na situação em que se mantiveram as temperaturas registradas durante as ondas de calor.

Tabela 2. Produtividade (ton/ha), duração do ciclo (dias), EUA (Kg/m³) e requerimento de irrigação líquida (mm) para o milho e a soja semeados em 1º de novembro em períodos com ocorrência de onda de calor em Campos Novos

Milho	1997/98	2006/07	2010/11
Produtividade	13.627	14.000	13.502
Duração do ciclo	125	126	132
EUA	2,56	2,83	2,73
Irrigação líquida	6,1	6,0	46,6
Soja	1997/98	2006/07	2010/11
Produtividade	3.854	3.718	3.818
Duração do ciclo	140	137	146
EUA	0,62	0,67	0,69
Irrigação líquida	0	0	44,8

Tabela 3. Produtividade (ton/ha), duração do ciclo (dias), EUA (Kg/m³) e requerimento de irrigação líquida (mm) para o milho e a soja semeados em 1º de novembro desconsiderando a ocorrência de onda de calor em Campos Novos

Milho	1997/98	2006/07	2010/11
Produtividade	13.580	13.400	11.900
Duração do ciclo	125	122	122
EUA	2,50	2,77	2,58
Irrigação líquida	6,2	5,9	43,3
Soja	1997/98	2006/07	2010/11
Produtividade	3.519	3.326	3.158
Duração do ciclo	140	138	138
EUA	0,57	0,60	0,59
Irrigação líquida	0	0	45

As simulações com desempenho agrônômico mais semelhante foi no ano agrícola 1997/98, justamente o que teve mais “dias de calor” (12 dias), contabilizando as duas ondas de calor (Tabela 1). Na contrapartida, no ano agrícola de 2010/11 houve as maiores diferenças no desempenho das culturas, apesar de ter sido o único ano em

que ocorreu apenas uma onda de calor e com seis dias de duração (Tabela 1). Pressupõe que ondas de calor com durações como as observadas e que ocorram em qualquer fase fenológica não sejam suficientes para influenciar de forma significativa o desempenho agronômico do milho e da soja, isto é, estão mais atreladas as condições e eventos meteorológicos observados no restante do ciclo. Outro exemplo que sustenta esta afirmação é o requerimento de irrigação que praticamente foi igual entre as simulações, mesmo com as diferentes temperaturas utilizadas nas simulações durante as ondas de calor que influencia na evapotranspiração das culturas. Ressalta-se que apenas a temperatura mínima e máxima do ar foram alteradas, pois não sabe-se ao certo qual o comportamento dos demais elementos climáticos durante uma onda de calor, ou seja, em um “dia de calor” pode-se haver registros de chuva, assim como, haver onda calor úmida ou seca (DING; KE, 2015). As utilizações de outros critérios para identificar ondas de calor, eventos com maior duração, regiões onde as condições climáticas no verão já são elevadas para a ‘temperatura ótima’ de culturas que venham a agravar-se durante uma onda de calor, podem resultar em danos mais expressivos na agricultura, como as ondas de calor que ocorreram na Europa em 2003, com temperaturas acima de 3°C em relação à média climática do período, que resultou em secas generalizadas, perdas na agricultura e mais de 22 mil mortes relacionadas ao calor (CHRISTOPH; GERD, 2004).

CONCLUSÕES

As ondas de calor com duração de quatro a sete dias em qualquer fase fenológica do milho e da soja não tiveram influência expressiva no desempenho agronômico das culturas na região de Campos Novos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina pela concessão de bolsa para a segunda autora.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration**. Rome: FAO, 1998. 297p. (Irrigation and Drainage Paper, nº 56).
- CHRISTOPH, S.; GERD, J. Hot news from summer 2003. **Nature**, v.432, p.559-560, 2004.
- CUNHA, L.; LEAL, C. Ondas de calor e ondas de frio no município de Torres Novas. **Cadernos de Geografia**, n.32, p. 81-93, 2013.
- DING, T.; KE, Z. Characteristics and changes of regional wet and dry heat wave events in China during 1960–2013. **Theoretical Applied Climatology**, v.122, p.651–665, 2015.
- McMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 87, p. 291-300, 1997.
- ROSS, T.; LOTT, N. **A climatology of 1980-2003 extreme weather and climate events**. National Climatic Data Center Tech. Rep. 2003-01, 14 p.

INITIAL SOIL WATER CONTENT FOR SOYBEAN SOWING AND EFFECTS ON YIELD IN MATO GROSSO, BRAZIL

Rafael Battisti¹, Paulo Cesar Sentelhas²

¹Pós-doutorando, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, r.battisti@hotmail.com; ² Prof. Associado, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, pcsentel.esalq@usp.br

ABSTRACT: Mato Grosso state has its climate characterized by a rainy summer and dry winter. The end of dry period defines the beginning of soybean sowing, which can occur at lower soil water content, which will affect yield. Based on that, the aim of this study was to evaluate the response of soybean yield to the initial soil water content for different sowing dates in Mato Grosso state, Brazil. The crop model used to simulate soybean yield was the CSM-CROPGRO-Soybean, which has as inputs climate, soils and cultivar characteristics. The simulations were performed for 55 growing seasons for the sowing dates of 01 Sep, 15 Sep, 01 Oct, 15 Oct, 01 Nov, 15 Nov, 01 Dec and 15 Dec. Eleven levels of initial soil water content were considered, from 0% (permeant wilting point) to 100% of soil water holding capacity, in 10% interval. The initial soil water content affected soybean yields for sowing at 01 Sep, which requires a minimal initial soil water content of 70-80%, and at 15 Sep, which requires about 60%. For the other sowing dates, the yield was similar for any initial soil water content. Soybean yield was always lower at the sowing dates in September, showing that early sowings have higher risk, requiring attention from farmers. It indicates that a double cropping in these locations, with early soybean sowing, will depend on the soybean and second crop (soybean, maize or cotton) profitability.

KEY-WORDS: Early sowing; rainfall; crop model.

CONTEÚDO INICIAL DE ÁGUA NO SOLO E SEUS EFEITOS NA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM MATO GROSSO, BRASIL

RESUMO: O estado do Mato Grosso tem o clima caracterizado por verão chuvoso e inverno seco. O fim da estação seca define o início da semeadura da soja, a qual pode ocorrer com baixo conteúdo de água no solo, afetando a produtividade. Com base nisso, objetivou-se com este estudo avaliar a resposta da produtividade da soja para o conteúdo inicial de água no solo em diferentes datas de semeadura para o estado do Mato Grosso, Brasil. O modelo de simulação utilizado foi o CSM-CROPGRO-Soybean, o qual tem como variáveis de entrada dados climáticos, de solos e características das cultivares. As simulações foram realizadas para 55 safras, para as seguintes datas de semeadura: 01/Set, 15/Set, 01/Out, 15/Out, 01/Nov, 15/Nov, 01/Dez e 15/Dez. Foram considerados 11 níveis de conteúdo inicial de água no solo, variando de zero (ponto de murcha permanente) a 100% (capacidade de campo), em intervalos de 10%. O conteúdo inicial de água no solo afetou a produtividade para as semeaduras de 01/Set, requerendo o conteúdo mínimo para semeadura de 70-80%, e de 15/Set, requerendo um mínimo de 60%. Para as demais datas de semeadura não houve efeito do conteúdo inicial de água no solo. As datas de semeadura de 01/Set e 15/Set resultaram nas menores produtividades em comparação às demais datas. Assim, para justificar a semeadura antecipada da soja, em um sistema de sucessão com outra cultura (soja, milho ou algodão) há a necessidade de se avaliar as suas rentabilidades.

PALAVRAS-CHAVES: Semeadura antecipada; chuva; modelos de simulação.

INTRODUCTION

Soybean was grown in 33.9 million hectares in the 2016/17 growing season in Brazil (CONAB, 2017). From the total soybean area, Mato Grosso state represent 27%, being the first state in area and production. In this state, there are two types of climate following Köppen's classification: Am (Tropical zone monsoon); and Aw (Tropical zone with dry winter) (ALVARES et al., 2013). These climate types are characterized by a rainy summer and dry winter. The well-distributed rainfall during the summer leads to good conditions for soybean growth, resulting in low yield gap and yield variability (SENTELHAS et al., 2015).

Although rainfall is enough during soybean growth, the start of sowing is define by the beginning of rainfall season, just after the dry period in the winter, which defines soil water content (BATTISTI; SENTELHAS, 2014; QIN et al., 2013). The lower soil water content affects the soybean establishment, making crop unable to emerge, penalizing soybean growth (FARIAS et al., 2009).

Currently, farmers are using a crop system with two crops (soybean-soybean, soybean-maize or soybean-cotton), which require an early soybean sowing to make possibly the second crop (KAPPES, 2015). Because of that, the soybean sowing has been done with low soil moisture or just after the first rainfalls, normally not enough to guarantee crop establishment. These conditions create a high-risk scenario, for both obtaining high crop yields and profitability, requiring sometimes re-sowing (REZENDE et al., 2003) or penalizing final yield (FARIAS et al., 2009; SENTELHAS et al., 2015).

The beginning of the rainfall season varies from year to year as a function of multiscale climate factors and the forecast of that has poor accuracy, with high rainfall spatial variability, affecting the soil water availability (SOUZA et al., 2013). To minimize such problem, a probabilistic analysis can be done by using at least 30 years of record weather data coupled with crop models to simulate soybean yields with different initial soil water availability to the crop (EGLI; CORNELIUS, 2009; BATTISTI et al., 2017). Based on that, the aim of this study was to evaluate soybean yield under different initial soil water content under different sowing dates for Tapurah and Poxoréo, Mato Grosso state, Brazil.

MATERIAL AND METHODS

The sites select for this study were Tapurah (lat: -12.20°; long: -56.50°; above sea level: 415 m) and Poxoréo (lat: -15.83°; long: -54.38°; above sea level: 360 m), Mato Grosso state, Brazil (Figure 1). The sites are located in the main soybean production region in the state (Figure 1). Tapurah had a production area of 170,000 ha with an average yield of 3,037 kg ha⁻¹, while Poxoréo had 58,000 ha with an average yield of 3,120 kg ha⁻¹, both for growing season 2014/15 (IBGE, 2017).

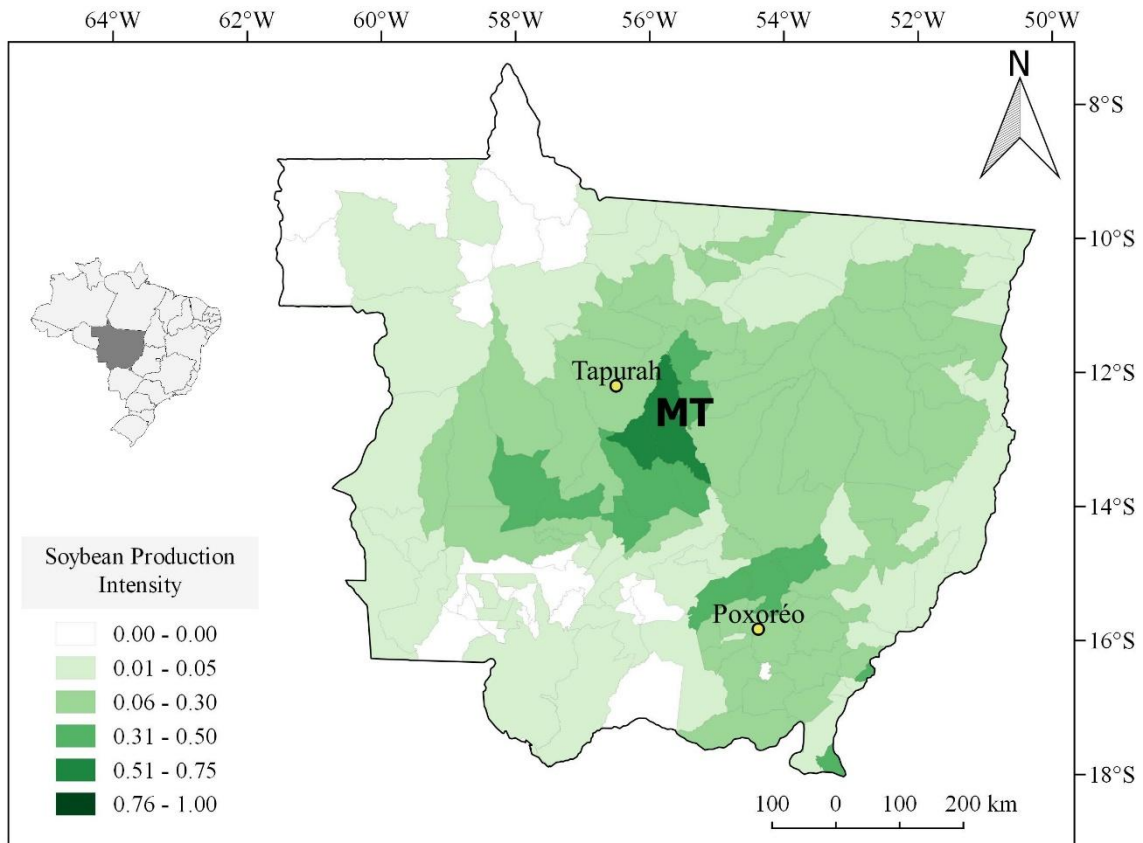


Figure 1. – Sites used in the soybean crop simulations and the distribution of production area during the 2014/2015 growing season in Mato Grosso state, Brazil. The values in the legend represent the decimal part of a pixel cultivated with soybean. Adapted from IBGE (2017).

For these sites, weather data were obtained from 1961 to 2016, totaling 55 growing seasons, including rainfall, solar radiation, maximum and minimum air temperature, wind speed and relative humidity. These data were obtained from the Brazilian Meteorological Service (INMET) and Brazilian Water Agency (ANA). Details about the climate Köppen's classification of each location can be obtained in Alvares et al. (2013). The sites are characterized by a period with water deficit from May to September (Figure 2), when reference evapotranspiration is higher than rainfall. From October to April, there is water surplus, when rainfall is higher than reference evapotranspiration (Figure 2). This weather conditions can affect early soybean sowing in September, when water deficit still occurs, once the rainy season just starts in October (Figure 2).

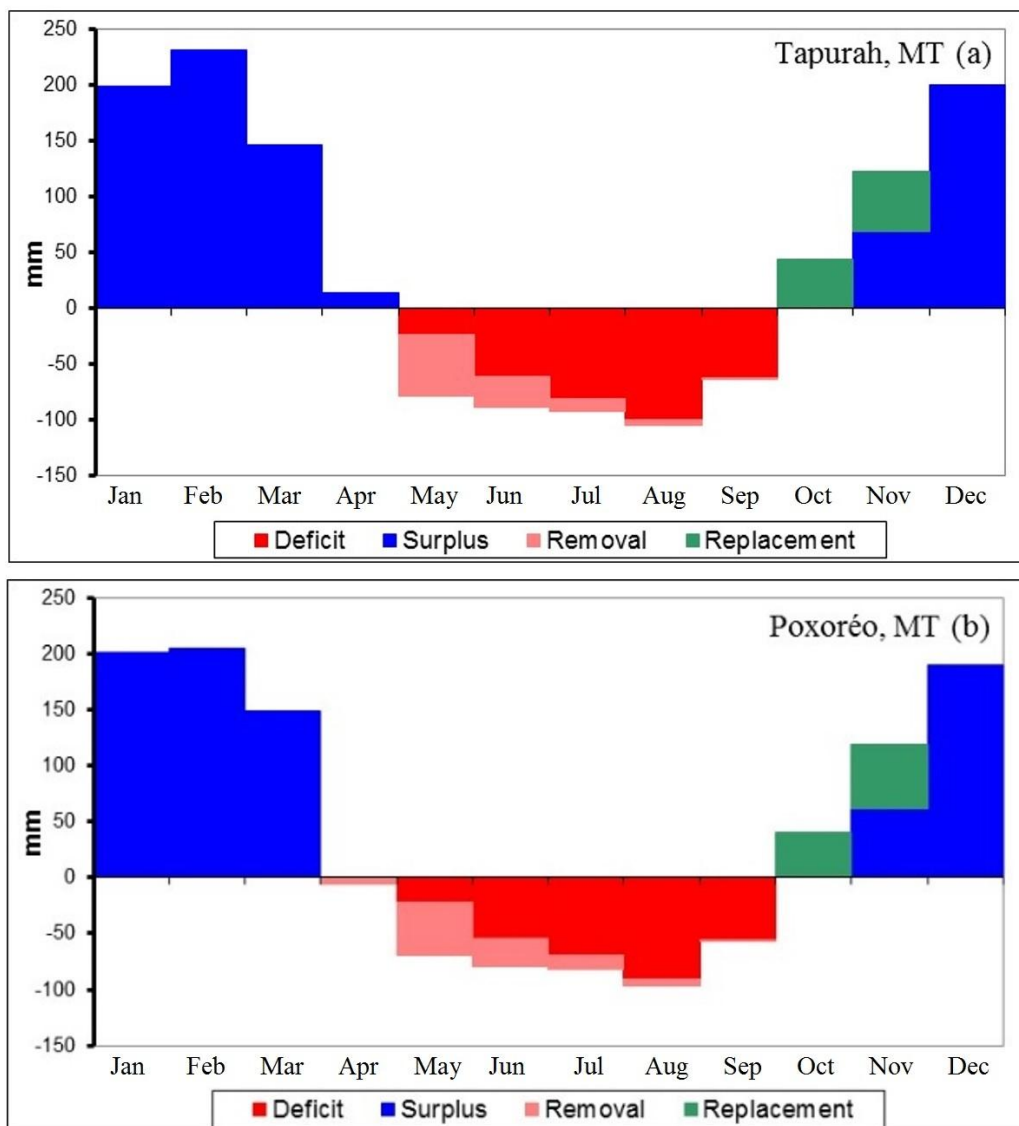


Figure 2. Climatological water balance of Thornthwaite and Mather (1955), with water deficit and surplus, removal and replacement of water in the soil along the year for Tapurah (a) and Poxoréo (b). The soil water holding capacity consider in the simulation was of 100 mm. The acronyms are: January (Jan), February (Feb), March (Mar), April (Apr), May (May), Jun (June), July (Jul), August (Aug), September (Sep), October (Oct), November (Nov) and December (Dec).

CSM-CROPGRO-Soybean (BOOTE et al., 2003), which is part of the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) (JONES et al. 2003), was the crop model used to simulate soybean yields. The parameters and coefficients for soybean crop were obtained from Battisti (2016) and Battisti et al. (2017), who calibrated this crop model for Brazilian conditions. In the simulations, the reference evapotranspiration was estimated by Penman-Monteith FAO 56 method (ALLEN et al., 1998) and infiltration of water into the soil by the soil conservation service method through the soil curve number (SOIL CONSERVATIONS SERVICE, 1972). The Ritchie tipping-bucket approach for soil water balance (RITCHIE, 1998), with Suleiman-Ritchie approach (SULEIMAN; RITCHIE, 2003) for soil evaporation, was

used, while the leaf-level photosynthesis response approach was used to simulate soybean photosynthesis (BOOTE; PICKERING, 1994).

For obtaining soybean yield, the crop model requires information about sowing date and the initial soil water content at the beginning of simulation. For this, eight sowing dates were considered to simulate soybean yield, being 01 Sep, 15 Sep, 01 Oct, 15 Oct, 01 Nov, 15 Nov, 01 Dec and 15 Dec. In each sowing date was considered 11 levels of initial soil water content, being 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100%. It means that when soil water available is 0%, the soil water content is at the permanent wilting point, while when it is 100%, the soil water content is at field capacity. The initial soil water content values were considered at one day before sowing dates using a sandy-clay soil type. This soil has 41, 11 and 48%, respectively, of clay, silt and sand content, and water content point of 0.44, 0.26, 0.16 cm cm⁻³, respectively, for saturation, field capacity and permanent wilting point.

The soybean yield was submitted to an analysis of variance (ANOVA) considering sites, sowing dates and levels of initial soil water content, where the 55 (1961-2015) growing seasons were the replications. After that, the Tukey test was applied independently for each site and sowing date to identify until which level of initial soil water content penalizes soybean yield. The Tukey test also was applied for identifying the best sowing dates using initial soil water content of 80%. The yield was graphed considering the percentiles of 10, 25, 50, mean, 75 and 90%, and each outlier, associated with Tukey results. After that, it was selected two growing seasons by site, being those for the best and worst yields, to analyze the accumulated rainfall after 1 Sep.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Based on the results of analysis of variance (ANOVA) can be observed a statistical difference ($p < 0.001$) between two sites and for the interaction between sowing dates (SD) and initial soil water content (IW) (Table 1). Based on that, ANOVA test was applied individually by site and by sowing date to evaluate if initial soil water content affected soybean yield. Soybean yield is affected significantly only in early sowing dates, 01 Sep and 15 Sep, by initial soil water content for Tapurah and Poxoréo (Table 1). These results are related to the climate patterns of these two sites (ALVARES et al., 2013) and by the water deficit during September (SOUZA et al., 2013), once the soil water recharge in these regions just begins in October (Figure 2).

Table 1. Analysis of variance for site, sowing date (SD), initial soil water content (IW) and their interactions, and for initial soil water by sowing date in Tapurah and Poxoréo, MT.

Analysis of variance					
Factor	ANOVA (<i>p</i> value)		Factor	ANOVA (<i>p</i> value)	
Site	<0.0001		IW	<0.0001	
SD	<0.0001		IW * SD	<0.0001	
ANOVA to IW by SD					
Sowing date	Tapurah	Poxoréo	Sowing date	Tapurah	Poxoréo
	<i>p</i> value			<i>p</i> value	
01 September	<0.0001	<0.0001	01 November	1.0000	0.9998
15 September	<0.0001	<0.0001	15 November	1.0000	0.9967
01 October	0.5141	0.9504	01 December	1.0000	0.9977
15 October	1.0000	1.0000	15 December	1.0000	1.0000

Based on the statistical analysis, the simulated yields were graphed in percentile level for Tapurah (Figure 3) and Poxoréo (Figure 4) for four sowing dates as function of initial soil water content. In Tapurah, initial soil water contents above of 70% have similar yield performance, based on the Tukey test, for all sowing dates, whereas below initial soil water content of 40% the September sowing dates present a higher yield variability (Figure 3a). For the percentile of 90%, which indicates wetter crops seasons, it is possible to observe that yields are similar for all initial soil water contents, showing that in some growing seasons the rainfall can start earlier, making possible early sowing, although under a higher risk and uncertainty (BATTISTI; SENTELHAS, 2014).

For 15 Sep in Tapurah, the best performance is obtain for initial soil water contents above 60%, while below 30% soybean yields varied considerably (Figure 3b). For sowing at 01 Oct, there is no statistic difference between initial soil water contents (Table 1; Figure 3c), but for some water-limited growing seasons (lower outliers), the yields were penalize for initial soil water content below 40%. For sowings after 15 Oct, there is no effect of initial soil water content on yields, even for drier growing seasons. Such results show that late sowing dates (after 1 Oct) can be done even with lower initial soil water content.

For Poxoréo, in the sowing date of 01 Sep, it is require initial soil water contents above 80% to obtain yields similar to 100% condition, while the poor performance is obtain when the sowing was simulated with initial soil water contents below 40% (Figure 4a). These results are very similar to Tapurah, except because Poxoréo required a higher value for initial soil water content to maximum yield, 80% against 70% of Tapurah. Poxoréo also has lower yield outliers than Tapurah for the drier growing seasons (Figure 3a and 4a). Sentelhas et al. (2015) found that Tapurah had half of the yield gap by water deficit than in Poxoréo region, indicating that this last site had more water-limited conditions for soybean crop.

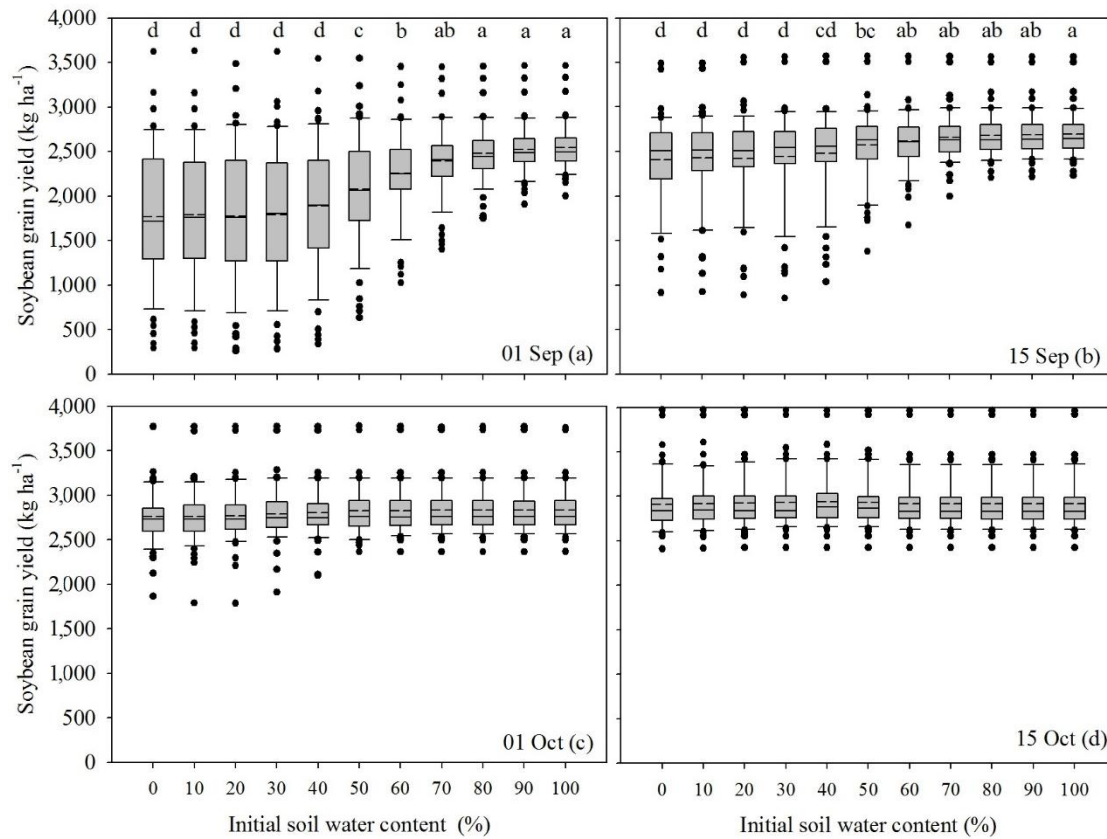


Figure 3. Soybean yield simulated for different initial soil water contents for sowings in 01 Sep (a), 15 Sep (b), 01 Oct (c) and 15 Oct (d) for Tapurah, Mato Grosso state, Brazil. The bars indicate the percentiles of 10, 25, 50 (solid line), mean (dashed line), 75, 90%, while the black points are the outliers. The letters compare yield for initial soil water contents in each sowing date. The initial soil water content with the same letter are not statistically different by Tukey test at 1% Level for figure 3a and 3b.

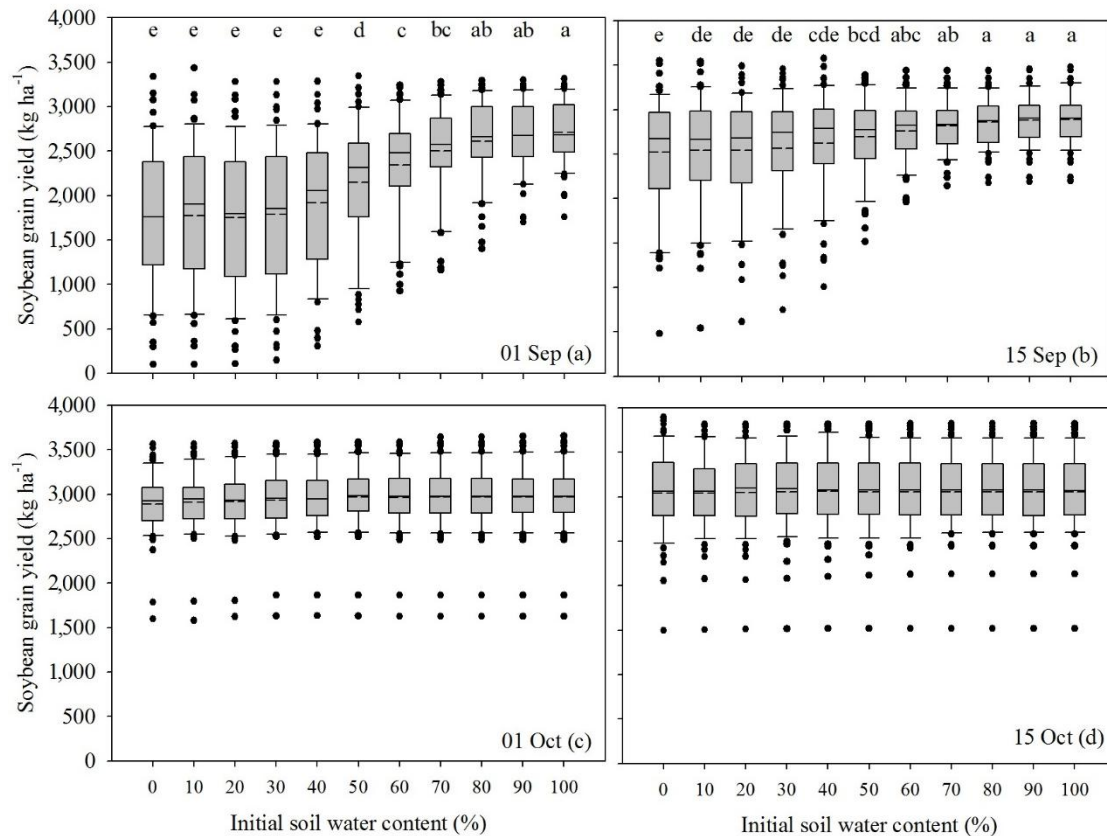


Figure 4. Soybean yield simulated for different initial soil water contents for sowings in 01 Sep (a), 15 Sep (b), 01 Oct (c) and 15 Oct (d) for Poxoréo, Mato Grosso state. The bars indicate the percentiles of 10, 25, 50 (solid line), mean (dashed line), 75, 90%, while the black points are the outliers. The letters compare yield for initial soil water contents in each sowing date. The initial soil water content with the same letter are not statistically different by Tukey test at 1% Level for figure 3a and 3b.

When the sowing date simulated in Poxoréo was 15 Sep, initial soil water contents above of 60% is require for obtaining similar yields to 100% condition, while for the worst conditions, the initial soil water contents below 50% have similar yields (Figure 4b). For the sowing date of 01 Oct (Figure 4c) and 15 Oct (Figure 4d), the yields for different initial soil water contents are similar, with very close values for all percentiles, although with a higher range than Tapurah. This occurs mainly due to the higher water deficit in Poxoréo in relation to Tapurah (SENTELHAS et al. 2015; SOUZA et al., 2013). For final soybean yield, initial soil water content show to be an important factor for the early sowing dates, 01 Sep and 15 Sep, where a minimum water content in the soil is require for obtaining similar yields than sowing done under field capacity. The soil water recharge is important to supply crop water demand till rainfall could be enough to overcome crop evapotranspiration (QIN et al., 2013), which for these two sites normally starts in average in October (Figure 2).

The establishment and vegetative periods are not the more sensitivity for soybean yield (BATTISTI; SENTELHAS, 2015), but water deficit at these stages can result in a lower vegetative growth (BATTISTI et al., 2017), lower nitrogen fixation (SINCLAIR et al., 2007) and reduction of reproductive time (SPECHT et al., 2001), leading to a lower potential yield (VAN ROEKEL et al., 2015). The effects of limiting water at the beginning of soybean cycle, represented by rainfall accumulated from 01

Sep, are presented for the growing seasons with the lower and the higher soybean yields in Tapurah and Poxoréo (Figure 5). For the best condition, assuming a sowing date of 01 Sep, in two weeks the rainfall accumulated more than 50 mm, which was enough for crop establishment. After one month (01 Oct), the accumulated rainfall reached near 100 mm. For this case, the final yields were 3,625 kg ha⁻¹ and 3,337 kg ha⁻¹, respectively, for Tapurah and Poxoréo.

In the lower yield condition, no significant rainfall amount was observed till 01 Oct, and after that a minimum of 100 mm was accumulated till 45 and 60 days after sowing, respectively, to Tapurah and Poxoréo. These limiting conditions resulted in the final yields of 293 kg ha⁻¹ and 99 kg ha⁻¹, respectively, for Tapurah and Poxoréo, which highlights the importance of initial soil water content before sowing. Rezende et al. (2003) verified that there is no yield penalization when soybean seeds are in a dry soil if this condition is lower than 14 days.

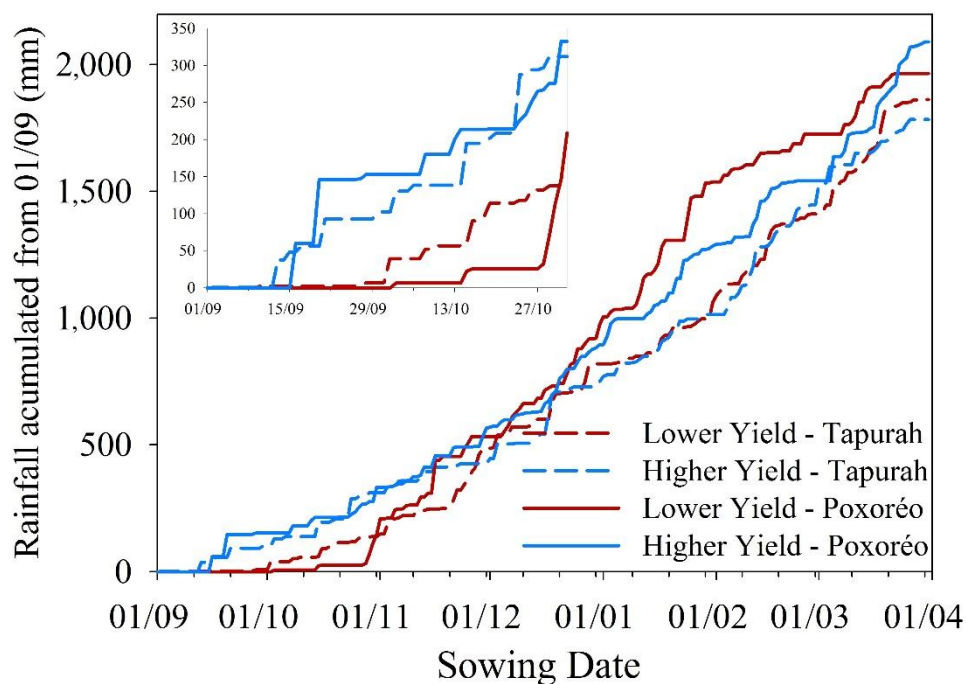


Figure 5. Rainfall accumulated from 01/09 for the higher and lower yield in Tapurah and Poxoréo, MT, considering an initial soil water content of 0%. For Tapurah, the lower and higher yields were obtained, respectively, in 1973/74 and 1966/67 growing seasons, and for Poxoréo, lower and higher yields were obtained, respectively, in 1961/62 and 1980/81 growing seasons. The upper-left graph is the zoom for the period from 01/09 to 31/10.

The farmers tend to prefer to sow soybean as earlier as possible to make possible to grow a second crop (KAPPES, 2015), even under a higher risk when rainfall delays. When comparing the yield levels for different sowing dates at 80% of initial soil water content, the sowing done in 01/Sep have the worst performance for Poxoréo (6a) and Tapurah (Figure 6b) in comparison to other dates, followed by 15 Sep and 01 Oct. In Poxoréo, the best sowing date is 01 Dec, with similar performance for 15 Nov and 15 Dec (Figure 6a). In Tapurah, the sowing dates of 01 Nov, 15 Nov and 01 Dez have the better performance for soybean yield (Figure 6b). The results showed in Figure 6

indicate that it is important to consider a sowing date with higher yield level, which agree with no requirement of initial soil water content (Figure 3 and 4).

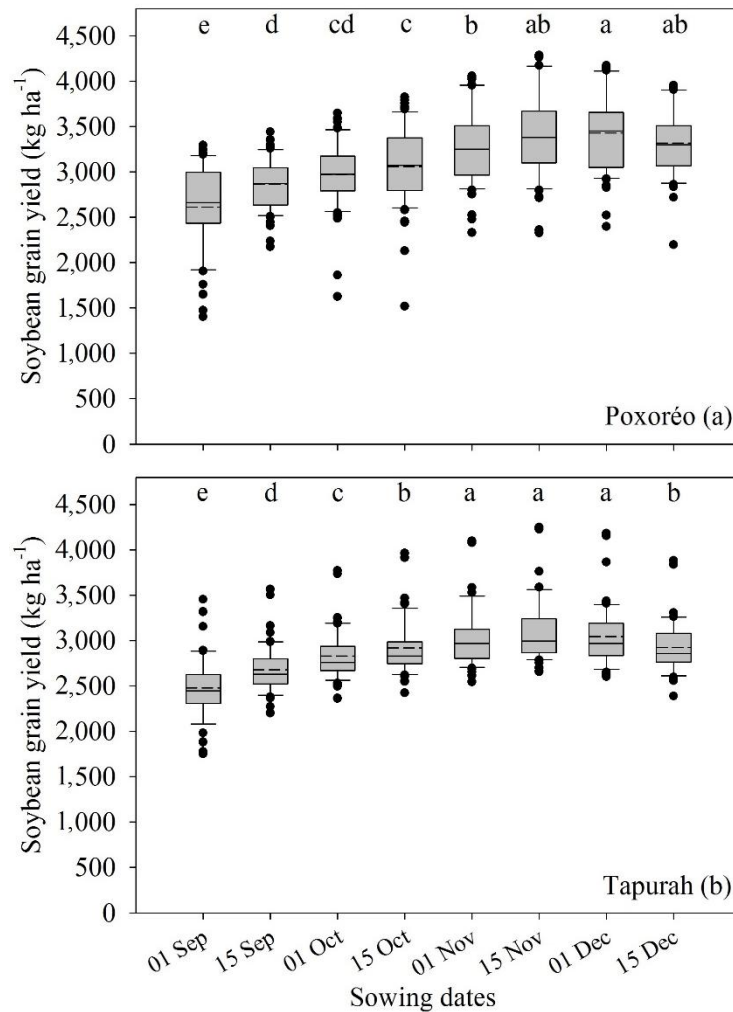


Figure 6. Soybean yield for different sowing dates in Poxoréo (a) and Tapurah (b), using an initial soil water content of 80%. The bars indicate the percentiles of 10, 25, 50 (solid line), mean (dashed line), 75, 90%, while the black points are the outliers. The letters compare yield for initial soil water content in each sowing date, where initial soil water content with same letter are not statistically different by Tukey test at the level of 1%.

CONCLUSIONS

The initial soil water content affected soybean yield in the sowing dates of 01 Sep and 15 Sep, due to different amount and time of rainfall after dry period. For other sowing dates, there is no effect of initial soil water content on soybean yield. The early sowing dates are of higher risks because the effects of initial soil water content and lower yield in compare with medium and late sowing dates. To have a better idea of the risks involved with soybean early sowing is necessary to evaluate the profitability of this procedure, including the values aggregated by the second crop.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Brazilian Research Council (CNPq) for the support to this study through a post-doc scholarship for the first author (Process N° 152868/2016-0) and research fellowship for the second author (Process N° 300582/2013-7).

REFERENCES

ALLEN, G.R. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, p. 711-728, 2013.

BATTISTI, R. **Calibration, uncertainties and use of soybean crop simulation models for evaluation strategies to mitigate the effects of climate change in Southern Brazil**. Thesis (PhD in Agricultural Systems Engineering) – Luiz de Queiroz College of Agriculture, University of São Paulo, Piracicaba, 2016.

BATTISTI, R. et al. Assessment of soybean yield with altered water-related genetic improvement traits under climate change in Southern Brazil. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 83, p. 1-14, 2017.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P.C. Drought tolerance of Brazilian soybean cultivars simulated by a simple agrometeorological yield model. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 51, p. 285-298, 2015.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P.C. New agroclimatic approach for soybean sowing dates recommendation: a case study. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 1149-1156, 2014.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P.C.; BOOTE, K.J. Inter-comparison of performance of soybean crop simulation models and their ensemble in southern Brazil. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 200, p. 28-37, 2017.

BOOTE, K.J. et al. Genetic coefficients in the CROPGRO-Soybean model: Link to field performance and genomics. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, p. 32-51, 2003.

BOOTE, K.J.; PICKERING, N.B. Modeling photosynthesis of row crop canopies. **HortScience**, Alexandria, v. 29, p. 1423-1434, 1994.

CONAB. Growing seasons records: Soybean. (In Portuguese). Available from: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&> (accessed March 2017).

EGLI, D.B.; CORNELIUS, P.L. A regional analysis of the response of soybean yield to planting date. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, p. 330-335, 2009.

FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Soja. In: MONTEIRO, J.E.B.A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. cap. 15, p. 261-278.

IBGE. Produção agrícola. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

JONES, J.W. et al. The DSSAT cropping system model. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 18, p. 234-265, 2003.

KAPPES, C. Inserção do milho safrinha em sistemas de produção no Mato Grosso. In: FUNDAÇÃO MT. **Boletim de pesquisa 2015/2016**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta, 2015. cap. 6, p. 136-173.

QIN, W.; CHI, B.; OENEMA, O. Long-term monitoring of rainfed wheat yield and soil water at the loess plateau reveals low water use efficiency. **Plos One**, San Francisco, v. 8, p. 1-10, 2013.

REZENDE, P.M. de et al. Efeito da semeadura a seco e tratamento de sementes na emergência, rendimento de grãos e outras características da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 76-83, 2003.

RITCHIE J.T. Soil water balance and plant water stress. In: TSUJI, G.Y.; HOOGENBOOM, G.; THORNTON, K. **Understanding options of agricultural production**. Dordrecht: Kluwer Academic; International Consortium for Agricultural Systems Applications, 1998. p. 41-53.

SENTELHAS, P.C. et al. The soybean yield gap in Brazil: magnitude, causes and possible solutions for a sustainable production. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 153, p. 1394-1411, 2015.

SINCLAIR, T.R. et al. Drought tolerance and yield increase of soybean resulting from improved symbiotic N₂ fixation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 101, p. 68-71, 2007.

SOIL CONSERVATION SERVICE. Hydrology section 4. In: _____. **National engineering handbook**. Washington: USDA, NRCS, 1972. chap. 4/10.

SOUZA, A.P. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado do Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, p. 34-43, 2013.

SPECHT, J.E. et al. Soybean response to water: A QTL analysis of drought tolerance. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 493-509, 2001.

SULEIMAN, A.A.; RITCHIE, J.T. Modeling soil water redistribution during second-stage evaporation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 67, p. 377-386, 2003.

THORNTON, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, 1).

VAN ROEKEL, R.J. et al. Physiological and management factors contributing to soybean potential yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 182, p. 86-97, 2015.

ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO LÍQUIDA UTILIZANDO DADOS DE ESTAÇÕES CONVENCIONAL E AUTOMÁTICA

Marcus Willame Lopes Carvalho¹, Edson Alves Bastos², Aderson Soares de Andrade Junior²

¹Doutorando, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, marcuswillame@hotmail.com;

²Pesquisador, Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí, edson.bastos@embrapa.br, aderson.andrade@embrapa.br

RESUMO: Algumas estações meteorológicas não dispõem de sensores para medição direta da radiação líquida, portanto se faz necessário a estimativa desta variável por meio de equações empíricas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi comparar as estimativas da radiação líquida a partir de dados meteorológicos diários obtidos por estações convencionais (EMC) e automáticas (EMA) em Teresina-PI. Os dados analisados são do período de janeiro 2008 a dezembro 2013. A radiação líquida (R_n) foi estimada por uma equação desenvolvida para Teresina, com base em uma fração da radiação global (Q_o) ($R_n = 0,6914 * Q_o$), sendo que para a EMA a radiação global foi medida e para a EMC foi definida pela equação de Angström-Prescott. As comparações dos dados foram feitas por meio dos seguintes indicadores estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância de Willmott (d) e índice de confiança (c). Obteve-se uma correlação muito alta e desempenho muito bom ($r = 0,8533$; $d = 0,9892$; $c = 0,8442$) entre as estimativas da radiação líquida a partir dos dados dos dois tipos de estações, indicando que as duas metodologias de cálculo da R_n são adequadas para o município de Teresina, Piauí.

PALAVRAS-CHAVE: radiação global, insolação, dados meteorológicos.

NET RADIATION USING CONVENTIONAL AND AUTOMATIC STATION DATA

ABSTRACT: Some meteorological stations do not have sensors for net radiation measurement, so this variable must be estimate by empirical equations. Thus, the objective of this work was to compare the estimates of the net radiation using daily meteorological data obtained by conventional (EMC) and automatic stations (EMA) in Teresina-PI, from January 2008 to December 2013. The net radiation (R_n) was estimated by an equation developed for Teresina, based on a fraction of the global radiation (Q_o) ($R_n = 0,6914 * Q_o$). For EMA, global radiation (Q_o) was measured and for EMC it was estimated using Angström-Prescott equation. Data comparisons were made using the following statistical indicators: determination coefficient (R^2), the Willmott concordance index (d) and the confidence index (c). Very high correlation was observed ($r = 0.8533$; $d = 0.9892$; $c = 0.8442$) among net radiation estimated from data of two kind of stations, showing that two methodologies to estimate R_n are appropriate for Teresina, Piauí State.

KEY-WORDS: global radiation, insolation, meteorological data.

INTRODUÇÃO

Além de auxiliar no monitoramento do clima, as estações meteorológicas contribuem nas atividades agropecuárias, uma vez que os dados climáticos são úteis para determinação da evapotranspiração de referência, possibilitando o manejo racional de irrigação. Atualmente, tem crescido o uso de estações automáticas em detrimento das estações convencionais, dessa forma, estudos que avaliem as diferenças de estimativas dos elementos climáticos oriundos dos dois tipos de estações são de grande importância.

Um dos elementos meteorológicos que exerce maior influência nas taxas de evapotranspiração dos cultivos é a radiação líquida (R_n). Quando a R_n é recebida por um dossel sob condições ideais de suprimento de água, parte é transformada em evaporação, parte em calor sensível para o ar atmosférico, parte em fluxo de calor sensível no solo e parte em armazenamento de energia (PEREIRA et al., 1997).

Ataíde (2006) ressalta a importância das medidas de R_n em áreas cultivadas para caracterizar as disponibilidades térmicas e hídricas, sendo fundamentais para o entendimento das relações genótipo-ambiente que determinam a produtividade das culturas agrícolas.

Lacerda et al. (2011) realizaram estudo comparativo entre a radiação líquida medida e estimada utilizando os dados da estação agrometeorológica automática da UNESP, Ilha Solteira e obtiveram bons ajustes com $R^2 = 0,9797$.

Considerando o exposto, este trabalho tem como objetivo comparar as estimativas da radiação líquida utilizando dados meteorológicos registrados pelas estações meteorológicas convencional e automática, ambas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas no município de Teresina, Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos foram coletados na Embrapa Meio-Norte, situada no município de Teresina, PI (05°05' S; 42°48' W e 74,4 m), que apresenta valores médios anuais de temperatura do ar média de 28,1 °C, máxima de 33,9 °C e mínima de 22,3 °C, umidade relativa do ar de 69,6 % e precipitação pluviométrica da ordem de 1.342,4 mm por ano, considerando-se o período de 1980 a 2014 (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2015).

Foram utilizados dados originários de duas estações meteorológicas: uma automática (EMA) e outra convencional (EMC), ambas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia, instaladas na área experimental da Embrapa Meio-Norte, com aproximadamente 5 m entre elas, na mesma cota de altitude. O período de comparação dos dados foi de janeiro de 2008, época da instalação da EMA, a dezembro de 2013.

As estações meteorológicas convencional e automática não dispõem de sensor de radiação líquida, portanto esta foi estimada pela metodologia proposta por Noletto et al. (2014), utilizando-se a equação abaixo:

$$R_n = 0,6914(Q_o)$$

Na EMC, a radiação solar global (Q_o), em $MJ.m^{-2}.d^{-1}$, foi definida pela expressão de Angström-Prescott (OMETTO, 1981), enquanto na EMA Q_o foi medida.

$$Q_o = (0,25 + 0,50 \frac{n}{N})R_a$$

Em que: n corresponde à insolação medida; N ao fotoperíodo e Ra a radiação extraterrestre em MJ⁻²dia⁻¹.

Em seguida, as comparações foram feitas por meio dos seguintes indicadores estatísticos: coeficiente de correlação (r), índice de concordância de Willmott (d) e o índice de confiança (c).

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - O| + |O_i - O|)^2}$$

$$c = d \cdot r$$

Os valores dos coeficientes de correlação (r) foram classificados de acordo com Hopkins (2000) e os índices de desempenho ou confiança (c) foram ordenados seguindo-se a classificação proposta por Camargo e Sentelhas (1997), Tabela 1.

Tabela 1. Classificação das correlações de acordo com Hopkins (2000) e do índice de confiança segundo Camargo e Sentelhas (1997).

Coeficiente de Correlação (r)	Correlação	Valor de “c”	Desempenho
0,0 - 0,1	Muito baixa	> 0,85	Ótimo
0,1 - 0,3	Baixa	0,76 a 0,85	Muito Bom
0,3 - 0,5	Moderada	0,66 a 0,75	Bom
0,5 - 0,7	Alta	0,61 a 0,65	Mediano
0,7 - 0,9	Muito alta	0,51 a 0,60	Sofrível
0,9 - 1,0	Quase perfeita	0,41 a 0,50	Mau
		≤ 0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados de radiação líquida (Rn) (Figura 1), obteve-se uma correlação muito alta (r = 0,85), segundo Hopkins (2000) e desempenho muito bom (c = 0,84) de acordo com Camargo e Sentelhas (1997).

Estes resultados são superiores aos encontrados por Sentelhas (1998), que em sua pesquisa utilizou a equação de Brunt para a determinação da Rn na EMC obtendo r = 0,82. Estes melhores resultados podem estar relacionados em decorrência do uso da equação de Noleto et al. (2014), que se trata de uma equação relativamente simples, que utiliza valores de radiação solar global estimada e medida pela equação de Angström-

Prescott sendo este um dos métodos mais precisos para estimativa da radiação solar global (BERUSKI et al., 2015).

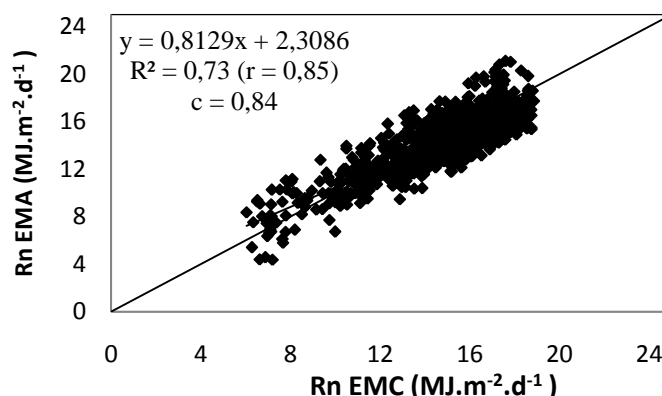


Figura 1. Relação entre a estimativa da radiação líquida utilizando dados meteorológicos diários observados na estação meteorológica automática (EMA) e convencional (EMC) de janeiro de 2008 a dezembro de 2013, em Teresina, PI.

Lacerda et al. (2011), ao comparar dados de radiação líquida em Ilha Solteira a partir de dados climáticos de estações automática e convencional obtiveram ajustes acima dos observados nesse trabalho ($R^2 = 0,9797$). As diferenças de ajustes podem ser explicadas em decorrência das diferentes metodologias de estimativa de Rn adotadas.

De um modo geral, a maioria dos trabalhos indica que a radiação líquida é uma variável que pode ser estimada a partir de dados climáticos da EMC, apresentando alta correlação com os dados medidos de Rn da EMA.

CONCLUSÕES

As estimativas da radiação líquida a partir de dados das estações meteorológicas automática e convencional apresentam alta correlação e são adequadas para Teresina-PI.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de pesquisa e ao INMET pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

REFERÊNCIAS

ATAÍDE, K. R. P. **Determinação da radiação líquida e da radiação global com produtos do sensor MODIS Terra Água.** 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola e Micrometeorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Boletim agrometeorológico de 2014 para o município de Teresina, PI.** Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2015. 38p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 236).

BERUSKI G. C; PEREIRA A. B; SENTELHAS P. C. Desempenho de diferentes modelos de estimativa da radiação solar global em Ponta Grossa, PR. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 30, n. 2, p. 205-213, 2015.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

HOPKINS, W. G. **Correlation coefficient: a new view of statistics**. 2000. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>>. Acesso em: 16 jan. 2014.

LACERDA, M. D. de; HERNANDEZ F. B. T.; SANTOS G. O. et al. **Radiação líquida diária estimada e medida na estimativa da evapotranspiração de referência na região noroeste paulista**. In: XXI CONIRD CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2011, Petrolina-PE, novembro de 2011. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/Conird_2011/LACERDA.pdf> Acesso em: 19 mar. 2017.

NOLETO, D. H.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS E. A. Estimativa da radiação líquida disponível para a microrregião de Teresina, Piauí, Brasil. In: XI CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA E XXIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 2014, Cancun, Quintana Roo, México. 2014.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**, São Paulo: Ceres, 1981. 440p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpiração)**. Piracicaba, FEALQ, 1997. 183 p.

SENTELHAS, P. C. **Estimativa diária da evapotranspiração de referência com dados de estação meteorológica convencional e automática**. 1998. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração Irrigação e drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1998.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO-SE DADOS DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS CONVENCIONAL E AUTOMÁTICA

Marcus Willame Lopes Carvalho¹, Edson Alves Bastos², Aderson Soares de Andrade Júnior³

¹ Doutorando, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, marcuswillame@hotmail.com; ² Pesquisador, Embrapa Meio-norte, Teresina, Piauí, edson.bastos@embrapa.br, ³ Pesquisador, Embrapa Meio-norte, Teresina, Piauí, aderson.andrade@embrapa.br

RESUMO: A evapotranspiração de referência (ET_o) pode ser estimada por meio de equações empíricas utilizando-se dados de estações meteorológicas convencionais ou automáticas, entretanto é necessária uma análise para avaliar possíveis diferenças entre os dados das duas estações. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi comparar a estimativa da evapotranspiração de referência por Penman-Monteith utilizando-se dados meteorológicos diários obtidos por estações convencionais (EMC) e automáticas (EMA) em Teresina-PI. Analisou-se o período de janeiro 2008 a dezembro 2013. As comparações estatísticas dos dados foram feitas por meio de análise de regressão, aferindo-se os ajustes por meio do coeficiente de determinação (R^2), do índice de concordância de Willmott (d) e do índice de confiança (c). A estimativa da ET_o a partir de dados dos dois tipos de estação apresentou alta correlação com valores de $R^2 = 0,8486$; $d = 0,9992$ e $c = 0,9205$.

PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith, elementos climáticos, estações climatológicas

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATE USING CONVENTIONAL AND AUTOMATIC METEOROLOGICAL STATION DATA

ABSTRACT: Reference evapotranspiration (ET_o) can be estimated by empirical equations using data from conventional or automatic meteorological stations, however, an analysis to evaluate possible differences between the data from the two stations is required. Thus, the objective of this work was to compare the estimative of reference evapotranspiration by Penman-Monteith using daily meteorological data obtained from conventional (EMC) and automatic stations (EMA) in Teresina-PI. Climatic data from January 2008 to December 2013 were analyzed. Statistical comparisons were by means of regression analysis, adjusting by determination coefficient (R^2), Willmott concordance index (d) and confidence index (c). The ET_o estimative from data obtained from conventional and automatic stations presented high correlation with values of $R^2 = 0.8486$; $d = 0.9992$ and $C = 0.9205$.

KEY-WORDS: Penman-Monteith, climatic elements, agrometeorology, climatologic stations

INTRODUÇÃO

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) utilizando-se dados de estações automáticas (EMA) e convencionais (EMC) precisa ser feita a fim de se constatarem possíveis diferenças entre os dois tipos de estações,

Alguns trabalhos dessa natureza têm sido realizados no Brasil. Sentelhas (1998), para o município de Piracicaba-SP, relatou que os melhores resultados de estimativa de ET_o foram a partir de dados da EMA em relação à EMC, devendo-se este fato à subestimativa da radiação líquida (R_n) na EMC. Queiroz et al. (2012) compararam dados climáticos oriundos da EMC e EMA na estimativa da ET_o em Ouricuri, Pernambuco, obtendo alta correlação com R² igual a 0,8449. Esses autores constataram que os valores de ET_o estimados com dados da EMC foram 8,5% inferiores àqueles obtidos a partir da EMA.

Embora alguns trabalhos tenham demonstrado alta concordância entre os dados obtidos pelas duas estações meteorológicas (RAMOS et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2010), os coeficientes de ajuste devem ser calculados de forma independente para cada local em que as estações meteorológicas estejam instaladas, pois há variabilidade no tempo de instalação, manutenção e tipo de sensores utilizados.

Considerando-se o exposto, este trabalho teve como objetivo comparar a estimativa da evapotranspiração de referência por Penman-Monteith, utilizando-se dados meteorológicos diários obtidos por estações convencionais (EMC) e automáticas (EMA) em Teresina-PI.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos foram coletados na EMBRAPA Meio-Norte, situada no município de Teresina, PI (05°05' S; 42°48' W e 74,4 m). Apresenta valores médios anuais de temperatura média de 28,2 °C, máxima de 33,9 °C e mínima de 22,3 °C, umidade relativa do ar de 69,7 % e precipitação pluviométrica da ordem de 1.343,4 mm por ano, considerando-se o período de 1980 a 2012 (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2014).

Foram utilizados dados originários de duas estações meteorológicas: uma automática e outra convencional, ambas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instaladas na área experimental da EMBRAPA Meio-Norte, com aproximadamente 5 m entre elas, na mesma cota de altitude. O período de comparação dos dados foi de janeiro de 2008, época da instalação da EMA, a dezembro de 2013.

Estimou-se a ET_o pelo método de Penman-Monteith, utilizando-se a parametrização apresentada por Smith (1998).

Em seguida, foi realizada a análise de regressão e determinado o coeficiente de determinação (R²), que indica precisão máxima quando R² tende a 1. Foram utilizados outros aferidores estatísticos como o índice de concordância de Willmott (d) (WILLMOTT et al., 1985) e o coeficiente de confiança (c) proposto por Camargo e Sentelhas (1997):

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - O| + |O_i - O|)^2}$$

$$c = d \cdot r$$

$$r = \sqrt{R^2}$$

em que: O_i é o valor de horário observado na estação meteorológica; O a média do valor observado durante o período; E_i a estimativa pelo modelo; e r o coeficiente de correlação.

Os valores dos índices de desempenho ou confiança (c) encontrados foram ordenados seguindo-se a classificação proposta por Camargo e Sentelhas (1997) (Tabela 1).

Tabela 1. Critério de interpretação do desempenho pelo índice “ c ”, segundo Camargo e Sentelhas (1997).

Valor de “ c ”	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
$\leq 0,40$	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se alta correlação entre os dados de ET_o estimados a partir da EMC e EMA, com o valor do R^2 igual a 0,8486 (Figura 1) e coeficiente de correlação de Wilmont (d) igual a 0,9992. Obteve-se um índice de confiança (c) igual a 0,9205, que é classificada como ótimo desempenho de acordo com Camargo e Sentelhas (1997). Estes resultados podem ser explicados em decorrência das altas correlações dos elementos climáticos que mais influenciam a ET_o , notadamente para a radiação líquida. Oliveira et al. (2010), em Jaboticabal-SP, também observaram boa concordância entre elementos climáticos oriundos dos dois tipos de estações, com R^2 acima de 0,90, principalmente para as temperaturas média, mínima e máxima do ar, umidade relativa média do ar, pressão atmosférica e precipitação pluvial.

Estes resultados foram superiores aos encontrados por Silva et al. (2004) ($R^2 = 0,5807$), que justificou a baixa correlação à menor precisão dos equipamentos da EMC para obtenção dos componentes para o cálculo da ET_o .

Entretanto, Sentelhas (1998) e Queiroz et al. (2012), ao compararem valores de ET_o estimados a partir de dados climáticos obtidos de estações automáticas e convencionais encontraram valores de R^2 iguais a 0,8292 e 0,08449, portanto, muito próximos aos encontrados neste trabalho.

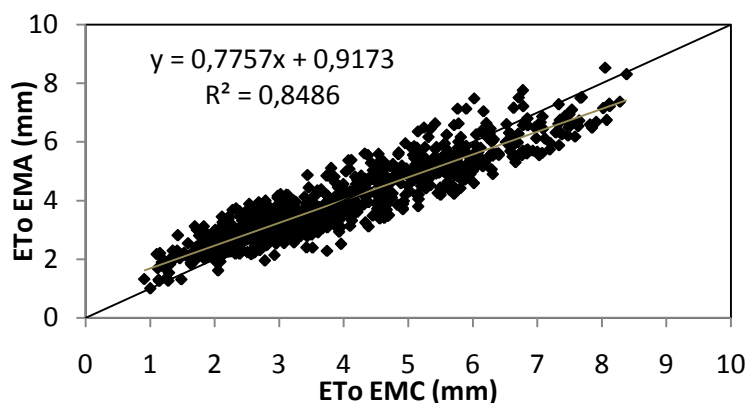


Figura 1. Relação entre a ETo estimada pelo método de Penman-Monteith, com dados da EMC e da EMA, em Teresina, PI, considerando-se o período de 2008 a 2013.

CONCLUSÕES

A estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith a partir de dados oriundos das estações meteorológicas automática e convencional apresenta pequena variação e altos índices de correlação para o município de Teresina.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de pesquisa e ao INMET pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G; PREREIRA, L. S; RAES, D; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements.** Irrigation and drainage paper FAO-56. Water Resources, Development and Management Service, Roma. 1998.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Boletim agrometeorológico de 2013 para o Município de Teresina, Piauí.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. 38 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 228).

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

OLIVEIRA, A. D.; ALMEIDA, B. M.; CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; SOBRINHO J. E.; VIEIRA, R. Y. M. Comparação de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em Jaboticabal-SP. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 108-114, 2010.

QUEIROZ, M. Z. S. S.; VELLAME, L. M.; FREITAS, M. S. C.; PEIXOTO, G. K. S. **Estimativa da ETo a partir de duas estações meteorológicas em Ouricuri-PE.** VII CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7, 2012, Palmas. Anais... Palmas: CONNEPI, 2012.

RAMOS, H. E. A.; NÓBREGA, N. E. F.; SILVA, J. G. F.; PAGUNG, F. S.; STORCH, P. R. **Avaliação comparativa de dados meteorológicos obtidos em estações convencionais e automáticas, localizadas em três municípios do estado do Espírito Santo.** XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – São Paulo – SP, 2008.

SENTELHAS, P. C. **Estimativa diária da evapotranspiração de referência com dados de estação meteorológica convencional e automática.** 1998. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração Irrigação e drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo, Piaracicaba. 1998.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; TURCO, S. H. **Comparação de dados meteorológicos obtidos em estações meteorológica convencional e automática no submédio São Francisco.** 2004. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/>>. Acessado em: 28 de novembro de 2013.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, J. J.; FEDDEMA, K. M.; KLINK, D. R. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, p. 8995-9005, 1985.

RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL MENSAL PARA A CIDADE DE SÃO CARLOS (SP)

Amanda SOUZA¹, Matheus REGIS², Wilson SILVEIRA³, Fabrina MARTINS⁴
^{1,2,3,4}Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) – Itajubá – Minas Gerais

¹amanda.cs.ig@hotmail.com, ²matheusvicentergs@gmail.com, ³wilson.silveira.w@gmail.com,
⁴fabrinabm@gmail.com

RESUMO: A radiação solar é uma das principais variáveis meteorológicas devido a forte influência nos ecossistemas terrestres, principalmente na agricultura. Este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho de cinco modelos empíricos utilizados para estimar a radiação solar global (Qg) para a cidade de São Carlos (SP). Foram utilizados dados diários de irradiação solar extraídos do Banco de Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA) e dados diários de temperatura máxima, e mínima do ar e precipitação, extraídos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). O período utilizado foi de 2005 a 2011, sendo que os dados de 2005 a 2008 foram utilizados para o ajuste dos modelos, enquanto os dados de 2009 a 2011 foram utilizados para a validação dos modelos, através das estatísticas de correlação de Pearson (r), a raiz do quadrado médio do erro (RQME) e o viés dos modelos (BIAS), todas obtidas com os valores de Qg estimado e Qg observado. Os modelos que melhor estimaram a radiação solar global foram Annandale e Hargreaves.

PALAVRAS-CHAVE: Irradiância global, transmitância global, modelagem.

MONTHLY GLOBAL SOLAR RADIATION FOR SÃO CARLOS (SP)

ABSTRACT: Solar radiation is one of the main meteorological variables due to strong influence on terrestrial ecosystems, mainly in the agriculture. This study aims to evaluate the performance of five empirical models used to estimate global solar radiation (Qg) for São Carlos (SP). Were used data from the Integrated Environmental Data Bank (SINDA) and the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP). The period used from 2005 to 2011 based on the data from 2005 to 2008 were used for the adjustment of the models, according to the data from 2009 to 2011 were used for the validation of the models, for the Pearson correlation (R), a root mean square error (RQME) and bias of the models (BIAS), all obtained with the estimated Qg and observed Qg values. The models that best represent a global solar radiation were Annandale and Hargreaves.

KEY-WORDS: Global irradiance, global transmittance, modeling.

INTRODUÇÃO

A radiação solar é a principal fonte de energia para a Terra, afetando entre outros processos, o aquecimento, a transpiração e a fotossíntese. É influenciada pela latitude, declinação solar, número do dia do ano, distância média Terra-Sol, assim como pelo ângulo horário solar (YAMASOE et al., 2016). No entanto, apesar da sua importância, a baixa densidade de estações meteorológicas dificulta o avanço científico. Isto ocorre devido ao custo de aquisição e manutenção dos instrumentos utilizados (LIU et al., 2009). Assim, em locais com ausência de dados, faz-se necessário à estimativa, através da utilização de modelos empíricos (BURIOL et al., 2012). Sabendo-se a importância da radiação, o presente estudo tem como objetivo estimar a radiação solar global para a cidade de São Carlos (SP) no período de 2005 a 2011.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desse estudo utilizaram-se dados diários provenientes da estação automática e convencional de São Carlos - SP (22.169°S e 47.893°O). Os dados de radiação solar global (Q_g , $Mj\ m^{-2}\ dia^{-1}$) foram extraídos do SINDA (<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/historico>). Os dados de temperatura (°C) máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}) do ar e precipitação (P , mm) foram extraídos do BDMEP (www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa). Foram utilizados dados de 2005 a 2011. Os dados relativos ao período 2005 a 2008 foram utilizados para o ajuste dos modelos (Tabela 1), e os dados de 2009 a 2011 usados para a validação. Anteriormente, os dados foram submetidos a três filtros, eliminando aqueles que não cumprissem um dos três critérios (LIU et al., 2009): a) dados faltantes para qualquer variável analisada: T_{max} , T_{min} , Radiação Solar incidente no topo da Atmosfera (Q_o) e P ; b) $T_{max} \leq T_{min}$; c) $Q_g \geq Q_o$.

Para o cálculo da radiação solar incidente no topo da atmosfera (Q_o) foi utilizada a equação de Buriol et al. (2012):

$$Q_o = \frac{0,0864}{\pi} J_o \left(\frac{\bar{d}}{D}\right)^2 [(H \sin \phi \sin \delta) + (\cos \phi \cos \delta \sin H)] \quad (1)$$

Em que: $(\bar{d}/D)^2$ = relação entre a distância média terra-sol do dia considerado (km) (2); J_o = constante solar ($1367\ Wm^{-2}$); H = ângulo horário do nascer do sol (radianos ou graus) (4); ϕ = latitude (graus) e δ = declinação solar (graus) (3). NDA= número do dia do ano.

$$\left(\frac{\bar{d}}{D}\right)^2 = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{NDA*360}{365}\right) \quad (2)$$

$$\delta = 23,45^\circ * \text{sen} \left[360^\circ * \left(\frac{284+NDA}{365}\right)\right] \quad (3)$$

$$H = \arccos - (\tan\phi * \tan\delta) \quad (4)$$

AJUSTE E VALIDAÇÃO DOS MODELOS

O ajuste dos cinco modelos foi realizado pelo software Statistica versão 8 (STATSOFT, 2008) com o procedimento *Nonlinear estimation*, considerando o método dos mínimos quadrados pela aproximação de Gauss Newton. As estatísticas utilizadas no ajuste dos modelos foram o coeficiente de determinação ajustado (R_{adj}^2), quadrado médio do erro (QME) e a significância dos coeficientes pelo teste t ($\alpha=0,05$).

Tabela 1. Modelos avaliados para estimar a radiação solar global em São Carlos (SP)

Modelo	Equação	Coefficientes	Fonte
An	$Q_g = b_0 * (1 + 2,7 * 10^{-5} * \Delta t) * \sqrt{\Delta T_1} * Q_o$	b0	ANNANDALE et al. (2002)
Ch-1	$Q_g = (b_0 * \sqrt{\Delta T_1} + b_1) * Q_o$	b0, b1	CHEN et al. (2004)
J-S	$Q_g = b_0 * \Delta T_1^{b_1} * (1 + b_2 * P + b_3 * P^2) * Q_o$	b0, b1, b2, b3	DE JONG & STEWART (1993)
Ha	$Q_g = b_0 * \sqrt{\Delta T_1} * Q_o$	b0	HARGREAVES (1981)
Hu-1	$Q_g = b_0 * \sqrt{\Delta T_1} * Q_o + b_1$	b0, b1	HUNT et al. (1998)

Fonte: adaptado de SILVA et al, 2012. Em que: Δt_1 a diferença entre a temperatura máxima e mínima do ar no dia (°C); Δt_2 é a diferença entre a temperatura máxima e a média dos dois dias consecutivos (°C); Δt_m é a média mensal de Δt_2 (°C); e b0, b1, b2 e b3 são os coeficientes dos modelos empíricos (adimensionais).

A validação baseou-se na comparação dos valores de Q_g observados e os estimados pelos três modelos que apresentaram melhor ajuste, considerando os modelos que apresentaram coeficientes significativos, elevado valor de R_{ajd}^2 e baixo valor QME (Tabela 2). As estatísticas utilizadas para validação foram: correlação de Pearson (r) (5), Raiz do quadrado médio do erro (RQME) (5) e BIAS (6).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}) * (E_i - \bar{E})}{\sqrt{\{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2\} * \{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2\}}} \quad (5)$$

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{n}} \quad (6)$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n E_i - \sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (7)$$

Em que: O_i é o valor observado de Q_g , E_i o valor estimado, \bar{O} o valor observado médio, \bar{E} o valor estimado médio e n o número de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes dos modelos testados foram na maioria significativos pelo teste t, exceto para o Modelo Ch-1 (coeficiente b1 em todos os meses). Os valores dos coeficientes diferem em magnitude e em sinais em sua maioria dos valores encontrados por Silva et al.(2012) para as regiões Metropolitana, Vale do Rio Doce e Zona da Mata em Minas Gerais, tal diferença ocorre por serem regiões distintas e ao período diferenciado de ajuste dos modelos, que neste caso, foi realizado mensalmente. Os modelos An, J-S e Ha foram considerados os três melhores, em função dos valores das estatísticas (Tabela 2), e foram selecionados para a validação (Tabela 3).

Dos três modelos validados (An, J-S e Ha) nenhum apresentou boa validação - baixos valores de r ($\leq 0,30$) - e elevados valores de RQME - em torno de 7,67 $Mj m^{-2} dia^{-1}$ para An e Ha e em torno de 12,0 $Mj m^{-2} dia^{-1}$ para J-S (Tabela 3). Além disso, percebe-se um padrão na validação, independentemente do modelo, de baixa qualidade para os meses de janeiro, fevereiro e março e péssima qualidade para os demais meses. Esse resultado pode ser visualizado pela falta de proximidade da reta 1:1 entre os dados estimados de Q_g em função dos dados observados (Figura 1a, b, c, d). No entanto, mesmo para esses meses houve baixos valores de r (até 0,29).

Tabela 2. Estatísticas referentes ao ajuste dos modelos utilizados para a estimativa da radiação solar global mensal para a cidade de São Carlos-SP (2005 - 2008)

Modelos		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
An	b0	0,137*	0,151*	0,162*	0,158*	0,166*	0,167*	0,165*	0,163*	0,149*	0,140*	0,142*	0,137*
	QME	28,11	31,52	23,67	21,69	12,39	8,06	11,12	9,11	22,06	35,9	48,42	57,84
	R ²	0,296	0,15	0,354	0,211	0,409	0,2452	0,353	0,146	0,231	0,175	0,1	0,136
Ch-1	b0	0,158*	0,146*	0,234*	0,164*	0,172*	0,175*	0,195*	0,117*	0,162*	0,133*	0,114*	0,151*
	b1	-0,055	0,024	-0,22	-0,01	-0,008	-0,014	-0,092	0,182	-0,033	0,038	0,105	-0,036
	QME	28,26	31,89	22,71	21,87	12,5	8,13	11,1	8,87	22,22	36,14	48,42	58,27
J-S	b0	0,145*	0,258*	0,121*	0,198*	0,212*	0,198*	0,180*	0,299	0,187*	0,197*	0,215*	0,156*
	b1	0,511*	0,304*	0,650*	0,430*	0,418*	0,447*	0,485*	0,300*	0,433*	0,391*	0,357*	0,492*
	b2	-0,006	-0,01*	-0,015*	-0,021	-0,026*	-0,08*	-0,050*	0,282*	-0,060*	-0,02*	-0,018*	-0,028*
Hu-1	b0	0,160*	0,148*	0,226*	0,166*	0,178*	0,175*	0,187*	0,111*	0,144*	0,130*	0,116*	0,150*
	b1	-2,48	0,746	-6,93	-0,489	-0,741	-0,337	-1,564	5,786	1,054	1,848	4,083	-1,385
	QME	28,11	31,52	23,67	21,69	12,39	8,06	11,12	9,11	22,06	35,9	48,42	57,84
Ha	b0	0,140*	0,154*	0,166*	0,161*	0,170*	0,170*	0,169*	0,166*	0,152*	0,144*	0,145*	0,140*
	QME	28,23	31,89	22,86	21,87	12,48	8,13	11,16	8,66	22,22	36,11	48,45	58,27
	R ²	0,3	0,15	0,381	0,211	0,41	0,245	0,357	0,194	0,232	0,177	0,107	0,136

(*) são significativos pelo teste t ($\alpha=0,05$); (-) não foi possível o ajuste pela aproximação dos mínimos quadrados.

Tabela 3. Estatísticas utilizadas na validação dos modelos para a estimativa da radiação solar global mensal para São Carlos- SP (2009 - 2011)

Modelos	An			J-S			Ha		
	r	QOME	BIAS	r	QOME	BIAS	r	QOME	BIAS
Janeiro	-0,058	7,524	-0,146	-0,05	8,281	-0,161	-0,058	7,53	-0,147
Fevereiro	-0,082	6,758	-0,039	-0,04	14,111	0,492	-0,082	6,762	-0,042
Março	-0,059	6,824	-0,076	-0,055	9,458	-0,3	-0,059	6,819	-0,075
Abril	-0,147	6,54	-0,119	-0,044	9,099	0,145	-0,147	6,558	-0,123
Mai	-0,117	5,538	-0,187	-0,042	10,02	0,226	-0,117	5,531	-0,186
Junho	-0,186	0,015	-0,068	-0,044	9,099	0,145	-0,187	0,009	-0,072
Julho	-0,125	4,391	-0,019	-0,045	8,285	0,041	-0,125	4,391	-0,018
Agosto	-0,118	5,149	0,206	-0,038	18,491	0,733	-0,118	5,1	0,201
Setembro	-0,087	5,973	0,141	-0,045	8,544	0,082	-0,087	5,951	0,138
Outubro	-0,08	6,112	0,126	-0,044	9,042	0,14	-0,08	6,154	0,132
Novembro	-0,037	6,689	0,087	-0,042	10,244	0,244	-0,037	6,678	0,085
Dezembro	-0,052	5,859	-0,022	-0,048	8,043	-0,098	-0,052	5,859	-0,023

O modelo J-S foi péssimo em simular a Q_g para qualquer mês do ano em São Carlos e, portanto, não deve ser utilizado para tal finalidade (Tabela 3 e Figura 1), visto que a estimativa foi praticamente constante em torno de $10 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Os modelos An (A) e Ha (C) apresentaram comportamento similar, mostrando relativa superioridade em relação ao modelo J-S, porém ainda assim, a estimativa não foi coerente. Para os meses de janeiro (A1 e C1), fevereiro (A2 e C2), março (A3 e C3) e agosto (A8 e C8) a estimativa de radiação foi razoavelmente melhor que os demais meses, principalmente entre os valores de $10 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ a $20 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. A similaridade nos valores encontrados pelos modelos An e Ha se deve ao termo no modelo An ($1 + 2,7 \cdot 10^{-5} \cdot \text{Altitude}$), o qual leva em consideração a altitude (856 m) de São Carlos, e um termo de magnitude igual a 1,023112, alterando muito pouco os valores dos coeficientes ajustados (Tabela 2) e dos valores estimados (Tabela 3).

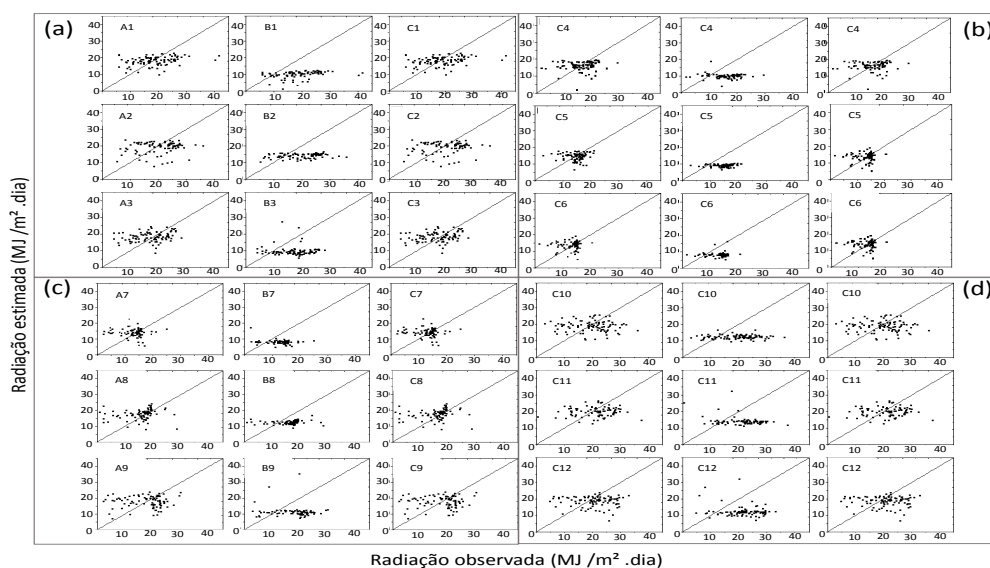


Figura 1. Radiação solar global estimada (MJ/m².dia) versus observada (MJ/m².dia) para São Carlos, SP. As letras referem-se aos modelos, sendo An=A, J-s=B e Ha = C. Os valores entre parênteses representam os meses de ajuste, sendo 1=janeiro, 2=fevereiro, etc.

CONCLUSÕES

Os modelos testados apresentaram péssima simulação da radiação solar global para São Carlos (SP). Somente os modelos An e Ha, nos meses de janeiro até março e agosto, conseguiram estimar a radiação solar global. Como os modelos utilizados não levam em consideração topografia, umidade, aerossóis na atmosfera, cobertura de nuvens, elementos que têm influência direta na radiação, uma possível solução seria a combinação de modelos climáticos e empíricos para uma melhor aproximação dos coeficientes a fim de minimizar as deficiências dos modelos avaliados neste estudo.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo apoio financeiro concedido aos autores.

REFERÊNCIAS

- BURIOL, G. A. et al. Estimativa da radiação solar global a partir dos dados de insolação, para Santa Maria - RS. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1563-1567, 2012.
- LIU, X. et al. Evaluation of temperature-based global solar radiation models in China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.149, p.1433-1446, 2009.
- MONTEITH, J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, 9, 1972, 747-766.
- SILVA, C. R. et al. Radiação solar estimada com base na temperatura do ar para três regiões de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p.281-288, 2012.
- YAMASOE, M. A.; CORREA, M. P. Processos Radiativos na Atmosfera – Fundamentos. 1. ed. **São Paulo: Oficina de Textos**, 2016. 142 p.
- STATSOFT, Inc. (2008). STATISTICA (data analysis software system), version 8, <(www.statsoft.com)>

EFICIÊNCIA NO USO DA RADIAÇÃO SOLAR PELA CULTURA DA SOJA EM FREDERICO WESTPHALEN, RS

Braulio Otomar Caron¹, Jaqueline Sgarbossa², Rodrigo Souza da Silva², Edinéia de Cristo², Marina Luiza Cuchi²

¹ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS, otomarcaron@yahoo.com; ² Graduando do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS, sgarbossajs@yahoo.com; souza13rodrigo@gmail.com; edineia_015@hotmail.com; marinaluizacuchi@hotmail.com

RESUMO: Tendo em vista a importância da cultura da soja no cenário agrícola mundial e a grande influência das condições meteorológicas sobre a cultura, o presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência do uso da radiação solar na cultura da soja. O estudo foi desenvolvido em área experimental vinculada a Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen – RS, Brasil. A determinação da eficiência de uso da radiação solar foi realizada relacionando a produção média de fitomassa seca acumulada e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada. A cultivar BMX Vanguarda apresenta eficiência no uso da radiação solar de 1,84 g MJ⁻¹ quando submetida a condições meteorológicas favoráveis, sendo que tal resultado foi obtido quando conduzida a uma faixa de temperatura do ar de 12,6 a 34,5 °C, precipitação pluviométrica acumulada de 542,8 mm e fluxo total de radiação acumulado de 3.241,05 MJ m⁻².

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, interceptação da radiação, produção de fitomassa.

EFFICIENCY IN THE USE OF SOLAR RADIATION BY SOYBEAN CROP

ABSTRACT: Considering the importance of the soybean crop in the world agricultural scenario and the great influence of the meteorological conditions on the crop, the present study had the objective of evaluating the efficiency in the use of the solar radiation in the soybean crop. The study was performed in experimental area linked to the Federal University of Santa Maria, Frederico Westphalen campus - RS, Brazil. The determination of the efficiency of the use of solar radiation was carried out in relation to the accumulated dry biomass production and the cumulated intercepted photosynthetically active radiation. The meteorological conditions during the productive cycle of the crop were favorable, since they met the needs of the crop. The cultivar BMX Vanguarda presents efficiency in the use of solar radiation of 1.84 g MJ⁻¹, when submitted to favorable meteorological conditions, this result was obtained when conducted in an air temperature range of 12.6 to 34.5 °C, accumulated rainfall of 542.8 mm and total accumulated radiation flux of 3,241.05 MJ m⁻².

KEY-WORDS: *Glycine max*, radiation interception, biomass production.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*), destaca-se no cenário agrícola mundial por ser uma das principais fontes de proteína e óleo vegetal (MATSUO et al., 2016). A cultura da soja é influenciada pelas condições meteorológicas as quais é submetida.

Um dos elementos meteorológicos que exerce maior influência sobre a produção de fitomassa pelas plantas é a radiação solar, a qual desempenha papel fundamental no crescimento e desenvolvimento vegetal nos mais diversos sistemas agrícolas (KUNZ et al., 2007; CARON et al., 2014). A produção de fitomassa pelas plantas resulta da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelas folhas, e a eficiência com que a mesma é convertida em fotoassimilados através do processo fotossintético, revelando assim a eficiência do uso da radiação solar (EUR) da cultura (MONTEITH, 1977).

A EUR é diretamente influenciada pelo índice de área foliar (IAF), uma vez que IAF determina a quantidade de radiação solar interceptada pelas plantas e a capacidade destas em converter os fotoassimilados em fitomassa. Desse modo, a busca pelo incremento na produção de uma dada planta é definida pela maximização da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel vegetativo (MARCHÃO et al., 2006). Desse modo, tendo em vista a importância da cultura a soja no cenário agrícola e a importância da dinâmica radiação solar sobre o processo fotossintético, o presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência no uso da radiação solar da cultura da soja em Frederico Westphalen, RS.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em área experimental do Laboratório de Agroclimatologia, vinculada à Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen – RS, com 461 m de altitude, durante o ano agrícola 2014/2015. O clima característico da região é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen. Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos junto à estação meteorológica automática vinculada ao INMET, localizada a uma distância de 400m da área experimental.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. A semeadura foi realizada mecanicamente no dia 01/12/2014, utilizando-se espaçamento entre linhas de 0,45m e uma população de 250.000 plantas ha⁻¹.

As avaliações de crescimento foram realizadas quinzenalmente, do início do crescimento vegetativo até a maturação fisiológica, totalizando seis coletas. A determinação da área foliar foi realizada através do uso de um integrador de área foliar LI-COR modelo 3000, com valor expresso em cm².

A determinação da eficiência de uso da radiação solar foi realizada relacionando a produção média de fitomassa seca acumulada e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada, conforme descrição de Monteith (1977).

$$PFS=EUR*RFAi \quad (1)$$

Onde: PFS = produção de fitomassa seca em g m⁻², EUR= eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa seca produzida em g MJ⁻¹ e RFAi= radiação fotossinteticamente ativa interceptada em MJ m⁻².

A estimativa da radiação fotossinteticamente ativa incidente foi efetuada considerando 45% da radiação solar global (ASSIS; MENDEZ, 1989). A radiação

fotossinteticamente ativa interceptada foi determinada por meio do modelo descrito por Varlet-Grancher et al., (1989):

$$RFAi=0,95*(RFAinc)*(1-e^{(-k*IAF)}) \quad (2)$$

Em que: RFAi corresponde a radiação fotossinteticamente ativa interceptada em MJ m⁻²; RFAinc, faz referência a radiação fotossinteticamente ativa incidente em MJ m⁻²; k, refere-se a constante adimensional de coeficiente de extinção; IAF, corresponde ao índice de área foliar.

O k foi determinado ao longo do ciclo da cultura, conforme equação 3. O valor médio k foi de 0,75.

$$k= - \frac{\ln(Rn/Rt)}{LAI} \quad (3)$$

Onde k é o coeficiente de extinção, Rn é a radiação solar medida abaixo do dossel de plantas de soja (MJ m⁻²); Rt é a radiação solar medida acima do dossel de plantas (MJ m⁻²); IAF é o índice de área foliar.

O IAF foi determinado a partir da área foliar total (AF) em m², e a área de solo explorada por cada planta (AE), de acordo com a seguinte equação:

$$IAF=AF/AE \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes a radiação solar global incidente, temperatura do ar (mínima, média e máxima) e precipitação pluviométrica são apresentados na Figura 1. O período experimental caracterizou-se por apresentar temperatura do ar contida no intervalo de 12,6 e °C a 34,5 °C e um temperatura média de 22,5 °C, fluxo médio de radiação solar de 21,6 MJ dia⁻¹, variando de 5,6 MJ dia⁻¹ a 42,9 MJ dia⁻¹ e uma precipitação pluviométrica acumulada de 542,8 mm.

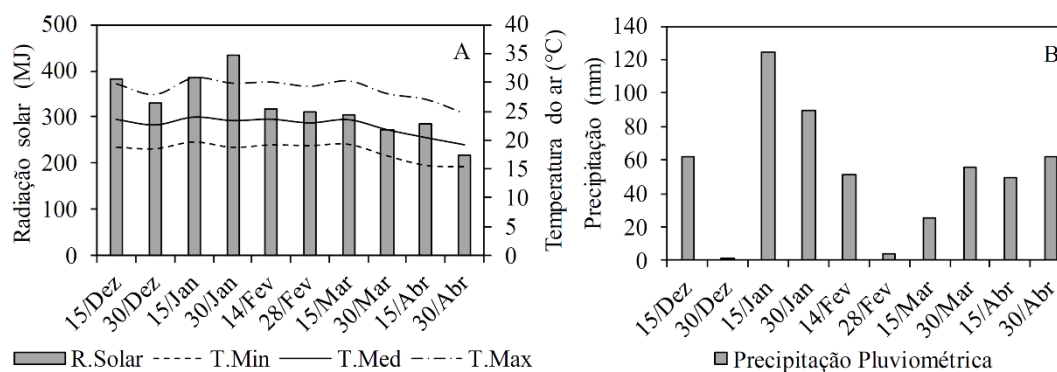


Figura 1. Radiação global incidente acumulada quinzenalmente (MJ m⁻²) (R.Solar); temperatura do ar (°C), mínima (T.Min.), média (T.Med.) e máxima (T.Max.); precipitação pluviométrica (mm), durante o período experimental. Frederico Westphalen-RS, Brasil.

As condições meteorológicas durante o ciclo produtivo da cultura foram favoráveis, uma vez que atenderam a demanda hídrica da soja estabelecida de 450 a 850 mm, bem como a temperatura média do ar também apresentou valores adequados, estabelecidos na faixa ótima de 20 °C a 30 °C (EMBRAPA, 2013).

Para eficiência do uso da radiação solar da cultura foi obtido um valor de 184 g MJ⁻¹ (Figura 2), ou seja, para cada 1 MJ de radiação solar interceptada pela cultura, observou-se um incremento de 1,84 g de massa seca por m². Tais resultados se assemelham aos observados por Adeboye et al., (2016) onde os autores obtiveram valores de 1,31 g MJ⁻¹; e em estudo desenvolvido por Van Roekel e Purcell (2014)

durante os anos agrícolas de 2012 e 2013, os autores encontraram valores de eficiência no uso da radiação solar de 1,01 e 1,77 MJ dia⁻¹, respectivamente.

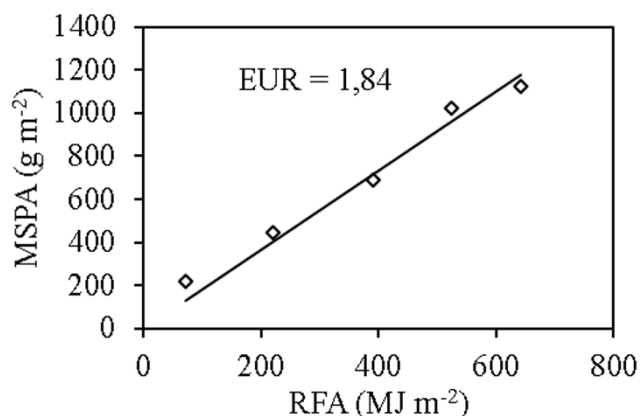


Figura 2. Eficiência do uso da radiação solar (EUR) da cultura da soja em Frederico Westphalen. Frederico Westphalen-RS, Brasil.

A divergência entre os resultados obtidos na literatura, bem como os verificados no presente estudo se deve principalmente as condições meteorológicas em que as plantas se desenvolveram, sendo que a eficiência do uso da radiação reflete a capacidade com que a planta transforma a radiação interceptada em fitomassa seca.

Tendo em vista, que a radiação solar apresenta variabilidade interanual, uma maior eficiência do uso da radiação solar não pressupõem uma maior produtividade. Visto que uma mesma cultivar pode apresentar uma menor eficiência no uso da radiação solar em determinado ano agrícola, entretanto pode se sobressair em outro em virtude de uma maior disponibilidade de radiação solar incidente (KOESTER et al., 2014).

CONCLUSÕES

A cultivar BMX Vanguarda apresenta eficiência no uso da radiação solar de 1,84 g MJ⁻¹, quando submetida a condições meteorológicas favoráveis, sendo que tal resultado foi obtido quando conduzida a uma faixa de temperatura do ar de 12,6 a 34,5 °C e uma precipitação pluviométrica acumulada de 542,8 mm e fluxo total de radiação acumulado de 3241,05 MJ m⁻².

REFERÊNCIAS

ADEBOYE ,O.B. et al. Impact of water stress on radiation interception and radiation use efficiency of soybeans (*Glycine max* L. Merr.) in Nigeria. **Brazilian Journal of Science and Tehnlogy**, Hamburgo, p. 3-15, 2016.

ASSIS, F. N.; MENDEZ, M. E. G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 797-800, 1989.

CARON, B.O. et al. Eficiência do uso da radiação solar por plantas *Ilex paraguariensis* A.St. Hil. Cultivadas sob sombreamento e apeno sol. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 257-265, 2014.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de Produção de Soja-Região Central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa Soja Ed.21, 2013. 265p.

KOESTER, R.P. et al. Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. **Journal of Experimental Botany**, Reino Unido, v. 65, p. 3311-3321, 2014.

KUNZ, J.H. et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 42, p.1511-1520, 2007.

MARCHÃO, R.L.; BRASIL, E.M.; XIMENES, P.A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, p. 170-181, 2006.

MATSUO, N.; KOICHIRO, F.; TSUCHIYA, S. Effects of early planting and cultivars on the yield and agronomic traits of soybeans grown in southwestern Japan. **Plant production science**, Nagoya, v.9, p. 370-380, 2016.

MONTEITH, F. R. S. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 1997.

VARLET-GRANCHER, C. et al.. Mise au point: rayonnement solarie absorbé ou intercepté par um couvert végétal. **Agronomie**, v. 9, p. 419-439, 1989.

CALIBRAÇÃO E AVALIAÇÃO DO MODELO APSIM NA ESTIMAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO

Elvis Felipe Elli¹, Cleverson Henrique de Freitas², Paulo Cesar Sentelhas³

¹ Eng. Agrônomo, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, elvisfelipeelli@usp.br; ² Bacharel em Ciências Atmosféricas, Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, chfreitas@usp.br; ³ Eng. Agrônomo, Professor Associado 3, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, pcsentel.esalq@usp.br

RESUMO: Os modelos de simulação florestal são ferramentas que podem auxiliar produtores e empresas florestais na determinação do adequado planejamento, manejo e tomadas de decisão no setor florestal, de acordo com as condições ambientais. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi calibrar e avaliar o modelo APSIM na estimação da produtividade do eucalipto. Para tanto, dados de crescimento e produtividade do eucalipto ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de diferentes locais e anos foram obtidos por meio de inventários de uma empresa florestal do estado de Minas Gerais. O modelo APSIM apresentou desempenho satisfatório para estimar a produtividade do eucalipto nas diferentes localidades e anos avaliados. Considerando que não há parametrizações deste modelo para o eucalipto nas condições brasileiras, esse estudo gera uma nova alternativa para melhorar o planejamento e o manejo florestal.

PALAVRAS-CHAVE: modelo mecanístico, volume, déficit hídrico.

CALIBRATION AND EVALUATION OF APSIM MODEL FOR ESTIMATING EUCALYPTUS YIELDS

ABSTRACT: Forest simulation models are tools that can help forest producers and companies to determine the appropriate planning, management and decision making in the forest sector, according to the environmental conditions. In this context, the objective of this study was to calibrate and evaluate the APSIM model for estimating eucalyptus yield. For that, eucalyptus growth and yield data from different sites and years were obtained from forest inventories of a company in Minas Gerais state, Brazil. The APSIM model presented satisfactory performance for estimating eucalyptus yields in different locations and years of evaluation. Considering that there are no parameterizations of this model for eucalyptus in the Brazilian conditions, this study generates a new alternative to improve forest planning and management.

KEY-WORDS: mechanistic model, volume, water deficit.

INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus* é o gênero mais cultivado em reflorestamento no Brasil, representando 72 % do total da área de florestas plantadas no país, o que corresponde a 5,6 milhões de hectares (IBÁ, 2016). O seu cultivo fornece fontes renováveis para a produção de polpa, papel, bioenergia, além de reduzir o desmatamento de florestas nativas (BAUHUS; MEER; KANNINEN, 2010).

O aumento da população mundial vem acompanhado pela maior demanda bioenergética oriunda de plantios florestais, como os plantios de eucalipto. Para suprir tal demanda, é necessário aumentar a área de cultivo de modo sustentável e também aumentar a produtividade em áreas já cultivadas. A produtividade do eucalipto é influenciada por diversos fatores, como características químicas, físicas e biológicas do solo, condição hídrica do local de cultivo, qualidade da muda, material genético, práticas de manejo e condições climáticas (FISHER; BINKLEY, 2013; STAPE et al., 2010). Esse expressivo número de fatores gera uma considerável variabilidade da produtividade do eucalipto nas diferentes regiões produtoras brasileiras. Nesse contexto, a previsão da produtividade do eucalipto é muito importante para o emprego do adequado planejamento, manejo florestal e tomadas de decisão no setor florestal.

Uma das formas da obtenção de previsões é por meio da estimação da produtividade florestal com o uso de modelos de simulação de florestas. Esses modelos podem ser simples, como os empíricos e matemático-fisiológicos, ou complexos, como os mecanísticos, também conhecido como modelos baseados em processos biofísicos (ACOCK; ACOCK, 1991). Um dos modelos mecanísticos utilizados para estimar a produtividade do eucalipto é o APSIM - *Agricultural Production Systems Simulator* (MCCOWN et al., 1996), desenvolvido na Austrália, cujo módulo de simulação utilizado para o eucalipto é o “APSIM-Growth”. Este modelo apresenta módulos específicos para 30 diferentes culturas, entretanto, não há parametrizações deste modelo para a cultura do eucalipto nas condições brasileiras.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi calibrar e avaliar o desempenho do modelo APSIM na estimação da produtividade do eucalipto em diferentes anos e localidades produtoras do estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados de produtividade do eucalipto ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), clone MN 144, de diferentes locais e anos foram obtidos por meio de inventários de uma empresa florestal do estado de Minas Gerais (Tabela 1). Os dados meteorológicos em escala diária (radiação solar global, temperatura do ar máxima e mínima e chuva) foram obtidos das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e de dados em GRID com resolução espacial de $0.25 \times 0.25^\circ$ (XAVIER; KING; SCANLON, 2016).

A identificação dos solos de cada localidade de estudo foi obtida pela empresa parceira. Para a construção do perfil de solo no modelo APSIM, foram utilizados dados de granulometria (areia silte e argila), capacidade de água disponível, ponto de murcha permanente, densidade do solo, ponto de saturação, carbono orgânico e pH em água reportados pela empresa parceira e baseando-se nos bancos de dados do RadamBrasil (BRASIL, 1981), sendo considerados solos próximos e com características semelhantes aos tipos de solo existentes nas localidades estudadas.

Tabela 1. Localidades, período de dados e número de resultados (n) utilizados para a calibração e avaliação do modelo APSIM.

Identificação	Localização	Período de dados	Latitude	Longitude	Altitude	n
		Anos	Graus e minutos		m	
Calibração						
(a)	João Pinheiro	2007 a 2013	17°26'S	46°05'W	568	25
(b)	Curvelo	2008 a 2013	18°28'S	44°21'W	709	53
(c)	Montes Claros	2008 a 2013	16°35'S	44°01'W	840	44
Avaliação						
(d)	Paraopeba	2006 a 2011	19°18'S	44°30'W	750	21
(e)	Lassance	2009 a 2013	17°53'S	44°23'W	1000	15
(f)	João Pinheiro	2008 a 2013	17°57'S	46°06'W	835	20

O processo de calibração do modelo APSIM foi realizado com o auxílio de dados coletados a campo pela empresa parceira, por meio de parametrizações já encontradas na literatura e também do ajuste direto de alguns parâmetros com o intuito de reduzir o erro absoluto médio e aumentar a relação entre a produtividade observada a campo e aquela estimada pelo modelo. Durante o processo de calibração, os seguintes parâmetros foram ajustados: eficiência do uso da radiação, partição do caule, galhos, casca e raiz, área foliar específica, coeficiente de extinção, velocidade do crescimento radicular e fração de água disponível extraída diariamente em cada camada. O processo de avaliação foi realizado com dados independentes de três localidades (Tabela 1). Para análise do desempenho do modelo nas fases de calibração e avaliação, os seguintes índices estatísticos e erros foram considerados: Coeficiente de determinação - R^2 , Índice de Concordância de Willmott - d, Índice de Confiança - C, Erro absoluto médio - EAM e seu percentual (EAMP) e Índice de eficiência de modelagem - E.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo APSIM apresentou desempenho satisfatório para estimar o volume do eucalipto em diferentes localidades brasileiras e anos de avaliação (Figura 1).

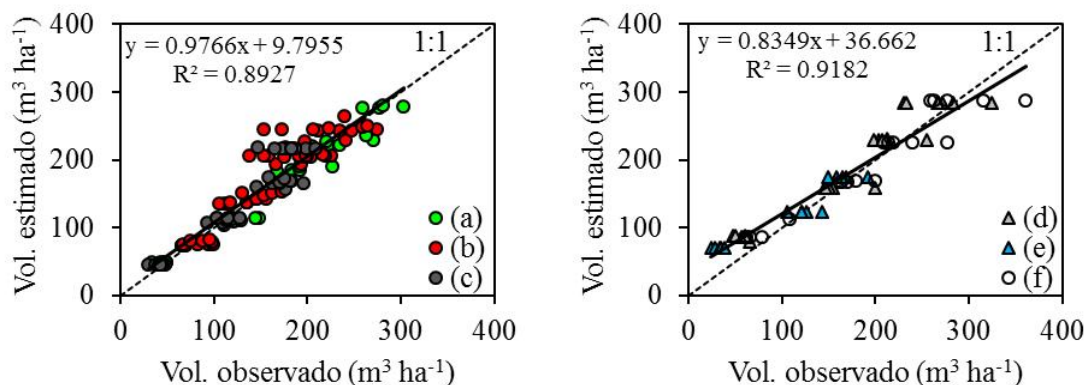


Figura 1. Relação entre o volume do eucalipto observado e estimado pelo modelo APSIM, durante o processo de calibração (localidades a, b e c) e avaliação (d, e, f), no estado de Minas Gerais.

No processo de calibração, a relação entre os valores observados e estimados demonstrou boa precisão ($R^2 = 0,89$) e exatidão ($d = 0,97$). O índice C foi de 0,92; o índice E foi de 0,88 e o EAM foi de $16,53 \text{ m}^3$, o que corresponde a um erro percentual (EAMP) de 11,93%. No processo de avaliação, as estatísticas foram as seguintes: $R^2 = 0,92$; $d = 0,97$; $C = 0,93$; $E = 0,90$; $EAM = 22,13 \text{ m}^3$; $EAMP = 25,28\%$. A capacidade

do modelo APSIM em estimar satisfatoriamente o volume do eucalipto também foi evidenciada por Huth, Snow e Keating (2001) e por Paydar, Huth e Snow (2005), ambos os estudos realizados na Austrália. No Brasil, não há trabalhos que utilizam este modelo para estimar a produtividade do eucalipto, entretanto, o mesmo tem demonstrado desempenho satisfatório para outras culturas, como a soja (BATTISTI; SENTELHAS; BOOTE, 2017) e o capim Mombaça (ARAUJO et al., 2013).

O modelo foi capaz de acompanhar a maioria das tendências dos dados observados nas diferentes condições estudadas (Figura 2). A estagnação do crescimento em todas as localidades (setas vermelhas) ocorreu na maioria das vezes entre os meses de abril e setembro, devido principalmente a ocorrência de déficit hídrico.

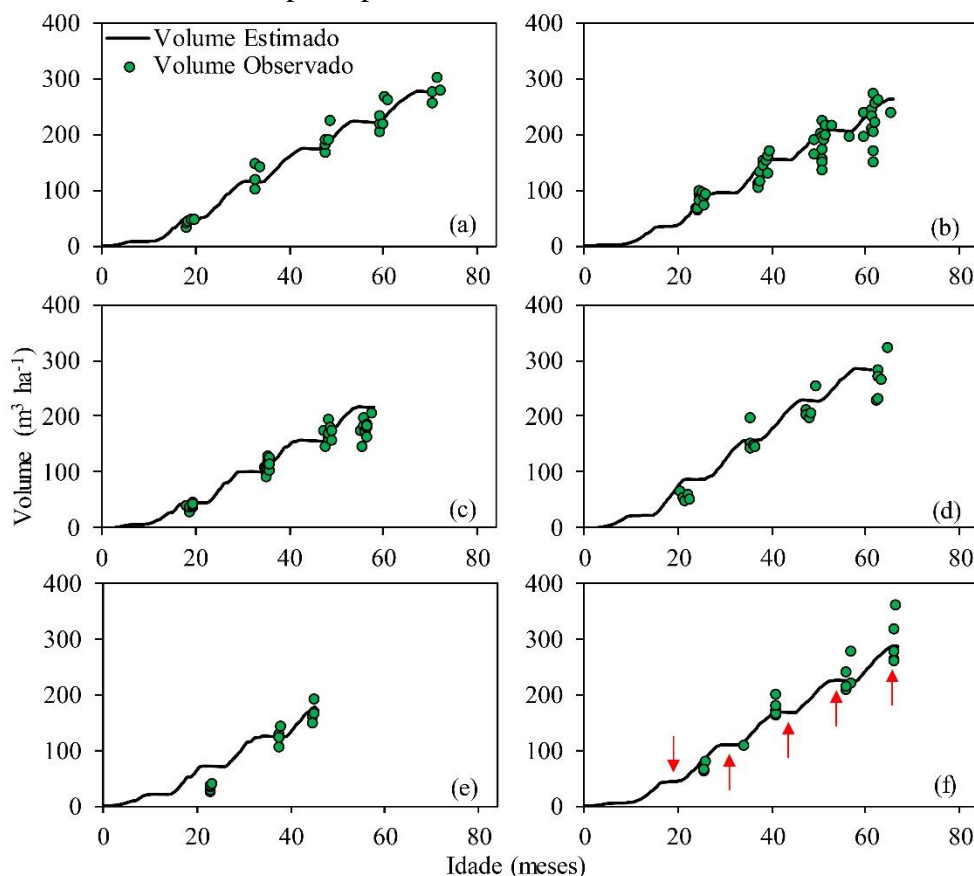


Figura 2. Volume do eucalipto observado e estimado pelo modelo APSIM em diferentes localidades do estado de Minas Gerais (a, b, c, d e f). Setas vermelhas indicam a estagnação do crescimento do eucalipto em períodos de déficit hídrico (setas estão presentes na Figura 2f, mas este resultado é observado em todas as localidades).

Estes resultados estão de acordo com aqueles apresentados por Stape et al. (2010), que constataram que a disponibilidade de água é o principal fator para a definição da produtividade do eucalipto no Brasil e que o abastecimento de água por meio da irrigação pode aumentar em até 67% o incremento médio anual de volume em locais mais secos.

CONCLUSÕES

O modelo APSIM apresentou desempenho satisfatório nas fases de calibração e avaliação para estimar a produtividade do eucalipto nas diferentes localidades e anos avaliados. Considerando que não há parametrizações deste modelo para o eucalipto nas condições brasileiras, esse estudo gera uma nova alternativa para melhorar o planejamento e o manejo florestal.

REFERÊNCIAS

- ACOCK, B.; ACOCK, M. C. Potential for Using Long-Term Field Research Data to Develop and Validate Crop Simulators. *Agronomy Journal*, v. 83, n. 1, p. 56, 1991.
- ARAUJO, L. C. et al. Simulating Guinea Grass Production: Empirical and Mechanistic Approaches. *Agronomy Journal*, v. 105, n. 1, p. 61, 2013.
- BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; BOOTE, K. J. Inter-comparison of performance of soybean crop simulation models and their ensemble in southern Brazil. *Field Crops Research*, v. 200, p. 28–37, 2017.
- BAUHUS, J.; MEER, P. VAN DER.; KANNINEN, M. (Org.). *Ecosystem goods and services from plantation forests*. London: Earthscan, 2010. 240 p.
- BRASIL. Ministérios das Minas e Energias. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD.22 - Goiás, SD. 23 - Brasília, SE.22 - Goiânia. (Levantamento de Recursos Naturais, 25, 29, 31). Rio de Janeiro. 1981.
- FISHER, R. F.; BINKLEY, D. (Org.). *Ecology and management of forest soils*. Wiley-Blackwell, 2013. 362 p.
- HUTH, N.; SNOW, V.; KEATING, B. Integrating a forest modelling capability into an agricultural production systems modelling environment - current applications and future possibilities. *Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation*, Canberra, Australia, p. 1895–1900, 2001.
- MCCOWN, R. L. et al. APSIM: a Novel Software System for Model Development, Model Testing and Simulation in Agricultural Systems Research. *Agricultural Systems*, v. 50, p. 255–271, 1996.
- PAYDAR, Z.; HUTH, N.; SNOW, V. Modelling irrigated Eucalyptus for salinity control on shallow watertables. *Australian Journal of Soil Research*, v. 43, n. 5, p. 587, 2005.
- STAPE, J. L. et al. The Brazil Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. *Forest Ecology and Management*, v. 259, p. 1684–1694, 2010.
- XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). *International Journal of Climatology*, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, maio 2016.

AVALIAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA SOJA EM TANGARÁ DA SERRA, MT

Guilherme Bariviera¹, Rivanildo Dallacort², Rafael Cesar Tieppo³, Francielle Freitas Vieira⁴, André Tavares de Vasconcelos⁵

¹Graduando em agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, guilherme.bariviera@hotmail.com; ² Eng. Agrícola, Professor, Dr, Universidade do Estado de Mato Grosso - PPGASP, Tangará da Serra, MT, rivanildo@unemat.br; ³ Eng. Agrícola, Professor, Dr, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, rafael@unemat.br; ⁴Mestranda em ambiente e sistema de produção agrícola-PPGASP, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, franciellefreitascosta@hotmail.com; ⁵ Graduando em agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, andre.vasconcelos04@gmail.com

RESUMO: A evapotranspiração da cultura da soja é condicionada pela fase fenológica que se encontra e pelas variáveis climáticas de temperatura e da radiação solar. Objetivou com esse trabalho avaliar a variabilidade da evapotranspiração da soja nas diferentes fases fenológicas em função da temperatura do ar e da radiação solar em Tangará da Serra – MT. Para a quantificação da evapotranspiração da cultura da soja, utilizou-se de dois lisímetros de pesagem de alta precisão, cultivados com a cultivar de soja Soy Tech 815 RR, semeada no dia 18/11/2015 e irrigada por um sistema de aspersão convencional. A coleta de dados de temperatura do ar e radiação solar foram efetuadas por uma estação meteorológica automática, presente próximo a área experimental. As fases fenológicas foram determinadas com observações do desenvolvimento da cultura no campo. A temperatura do ar e a radiação exerceram efeito na evapotranspiração da cultura da soja em todas as fases fenológicas da cultura. A fase R5-R7 consumiu um maior volume de água entre todas as outras fases.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine Max*, consumo hídrico, variáveis climáticas

EVALUATION OF SOY EVAPOTRANSPIRATION IN TANGARÁ DA SERRA, MT

ABSTRACT: The evapotranspiration of the soybean crop is conditioned by the phenological phase that is found and the climatic variables of temperature and solar radiation. The objective of this study was to evaluate the variability of soybean evapotranspiration in the different phenological phases as a function of air temperature and solar radiation in Tangará da Serra - MT. For the quantification of the evapotranspiration of the soybean crop, two high precision weighing lysimeters, cultivated with soybean cultivar Soy Tech 815 RR, sown on 11/18/2015 and irrigated by a conventional sprinkler system were used. The data collection of air temperature and solar radiation were performed by an automatic weather station, present near the experimental area. The phenological phases were determined with observations of the development of the crop in the field. The air temperature and the radiation exerted an effect on the evapotranspiration of the soybean crop in all phenological phases of the crop. The R5-R7 phase consumed a larger volume of water between all other phases.

KEY-WORDS: *Glycine Max*, water consumption, climatic variables

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração da cultura (Etc) é um dos principais processos que ocorre em cultivos agrícolas durante todo o seu desenvolvimento, sendo caracterizada pela perda de água por meio da evaporação do solo e pela transpiração da planta (ALLEN et al., 1998). Desta forma, o conhecimento da evapotranspiração da cultura é um parâmetro de grande relevância para o dimensionamento e o manejo de irrigação, contribuindo para o aumento da produtividade e otimização no uso dos recursos hídricos (SANTOS et al., 2013).

Nesse contexto, alguns fatores influenciam na evapotranspiração da cultura, principalmente os relacionados com o clima. Dentre as variáveis meteorológicas que tem influência na evapotranspiração destaca-se a temperatura do ar e a radiação solar (CAMARGO et al., 2000). A evapotranspiração da cultura é afetada diretamente pelo calor sensível do ar, sendo que a sua interação e transferência de energia para cultura é influenciada principalmente pela radiação solar absorvida pela atmosfera e a temperatura do ar (ALLEN et al., 1998).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade da evapotranspiração da soja nas diferentes fases fenológicas devido a influência da temperatura do ar e da radiação solar em Tangará da Serra – MT.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat), campus de Tangará da Serra (14° 39' S, 57° 25' W, 440 m). De acordo com Köppen, o clima da região é classificado como tropical úmido megatérmico (AW), com altas temperaturas, verão chuvoso e inverno seco, com média de precipitação de 1830 mm e temperatura média anual de 24,5 °C (DALLACORT et al., 2011). Para a quantificação da evapotranspiração da cultura, utilizou-se dois lisímetros de pesagem de alta precisão, previamente calibrados, com área de 2,25 m² (1,5 x 1,5 m) e profundidade de 1,20 m. Os valores foram obtidos por meio da variação de massa dos lisímetros, coletados diariamente no período entre as 6:00 da manhã as 18:00 horas da tarde, armazenadas em um datalogger e convertida em mm a cada dia, de acordo com metodologia de Faria et al. (2006). Após a ocorrência de precipitação e irrigação era efetuada a drenagem dos lisímetros, sendo que o solo era mantido em capacidade de campo.

Os dados climáticos de temperatura do ar e radiação solar incidente foram obtidos através de uma estação meteorológica automática instalada próximo a área experimental, pertencente ao laboratório de Meteorologia. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006). Realizou-se a semeadura manual da soja no dia 18/11/2015 nos lisímetros, para efeito de bordadura, fez-se a semeadura da soja ao redor dos lisímetros, no qual, totalizou uma área experimental de 500 m², utilizou-se a cultivar de soja Soy Tech 815 RR, com espaçamento entre fileiras de 0,45 m, a colheita foi realizada no dia 09/03/2016, totalizando ciclo de 109 dias. Os tratamentos culturais como, correção da acidez do solo e adubação da cultura seguiram por base a análise química do solo, o manejo de plantas daninhas, pragas e doenças foram efetuadas conforme necessários seguindo as recomendações técnicas para a cultura.

O manejo de irrigação foi realizado considerando a evapotranspiração contabilizada nos lisímetros, por meio de um sistema de irrigação por aspersão convencional fixo, utilizando seis aspersores da marca Eco 232 Fabrimar com espaçamento de 12 x 12 metros, operando a uma pressão de 30 mca, com coeficiente de uniformidade de distribuição de 86%, proporcionando uma lâmina de irrigação de

9,76 mm por hora. Para a determinação em dias das fases fenológicas da cultura da soja, foram feitas observações no campo no decorrer do desenvolvimento da cultura diariamente, dividindo as fases em E (Emergência) – V4 (Terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida), V4 – R1 (início de florescimento), R1 – R5 (início de enchimento de grãos), R5 – R7 (início da maturação) e maturação plena.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os 109 dias de ciclo da cultura da soja, foi verificada temperatura média de 25,75 °C e ocorrência de 62 precipitações e 5 eventos de irrigações, que totalizaram uma lâmina de água de 999,28 mm, condições essas favoráveis ao desenvolvimento da cultura segundo a Embrapa (2011), ressaltando que a necessidade hídrica da cultura varia de 450 a 800 mm. Na tabela 01, estão apresentados a duração em dias das fases fenológicas, bem como a média da evapotranspiração da cultura, temperatura do ar e radiação solar para o município de Tangará da Serra – MT.

Para as fases vegetativas que compreende a E – V4 e V4 – R1, tem-se duração de 17 e 19 dias e ETc média de 3,14 e 3,30 mm respectivamente, na fase E – V4 o maior saldo de ETc corresponde ao processo de evaporação do solo, visto que a planta está iniciando o seu desenvolvimento e possui baixo índice de área foliar, deixando o solo descoberto, fazendo que a radiação solar atinja diretamente o solo. De acordo com Andrade (2008) a maior fonte de energia para a evaporação é a radiação solar, e segundo Soares et al. (2001) relatam que no período inicial do desenvolvimento da cultura a evapotranspiração depende da lâmina de água aplicada, da demanda evaporativa e da textura do solo. Em contrapartida, da fase V4 – R1, tem-se o desenvolvimento da área foliar chegando ao máximo na fase R1, assim ocorre uma inversão no consumo de água, que agora é decorrente da transpiração da planta, devido sua área foliar, atrelado a isso, nessa fase ocorre os maiores valores de temperatura do ar e radiação solar, fatores esses, que favorecem a evapotranspiração (CHAVES et al., 2005). De acordo com Embrapa (2007) o consumo de água da cultura aumento no decorrer do seu desenvolvimento, atingindo seu máximo na fase reprodutiva, devido a cultura apresentar maiores alturas e índice de área foliar.

Tabela 01. Valores médios de evapotranspiração da cultura (ETc), temperatura média (Tmed), radiação solar (R_N) e umidade relativa do ar (Umid) para as fases fenológicas da cultura soja para Tangará da Serra – MT.

Fases fenológicas	Dias	ETc (mm)	Tmed (°C)	R _N (MJ m ² d ⁻¹)	Umid (%)
E – V4	17	3,14	26,08	18,33	78,23
V4 – R1	19	3,30	26,45	20,99	75,80
R1 – R5	21	2,19	24,91	14,34	84,70
R5 – R7	35	3,65	25,80	19,07	80,14
Maturação	16	2,11	25,49	17,92	80,81

Para as fases reprodutivas que compreende desde a R1 – R5 e R5 – R7, a evapotranspiração foi de 2,19 e 3,65 mm, com duração dessas fases de 21 e 35 dias respectivamente. A fase R1 – R5 que abrange o início do florescimento e o enchimento de grãos, que é considerada uma das fases de maior demanda por água pela cultura

(SILVA; SARTORI; WOLLMANN, 2014), teve menor evapotranspiração da cultura em relação as fases vegetativas (E-V4 e V4-R1) e a fase reprodutiva (R5-R7), isso pode estar relacionado a temperatura média e a radiação solar que tiveram as menores médias para essa fase. Segundo Borges et al. (2010) dentre as variáveis climáticas que influenciam a evapotranspiração, destaca-se a temperatura, umidade do ar e radiação solar. De acordo com Souza (2003) as variações da evapotranspiração que ocorre na mesma fase fenológica é devido as condições climática do local e do período de duração da referida fase. Na fase R5 – R7 que compreende todo o período de enchimento de grãos, tem-se o maior valor de ETc com média de 3,65 mm, isso ocorre pelo o aumento da demanda de água pela cultura, aliado a isso, nessa fase ocorreram altas temperaturas e incidência de radiação solar. Suyker e Verma (2009) observaram aumento da demanda de água pela cultura à medida que ela se desenvolvia no campo. Segundo a Embrapa (2007) o consumo de água da soja na fase de floração-enchimento de grão pode chegar até 7 a 8 mm/dia.

Para a fase de maturação ocorre a queda da ETc, devido a senescência das folhas e a redução do metabolismo da planta, conseqüentemente menor quantidade de água é requerida pela planta. A ETc da soja é condicionada pela fase fenológica que a cultura se encontra no campo e pela temperatura e radiação solar.

CONCLUSÕES

Na fase R1 – R5 os menores valores de temperatura e radiação solar provocaram queda acentuada na evapotranspiração da soja.

A fase R5 – R7 foi a que apresentou a maior média de evapotranspiração da cultura da soja.

AGRADECIMENTOS

Ao Cnpq pela concessão da bolsa de iniciação científica para o desenvolvimento do trabalho e a Fapemat pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome. FAO, 1998. (FAO – Irrigation and Drainage Paper 56).

ANDRADE, J. G. **Perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de plantio direto e convencional**. Santa Maria: UFSM, 2008. 92p. Dissertação Mestrado.

BEZERRA, J. R. C. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 marrom, irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 625-632, 2010.

BORGES, R. L. M. et al. Evapotranspiração de referência utilizando a equação de Penman-Monteith com diferentes metodologias para o cálculo da temperatura média diária do ar. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 31, n. 1, 2010.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125-237, 2000.

CHAVES, S. W. P. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetros de drenagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 3, p. 262-267, 2005.

DALLACORT, R. et al. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193–200, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: EMBRAPA, 2006. 306 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologia de produção da soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Circular técnico: Ecofisiologia da soja**. Londrina, 2007.

FARIA, R. T. et al. Construção e calibração de lisímetros de alta precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 237-242, 2006.

SANTOS, W. O. et al. Evapotranspiração da cultura do milho verde, análise estatística. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 75-81, 2013.

SILVA, R. R.; SARTORI, M. G. B.; WOLLMANN, C. A. Relação entre precipitação pluviométrica e produtividade da cultura de soja, no município de Ibirubá-RS. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, p. 296-314, 2014.

SOARES, W. R. et al. Dependência do coeficiente de cultura no estágio inicial de desenvolvimento ($K_{c_{ini}}$) à lâmina de irrigação e textura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 23-27, 2001.

SOUZA, C. B. de. **Necessidades hídricas, crescimento e desenvolvimento do abacaxizeiro nos tabuleiros de Santa Rita – PB**. Campina Grande: UFPB, 2003. 124p. Tese Doutorado.

SUYKER, A. E.; VERMA, S. B. Evapotranspiration of irrigated and rainfed maize-soybean cropping systems. **Revista Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, p. 443-452, 2009.

INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL NA TEMPERATURA DO SOLO CULTIVADO COM MILHO VERDE

Julia Gallo Barreto¹, Rivanildo Dallacort², Rafael Cesar Tieppo³, André Tavares de Vasconcelos⁴, João Danilo Barbieri⁵

¹Graduanda em Agronomia, Universidade do estado do Mato Grosso, Tangará da Serra, Mato Grosso, juulia_barreto@hotmail.com; ²Eng. Agrícola, Professor, doutor em Agronomia, Universidade do estado de Mato Grosso- PPGASP, Tangará da Serra, Mato Grosso, rivanildo@unemat.br; ³Eng. Agrícola, Professor, Doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade do estado do Mato Grosso, Tangará da Serra, Mato Grosso, rafaelt@unemat.br; ⁴Graduando em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da serra, Mato Grosso, andre.vasconcelos04@gmail.com; ⁵Doutorando em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, jd.barbieri@hotmail.com.

RESUMO: Objetivou-se determinar a flutuação da temperatura do solo em função do uso de cobertura morta e solo descoberto, no cultivo de milho verde no município de Tangará da Serra – MT. O experimento foi conduzido na área experimental do laboratório de Meteorologia e Horticultura, localizada na Universidade do Estado de Mato Grosso, foram instalados sensores do tipo K para a determinação da temperatura do solo sob duas condições: cultivo de milho verde com cobertura de braquiária em densidade de 4.000 kg ha⁻¹ (T2) e cultivo de milho verde em solo sem cobertura (T1). O período de avaliação deu-se entre 15/10/2015 e 27/11/2015. Constatou variação da temperatura do solo em função das condições estudadas, sendo que o uso de cobertura morta reduziu a temperatura em relação ao solo descoberto e ainda sofreu influência dos estádios fenológicos do milho verde na redução da temperatura do solo, devido o sombreamento. Conclui-se que houve redução de 2 °C na temperatura média do solo e 2,8 °C na temperatura máxima no tratamento com cobertura.

PALAVRAS-CHAVE: Amplitude térmica, práticas conservacionistas, braquiária.

INFLUENCE OF VEGETABLE COVERAGE AT SOIL TEMPERATURE CULTIVATED WITH GREEN CORN

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the soil temperature variation due to the use of mulching and bare soil in the cultivation of green corn in the municipality of Tangará da Serra - MT. The experiment was conducted in the experimental area of the Laboratory of Meteorology and Horticulture, located at the State University of Mato Grosso, K type sensors were installed to determine soil temperature under two conditions: cultivation of green corn with density brachiaria Of 4,000 kg ha⁻¹ (T2) and green maize cultivation on uncovered soil (T1). The valuation period was between 10/15/2015 and 11/27/2015. It was observed that the soil temperature variation was lower in relation to the exposed soil, and it was influenced by the phenological stages of the green corn in the reduction of soil temperature, due to the shading. It was concluded that there was a reduction of 2 °C in the average soil temperature and 2.8 °C in the maximum temperature in the cover treatment.

KEY-WORDS: Thermal amplitude, conservation practices, brachiaria.

INTRODUÇÃO

As condições edafoclimáticas é um dos fatores que definem um sistema de produção, e qualquer alteração nesses fatores exerce influência direta na produtividade da cultura, já que o seu bom desenvolvimento inicia-se com condições favoráveis de cultivo(OLIVEIRA et al., 2005). Desta forma destaca-se, a temperatura do solo, em que temperaturas elevadas, implicam diretamente no desenvolvimento e crescimento das plantas cultivadas, além disso, esta variável pode dificultar a germinação das sementes e comprometer a absorção de nutrientes pela planta.(FURLANI et al., 2008; GASPARIM et al., 2005; MARCELO; SANS, 2009).

Deste modo, torna-se necessário a adoção de práticas de cultivos que visem diminuir tais fatores que restringe a produtividade da planta. O uso de cobertura morta na superfície do solo constitui em uma prática que pode reduzir as variações na temperatura do solo,(FAVARATO et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2005). Isso porque, a cobertura altera o regime térmico dos solos, protegendo-o das variações climáticas (FURLANI et al., 2008; GASPARIM et al., 2005), mantendo-o com temperatura adequada para o desenvolvimento das plantas.

Objetivou-se determinar a flutuação da temperatura do solo em função do uso de cobertura morta e solo descoberto, no cultivo de milho verde no município de Tangará da Serra – MT.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso, *campus* de Tangará da Serra. A área está localizada em 14°39' S de latitude, 57°25' W de longitude e altitude de 321,5 metros. O clima é classificado como tipo AW, de acordo com a classificação de Köppen e, caracterizado como tropical úmido megatérmico, o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (DALCHIAVON et al., 2010). A temperatura, precipitação e umidade média anual da região são de 24,4° C, 1.500 mm e 70-80%, respectivamente.(DALLACORT et al., 2010).

A temperatura do solo foi determinada através de sensor termopar do tipo K, constituídos por cobre e constantan, e foram instalados dia 14 de setembro de 2015, na profundidade de 5 cm, o sensor foi conectado a um multiplexador e este a um Datalogger, programado para armazenar os dados coletados a cada 10 minutos no decorrer das 24 horas do dia. Os dados foram separados em planilhas do *software* Excel® no qual foram ordenados, classificados e analisados.

Realizou-se dois tratamentos, T1: cultivo do milho verde em solo sem cobertura e T2: cultivo de milho verde com cobertura de 4.000 kg ha⁻¹ de braquiária. Cada unidade experimental apresentou dimensões de 6 x 6 metros, com área total de 72 m². Utilizou-se o híbrido Ag 1051, semeados no dia 28 de setembro de 2015, com espaçamento entre linhas de 0,45m, e a deposição da quantidade de braquiária ocorreu no dia 15 de outubro, ou seja, 11 dias após a emergência.

As variáveis climáticas foram obtidas por meio dos dados coletados da estação meteorológica, localizada no campo experimental. A colheita foi realizada manualmente, quando as espigas de cada parcela atingiram o estágio de grão leitoso, com cerca de 70 a 80% de umidade, 78 dias após o plantio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do solo varia em função da condição de cobertura sobre o solo. A média da temperatura média do solo no período entre 15/10/2015 a 27/11/2015 foi de 27,36°C para T1 e, 27,07°C para T2. Durante este período, a temperatura média do ar foi de 27,06°C e o total precipitado foi de 231,148mm. A temperatura do ar influenciou na temperatura média do solo, visto que os picos de altas temperaturas médias do solo coincidiram com os dias em que as temperaturas médias do ar estavam altas.

O T2 apresentou pouca oscilação na temperatura média, variando de 25,3 a 29,19°C a 5 cm e, valor médio de 27,07°C, entretanto, o T1 obteve variação de 24,59 a 31,39°C e média de 27,36°C (Figura 1), verificando um decréscimo de 2°C com a utilização de resíduos vegetais na superfície do solo, demonstrando a importância do uso da cobertura no solo na diminuição das oscilações de temperatura. Além disso, outro aspecto que teve influência na oscilação da temperatura média foi o aumento da área foliar do milho, ocorrendo um decréscimo na variação e na temperatura nos últimos dias avaliados.

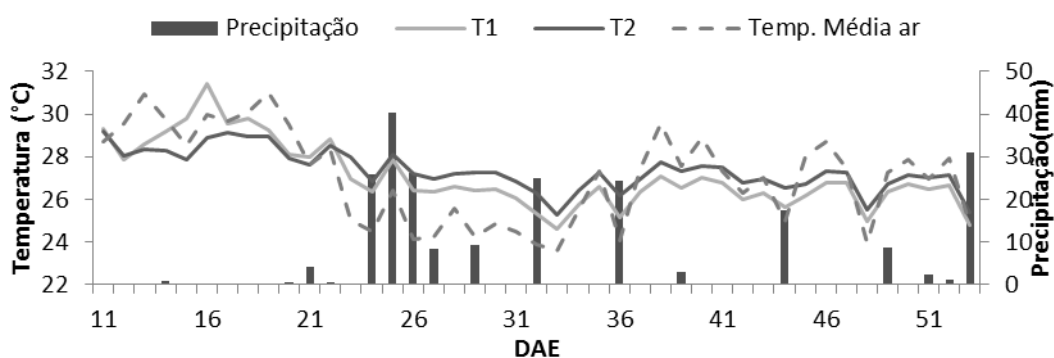


Figura 1. Temperatura média diária do solo nos tratamentos T1: cultivo de milho verde sem cobertura e T2: cultivo de milho verde com cobertura de 4.000 kg ha⁻¹ de braquiária, 11 dias após a emergência (DAE) da cultura do milho verde.

A temperatura máxima do solo no T2 manteve-se entre 26,78 a 36,02°C, já o T1 variou de 26,21 a 38,82°C. O uso da cobertura reduziu a temperatura máxima do solo em 2,8°C. Os valores mais altos de temperatura máxima do solo foram observados nos primeiros 15 dias de avaliação (Figura 2), onde o milho verde encontrava-se com menor índice de área foliar, tendo maior intensidade da incidência de raios solar devido ao pouco sombreamento, contudo, com o prosseguimento do período de avaliação observa-se redução de valores, segundo Gasparim et al. (2005) a superfície do solo tem como propriedade trocar e armazenar energia térmica, e a partir da intensidade da radiação incidente no solo ocorre o seu aquecimento e resfriamento, resultando em flutuações térmicas nas camadas.

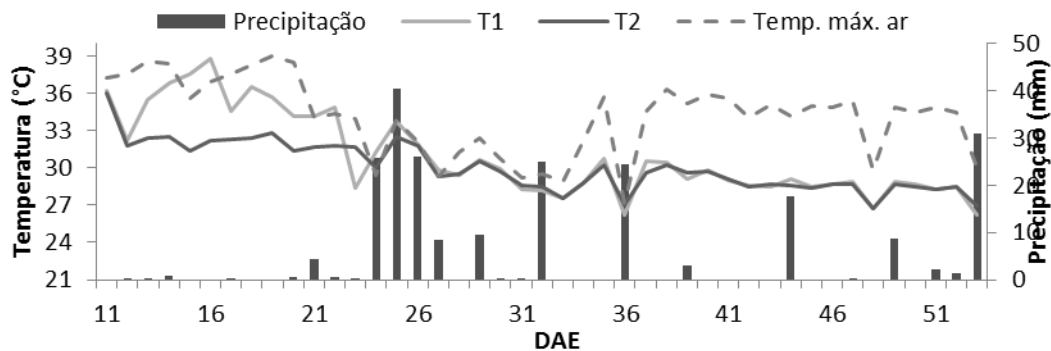


Figura 2. Temperatura máxima diária do solo nos tratamentos T1: cultivo de milho verde sem cobertura e T2: cultivo de milho verde com 4.000 kg ha⁻¹, 11 dias após a emergência (DAE) da cultura do milho verde.

A temperatura mínima do solo foi superior à temperatura do ar em ambos os tratamentos. A menor oscilação de temperatura mínima ocorreu no T2, com oscilação entre 23,34 a 26,73°C e, o menor valor ocorreu aos 53 DAE, essa menor oscilação deve-se ao fato que a cobertura morta sobre o solo proporciona maior retenção de água. No T1, os valores oscilaram de 21,98 a 26,37°C, essa variação mais intensa está relacionada com o fato do solo estar desprovido de cobertura tornando assim mais fácil receber e perder calor no decorrer do dia. (Figura 3).

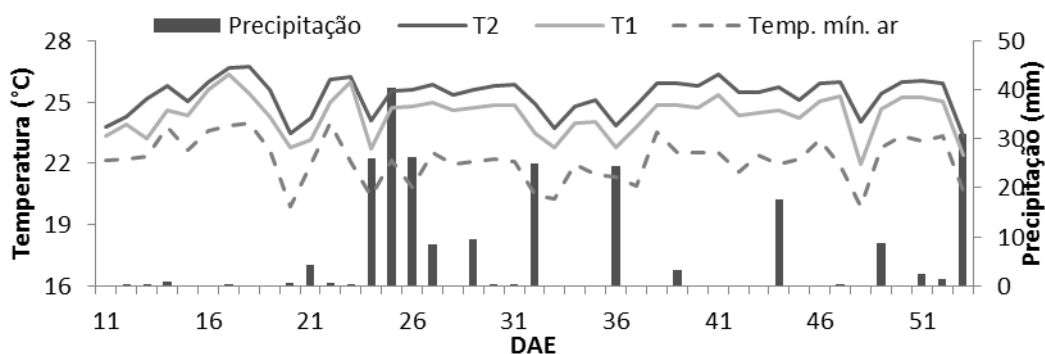


Figura 3. Temperatura mínima diária do solo nos tratamentos T1: cultivo de milho verde sem cobertura e T2: cultivo de milho verde com 4.000 kg ha⁻¹, 11 dias após a emergência (DAE) da cultura do milho verde.

A maior amplitude da temperatura do solo ocorreu no T1, com valor de 13,2°C em 16 DAE, e média de 6,57°C, enquanto que no T2, o valor encontrado foi 12,25°C, com média de 4,72°C. Resultados semelhantes foram encontrados por Belan et al. (2013), que relataram que o solo sem cobertura também apresentaram maior amplitude da temperatura. Também Carneiro et al. (2014), constatou maior amplitude da temperatura, nos tratamentos com o solo descoberto. Ainda de acordo estes autores, as elevadas amplitudes encontradas podem ser justificadas pelos baixos índices de precipitação, variações da temperatura do ar e pela alta incidência solar, que colabora para o aquecimento do solo.

CONCLUSÕES

A utilização da cobertura morta de braquiária de 4.000 kg ha⁻¹ exerceu influência na temperatura do solo, reduzindo as temperaturas médias do solo em 2°C e as máximas em 2,8°C.

AGRADECIMENTOS

A Universidade do Estado do Mato Grosso pelo apoio e auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

BELAN, L. L. et al. Dinâmica entre temperaturas do ar e do solo sob duas condições de cobertura. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 11, n. sup1, p. S147-S154, 2013.

CARNEIRO, R. G. et al. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. *Variability of soil temperature as function of litter in fragment. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 1, p. 99–108, 2014.

DALCHIAVON, F. C. et al. Características agrônômicas das sementes e dos frutos de pinhão-mansão no município de Tangará da Serra, MT. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v. 8, n. 1, p. 95–101, 2010.

DALLACORT, R. et al. Wind speed and direction characterization in Tangará da Serra, Mato Grosso state, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 3, p. 359–364, 2010.

FAVARATO, L. F. et al. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. *Bragantia*, v. 75, n. 4, p. 497–506, dez. 2016.

FURLANI, C. E. A. et al. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, p. 375–380, 2008.

GASPARIM, E. et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 27, n. 1, p. 107–115, 2005.

MARCELO, L.; SANS, A. Influência dos atributos climáticos na implantação do milho e sorgo em safrinha. p. 67–74, 2009.

OLIVEIRA, M. L. DE et al. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 4, p. 535–539, 2005.

INFLUÊNCIA DA DISPONIBILIDADE DE RADIAÇÃO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO

Rogério de Souza Nóia Júnior¹, Talita Miranda Teixeira Xavier², José Eduardo Macedo Pezzopane³, Rachel Clemente Carvalho⁴, Vanessa de Oliveira Gomes⁵

¹Mestrando no Programa de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Esalq-USP, Piracicaba, São Paulo, rogeriosouzanoia@gmail.com; ²Doutora em Produção Vegetal, NEDTEC-UFES, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, talitamtx@yahoo.com.br; ³Professor associado IV, UFES, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, pezzopane2007@yahoo.com.br; ⁴Graduanda em Engenharia Florestal, UFES, Alegre, Espírito Santo, rachelclemente1001@hotmail.com; ⁵Graduanda em Engenharia Florestal, UFES, Alegre, Espírito Santo, v.gomes20@hotmail.com.

RESUMO: Devido ao rápido crescimento e a adaptação a diferentes condições ambientais, o gênero *Eucalyptus* possui destaque em plantios florestais comerciais. A radiação solar influencia todos os processos fisiológicos, governando, portanto, a produtividade vegetal. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo estudar como a disponibilidade de energia solar influencia o crescimento de plantas de eucaliptos. O estudo foi realizado em casa de vegetação climatizada, com controle de temperatura e umidade relativa do ar, seguindo um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (níveis de disponibilidade energética) e seis repetições. Os resultados mostraram que a ocorrência de dias com menor disponibilidade de energia solar reduz a área foliar, número de folhas e o acúmulo de biomassa do eucalipto.

PALAVRAS-CHAVE: Nebulosidade, produtividade florestal, radiação global.

INFLUENCE OF RADIATION AVAILABILITY EUCALYPTUS SEEDLING GROWTH

ABSTRACT: Due to the rapid growth, and the adaptation to different environmental conditions, the genus *Eucalyptus* stands out in commercial forest plantations is prominent in commercial forest plantations. The solar radiation influences all physiological processes, thus governing plant productivity. In this context, the present work aims to study how the availability of solar energy influences the growth of eucalyptus plants. The study was conducted in a greenhouse with temperature and relative humidity controlled, following a completely randomized design, with four treatments (levels of energy availability) and six replicates. The results showed that the occurrence of days with lower availability of solar energy reduces leaf area, number of leaves and the accumulation of eucalyptus biomass.

KEY-WORDS: Cloudiness, Forest productivity, global radiation.

INTRODUÇÃO

Devido ao rápido crescimento, e a adaptação a diferentes condições ambientais, o gênero *Eucalyptus* possui destaque em plantios florestais comerciais, representando 72,2% do total da área de árvores plantadas do Brasil (IBÁ, 2016). As áreas destinadas ao plantio de eucalipto têm aumentado consideravelmente nos últimos anos. Desta forma, estudos sobre o crescimento de plantas em condições ambientais adversas têm se tornado cada vez mais importantes para possibilitar a expansão do cultivo para diversas áreas. Dentre os elementos climáticos, a radiação solar influencia todos os principais processos fisiológicos, tais como, transpiração e fotossíntese, podendo reduzir o crescimento e o desenvolvimento das plantas (ALTER et al., 2012).

A variação da radiação solar ao longo dos anos, devido principalmente às nuvens, aerossóis e vapor de água (WANG; YANG, 2014) têm afetado a fotossíntese, evapotranspiração (OLIVEIRA et al., 2011) e conseqüentemente a produção agrícola. Segundo Calbó et al. (2005), em condições de céu totalmente nublado, a radiação global pode ser reduzida em até 90%. Além da redução em quantidade, ocorre ainda a redução da qualidade da radiação disponível para as plantas (FANKHAUSER; BATSCHAUER, 2016), o que gera prejuízos no acúmulo de biomassa das plantas.

Nesse contexto, visando contribuir para a melhor compreensão das relações planta-ambiente, o presente trabalho tem como objetivo estudar como a disponibilidade de energia solar influencia o crescimento de plantas de eucalipto, e desta forma auxiliar na escolha dos melhores locais para o cultivo da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de 06 de outubro a 18 de novembro de 2016, totalizando 44 dias de experimentação, em casa de vegetação climatizada pertencente ao Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro, ES, coordenadas geográficas: 20°47'8"S e 41°23'52"O.

Os níveis de sombreamento (Figura 1) foram obtidos utilizando estruturas móveis que eram colocadas sobre as plantas e permaneciam por 3 dias, de acordo com o tratamento e posteriormente era retirada a estrutura e as mesmas ficavam expostas a pleno sol por igual período para evitar que a planta se adaptasse morfológica e fisiologicamente.

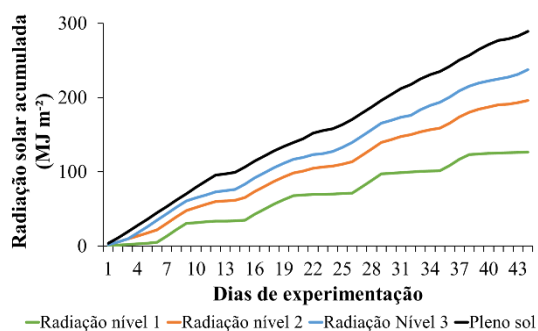


Figura 1. Radiação acumulada durante o período de experimentação, simulando diferentes condições de radiação disponível para o desenvolvimento de eucalipto, no município de Jerônimo Monteiro, ES.

As estruturas foram cobertas com tela de nylon nas porcentagens 50 e 89%, cor preta, com níveis de sombreamento distintos. O tratamento controle foi composto de plantas expostas a pleno sol durante todo o experimento. Os demais tratamentos foram caracterizados por diferentes níveis de disponibilidade energética. Foram utilizadas

mudas em fase de expedição de um clone comercial híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. As mudas foram transplantadas para vasos de 12 litros contendo substrato comercial para espécies florestais.

A caracterização microclimática foi feita por meio de duas estações meteorológicas automáticas instaladas no interior das casas de vegetação. Cada estação era composta por sensores de temperatura e umidade relativa do ar, modelo CS500 (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA), radiômetro quântico linear, modelo SQ-311 (Apogee Instruments, Logan, UT, USA). Os dados foram armazenados em um datalogger, modelo CR 1000 (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA) com varredura a cada 10 segundos e armazenamento dos valores médios a cada 1 minuto. Com os dados de temperatura e umidade relativa foi calculado o déficit de pressão de vapor (DPV). A variação média diária da temperatura do ar e do DPV, estão apresentados na Figura 2.

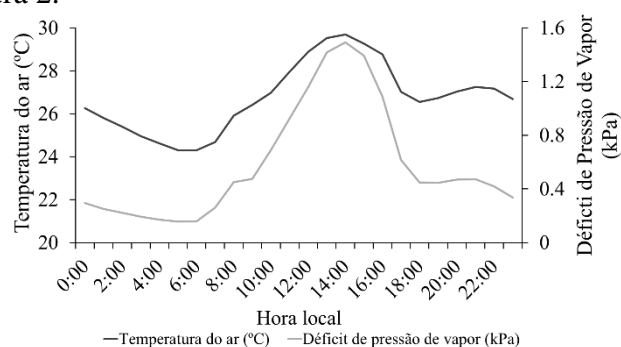


Figura 2. Curso médio da temperatura do ar e do déficit de pressão de vapor no ar, durante os sete dias de experimentação, no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Após 40 dias de experimentação, avaliaram-se os seguintes parâmetros: área foliar, massa seca de folhas, caule e raízes. Para medidas de área foliar, utilizou-se um medidor de área foliar modelo LI 3100 (LI-COR Inc, Lincoln, NE, USA). A massa seca foi obtida após a secagem das folhas, caule e raízes em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 75°C, onde permaneceram até que atingissem peso constante.

O estudo seguiu um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 tratamentos (níveis de disponibilidade energética) e seis repetições. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância por intermédio do Teste F, com nível de significância igual a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se na Figura 3, para o clone de eucalipto estudado, o acúmulo de biomassa seca do caule, raiz e folhas, a área foliar, número de folha, altura e diâmetro sob diferentes condições de disponibilidade de energia solar. Verifica-se que o clone de eucalipto estudado foi susceptível a redução da disponibilidade energética, uma vez que todas as variáveis apresentaram interação significativa pela análise de variância ($P < 0,05$).

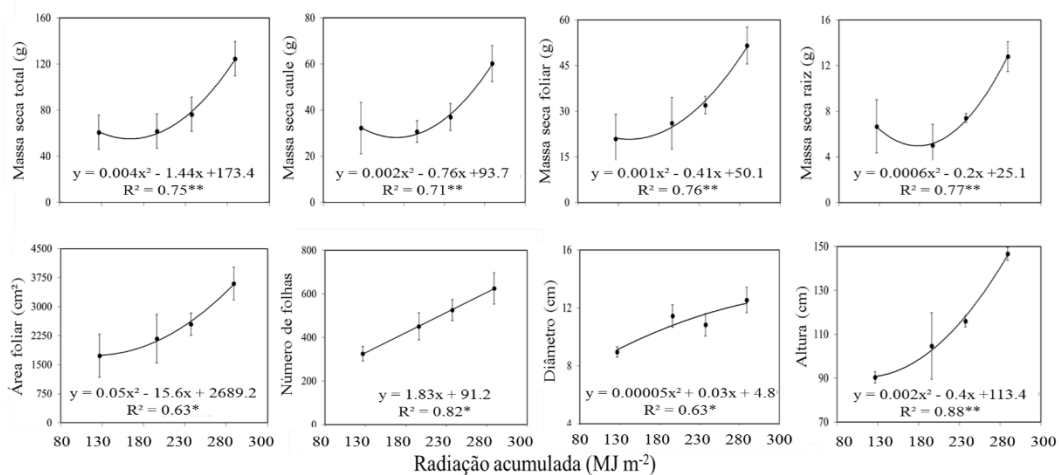


Figura 3. Efeito da disponibilidade energética nas variáveis de crescimento, nas mudas de eucalipto de acordo a análise de variância (ANOVA). *Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($\alpha = 5\%$).

A relação entre o número de folhas e a disponibilidade energética pode ser explicada por um modelo linear. Por outro lado, nota-se que o modelo polinomial quadrático é aquele que melhor explica a interação entre acúmulo de massa seca das raízes, caule, folhas e total, altura, diâmetro e área foliar da espécie de eucalipto com a disponibilidade energética. O acúmulo de biomassa depende da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) interceptada e da eficiência de utilização dessa energia pelo processo fotossintético. No entanto, altas intensidades de radiação solar podem levá-las a saturação luminosa, diminuindo a eficiência no uso da radiação.

Espécies vegetais submetidas a uma variação da condição luminosa, tendem, ainda, a promover ajustes de acordo com a mudança ocorrida. Contudo, observa-se na Figura 4, que as mudas de eucalipto não se diferenciaram quanto a partição de massa seca. Desta forma, pode-se inferir que embora a disponibilidade de energia tenha prejudicado o acúmulo de massa seca, a mesma não foi suficiente para gerar adaptações morfológicas no clone estudado.

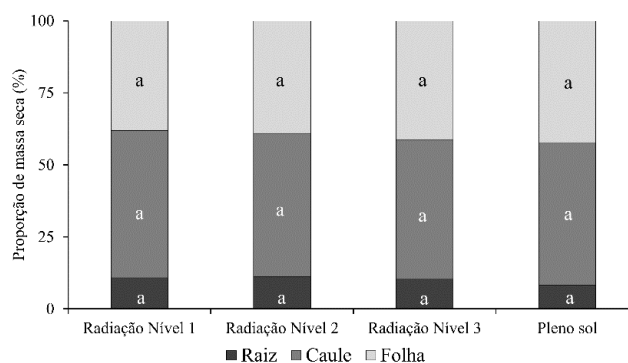


Figure 4. Proporção de massa seca em diferentes níveis de radiação para a espécie de *Eucalyptus sp.* Diferentes letras no mesmo coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

As mudanças naturais da oferta energética podem variar de um dia para outro em função da ocorrência de dias ensolarados e nublados. A sequência desses eventos ocasiona uma diferença na radiação acumulada que a planta recebe ao longo de seu ciclo e que certamente interfere no seu crescimento, conforme observado na Figura 3.

Contudo, essa variação pode não ser suficiente para gerar alterações morfológicas em plantas de eucalipto (Figura 4).

CONCLUSÕES

A simulação de diferentes disponibilidades energéticas foi importante para identificar a resistência do clone de eucalipto a radiação solar plena. Os resultados mostraram que nas condições do presente estudo, quanto maior foi a disponibilidade energética, maior foi o acúmulo de massa seca, a área foliar e o número de folhas. Contudo, a simulação alternada de dias com alta e baixa disponibilidade energética não causaram alteração morfológicas no clone de eucalipto estudado.

REFERÊNCIAS

ALTER, P., et al. Acclimatory responses of Arabidopsis to fluctuating light environment: comparison of different sunfleck regimes and accessions. **Photosynthesis Research**, v.113, p.221-237, 2012.

CALBÓ, J.; PAGÈS, D.; GONZÁLEZ, J.A. Empirical studies of cloud effects on UV radiation: A review. **Journal of Geophysical Research: Atmosphere**, v.45, 2005.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Ibá 2016**. Brasília: IBÁ, 2016. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso em: 15 março 2016.

OLIVEIRA, P.J.C.; DAVIN, E.L.; LEVIS, S.; SENEVIRATNE, S.I. Vegetation-mediated impacts of trends in global radiation on land hydrology: a global sensitivity study. **Global change biology**, v.17, n.11, p.3453 -3467, 2011.

SHIMAZAKI, K., et al. Properties of the signals transduction pathway in the blue light response of stomatal guard cells of *Vicia faba* and *Commelina benghalensis*. **Plant Cell Physiology**, v.8, n.34, p.1321-1327, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Piracicaba: Ed. Artmed, 5. ed., 2013. 954 p.

WILD, M. Global dimming and brightening: A review. **Journal of Geophysical Research: Atmosphere**, v.114, p.1-31, 2009.

WANG, Y.W., YANG, Y.H. China's dimming and brightening: evidence, causes and hydrological implications. **Annales Geophysicae**, v.32, p, 41-55, 2014.

INFLUÊNCIA DO EL NIÑO NOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS E BALANÇO HÍDRICO DO SOLO EM MANAUS.

Isaac Cohen Antonio¹

¹Eng. Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas,
isaac.cohen@embrapa.br

RESUMO: Os eventos extremos das variações positivas do fenômeno ENOS dos últimos 66 anos, ocorridos em 97/98 e 15/16, podem ter gerado eventos iguais no regime de precipitação, temperaturas do ar e no balanço hídrico do solo na região de Manaus, nos anos de 1997/1998 e 2015/2016, ocasionando um forte e prolongado déficit hídrico para a região, com 6 meses de duração, nos anos de 1997 (junho a outubro e dezembro) e 2015 (julho a dezembro e janeiro de 2016), com significantes retiradas de água do solo quando comparado com o balanço hídrico da série 1971-2015. O déficit hídrico de 2015, prolongou-se até o mês de janeiro de 2016, neste último ano, o balanço hídrico do solo, apresentou três períodos de déficits hídricos intercalados por três períodos de excedente hídrico no solo.

PALAVRAS-CHAVE: Parâmetros climáticos, agroclimatologia, ENOS.

EL NIÑO INFLUENCE OF EXTREME CLIMATE EVENTS AND HYDRIC SOIL BALANCE IN MANAUS

ABSTRACT: The extreme events of the positive variations of the last 66 years, of the ENSO phenomenon, occurred in 97/98 and 15/16, can be generated equal events in the precipitation regime, air temperatures and soil water balance in the Manaus region, in the years 1997/1998 and 2015/2016, causing a strong and prolonged water deficit for the region, with 6 months of duration, in the years of 1997 (June to October and December) and 2015 (July to December and January 2016), with significant water withdrawals from the soil, when compared to the water balance of the 1971-2015 series. The water deficit in 2015 year, continued until January 2016, in this last year, the soil water balance presented three periods of water deficits interspersed by three periods of water surplus in the soil.

KEY-WORDS: Climatic parameters, agroclimatology, ENSO.

INTRODUÇÃO

O acompanhamento dos parâmetros climatológicos através do registro diário, permite definir e avaliar se ocorrem mudanças no clima local. O fenômeno El Niño, que consiste na elevação da temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Equatorial, denominado de El Niño-Oscilação Sul (ENOS), ocorre com a periodicidade de quatro a doze anos, ocasionando a morte de plânctons e peixes, alterando a circulação dos ventos do Pacífico, criando padrões climáticos anormais no mundo todo (NOAA, 2005). As anomalias positivas do ENOS são denominadas de El Niño e as negativas de La Niña.

A definição oficial para o El Niño por consenso internacional, segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), divulgado por NOAA (2005), é que é um fenômeno que ocorre nas águas do Oceano Pacífico equatorial, quando a média de três meses consecutivos da temperatura positiva da superfície do mar, ultrapassa no mínimo 0,5 °C a Normal (período 1971-2000), na região do Niño 3.4, devendo permanecer com essas condições ao menos por cinco trimestres consecutivos ou seis meses seguidos (CONAGUA, 2010), podendo ter uma duração de doze meses ou mais (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2017), que pode influenciar significativamente os padrões climáticos, as condições dos oceanos e as pescarias marítimas em várias partes do planeta, por um longo período de tempo (NOAA, 2016).

A oscilação positiva forte ou muito forte da TSM (temperatura da superfície do mar) do Pacífico Equatorial (fenômeno ENOS - El Niño Oscilação Sul), coincide com a redução de chuvas e baixo nível dos rios em vários anos no norte da Amazônia (MARENGO, 1992). Ronchail et al. (2002), estudando uma série de 1977 a 1999, concluíram que no pico de um evento El Niño, durante a estação seca, quando a TSM do Atlântico Norte está mais quente do que o normal, a influência do fenômeno El Niño predomina sobre as demais interações que determinam o clima e o regime de chuvas na Amazônia.

O objetivo deste trabalho foi constatar se houve alterações extremas nos parâmetros climáticos e balanço hídrico do solo na região de Manaus, utilizando os dados da série histórica da estação meteorológica convencional da Embrapa Amazônia Ocidental, nos mesmo anos em que houve variações positivas extremas do fenômeno ENOS no quadrante 3-4.

MATERIAL E MÉTODOS

Os parâmetros climáticos foram registrados na Estação Agroclimatológica convencional da sede Embrapa Amazônia Ocidental, localizada no km 29 da rodovia AM-10, nas coordenadas georreferenciadas de latitude -2°53'25", Longitude -59°58'06" e altitude de 102 metros acima do nível do mar. Segundo Teixeira et al (1984), o clima local, pela classificação climática de Köppen é do tipo AF, (clima tropical chuvoso), que tem como característica, a temperatura média do mês mais frio nunca inferior a 18°C e a média de precipitação do mês mais seco, acima de 60 mm, sem período seco (ALVARES et al. 2014) e segundo IBGE (2002), classifica-se como clima Equatorial quente úmido com 1 a 2 meses secos, com temperatura média do ar maior que 18°C, em todos os meses do ano.

O registro da temperatura do ar foi feito com leituras diretas nos termômetros de bulbo com tubo capilar de vidro, termômetro de máxima, termômetro de mínima e registros gráficos em termohigrógrafo. As temperatura médias foram obtidas através da média compensada, utilizando o método de Serra (1974).

A precipitação foi registrada através de coleta de chuvas em pluviômetro com 200 cm² de área de captação. A leitura do volume coletado, foi feita com proveta pluviométrica apropriada para o referido pluviômetro. Foram usados também os registros gráficos semanais do pluviógrafo PLG 01s.

Os dados coletados foram tratados no Laboratório de Agroclimatologia da Embrapa Amazônia Ocidental. As médias mensais das Temperaturas do ar e da Precipitação dos biênios 1997-1998 e 2015-2016, foram comparadas com as da Série Histórica 1971-2015.

O Balanço Hídrico do solo foi calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para CAD (Capacidade de Água Disponível) de 50, 100, 200 e 300 mm. Utilizou-se para os cálculos, planilhas do Excel 2013.

Considerando que a localização da estação está próxima da linha do equador (Latitude: -2°53'25"), na zona de clima equatorial, adotou-se o dia de referência (Dref) para o cálculo do número de horas de insolação e, a equação para o cálculo da declinação do sol, recomendados por Klein (1977).

A evapotranspiração potencial (ET₀) foi calculada usando a equação de Thornthwaite (1948), quando a temperatura média mensal foi maior ou igual a zero e menor que 26,5 °C e a equação de Wilmott et al. (1985), quando foi maior ou igual 26,5°C.

A evapotranspiração potencial (ET₀), também chamada de evapotranspiração de referência, foi ajustada com dois fatores de correção, um para a variação dos dias mensais e outro para o número de horas, devido a variação do número de dias dos meses e a variação do número de horas entre o início e o final da evapotranspiração no dia, que varia com a estação do ano e a latitude do sítio, segundo Wilm e Thornthwaite (1944).

Foi feita correlação do incremento da média dos três meses consecutivos da temperatura positiva da superfície do mar, que ultrapassaram no mínimo 0,5 °C acima da Normal (período 1971-2000), na região do Niño 3,4 publicados no sítio da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) com o total mensal e o total trimestral da precipitação registrada nos anos de déficit hídrico do solo, severo e prolongado (1997 e 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Ano de 1997 em que ocorreu a segunda maior variação positiva do fenômeno ENOS, registrou o quinto menor volume de precipitação anual da série histórica, 2.243 mm, com 384 mm abaixo da média histórica. No mês de junho, quando o fenômeno El Niño já alcançava a categoria de moderado, com variação positiva acima de 1°C, a precipitação registrada neste mês ficou 101,4 mm abaixo da média histórica do mês, chovendo apenas 40,8% da média histórica. No mês de julho quando o El Niño já estava bem próximo da categoria forte, o total de chuvas ficou 77,4 mm da média histórica, chovendo 36,7% do esperado, sendo o menor volume de toda a série para este mês. Porém no mês de agosto, quando o El Niño já estava na categoria forte, as chuvas foram acima da média histórica, reduzindo o déficit hídrico do solo. Nos meses de setembro e outubro as chuvas foram abaixo da média e o déficit hídrico do solo continuou com consideráveis retiradas de água do solo para os CADs de 100 a 300 mm, com o El Niño chegando no nível de muito forte (variação acima de 1,5°C acima da Normal). Em Novembro houve chuvas acima da média com excedente hídrico no solo, quando o El Niño começou a decair, mas ainda permanecendo na categoria de muito forte. Em dezembro, as chuvas estiveram abaixo da série histórica e houve um déficit hídrico no solo (Figuras 1, 2, 7 e 8).

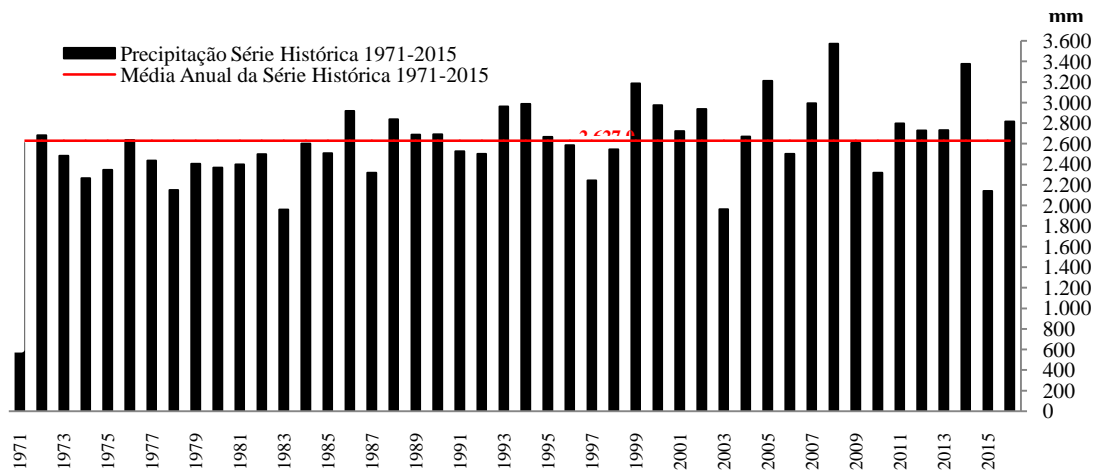


Figura 1. Variação interanual da precipitação comparada com a média da série histórica de 1971-2015, na Estação Agroclimatológica da sede da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus-AM.

No ano de 2015, o total da precipitação pluviométrica foi de 2.139,2 mm, este volume foi 1.234,6 mm menor que o total de chuva registrado em 2014 e, ficou 487,8 mm abaixo da série histórica de 1971-2015, sendo o terceiro menor da série (Figura 1). Neste ano, foram registrados eventos extremos nos totais mensais de precipitação, nos meses de março (476,8 mm), que foi o maior total mensal do ano e de toda a série histórica e setembro (0,6 mm), que foi o menor para o mês de setembro em toda a série histórica (Figura 2). Dezembro também registrou baixo volume de precipitação (85,8 mm), foi o segundo menor da série para o mês, já em 2016, a precipitação de dezembro, foi a segunda maior da série por influência do esfriamento da TSM que sucede ao fenômeno El Niño, configurando-se no fenômeno denominado de La Niña, apesar desta ter sido classificada como fraca (Figuras 2 e 8).

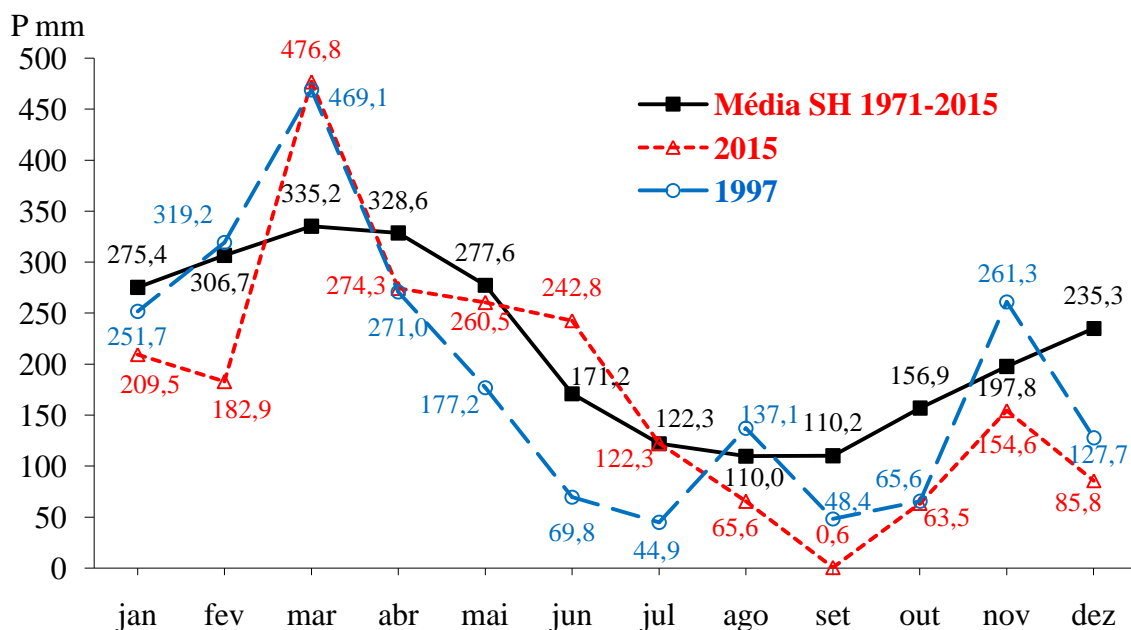


Figura 2. Variação interanual da precipitação do dos anos de 1997 e 2015, com a média da Série Histórica de 1971 a 2015. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus-AM.

A temperatura média nos meses de julho a setembro no ano de 1997, foram as maiores de toda a série histórica, (Figura 3), coincidindo com as maiores elevações da TSM nas águas do Oceano Pacífico Equatorial para o período na série histórica do fenômeno El Niño, na região 3.4, desde 1950 (Figura 7). No ano de 2015 a temperatura média do mês de setembro foi a segunda maior da série histórica (30,2°C), com 3,0°C acima da média da série 1971-2015 (Figura 4) e, coincidentemente também foi a segunda maior TSM da série desde 1950 para este mês, nas águas do Oceano Pacífico Equatorial, do fenômeno El Niño na região 3,4 (Figura 7).

As médias das temperaturas máxima, mínima e média mensal, registradas em 2015 na Estação da Embrapa Amazônia Ocidental, ficaram acima da média da série de 45 anos (1971 a 2015), em quase todos meses, exceto no mês de janeiro, onde as temperaturas ficaram um pouco abaixo da média da Série histórica, caracterizando 2015 como um ano quente, como consequência do El Niño muito forte (Figura 4). Também foram registrados eventos extremos de temperatura em 2015, nos meses secos de julho (segunda maior máxima da série); agosto (maior máxima da série, terceira maior média e mínima da série); setembro com a maior máxima (37°C), superando a média da série histórica em 3,7°C, a maior média das mínimas (23°C), com 0,8°C acima da média da série histórica e segunda maior média mensal, e outubro com a maior máxima e média da série e segunda maior mínima (Figura 4).

O Balanço hídrico do solo, mostra que em 1997, houve uma seca de junho a outubro e reposição de água do solo à partir com excedente hídrico no mês de novembro, devido o retorno das chuvas acima da Normal e novamente déficit hídrico em dezembro (Figura 5). Enquanto o balanço hídrico do solo da série 1971-2015, para Capacidade de Água Disponível no solo (CAD) de 50, 100, 200 e 300, não apresenta variações expressivas (Figuras 5 e 6).

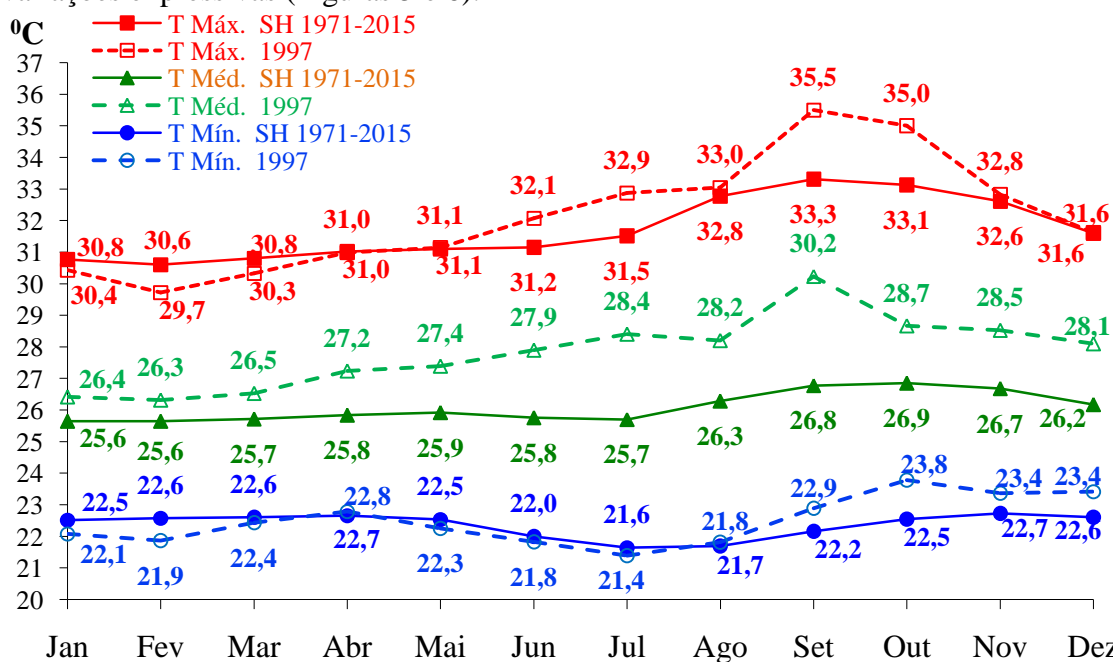


Figura 3. Variação mensal das temperaturas máxima, média e mínima do ano 1997 comparadas com respectivas séries históricas de 1971 a 2015. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus-AM.

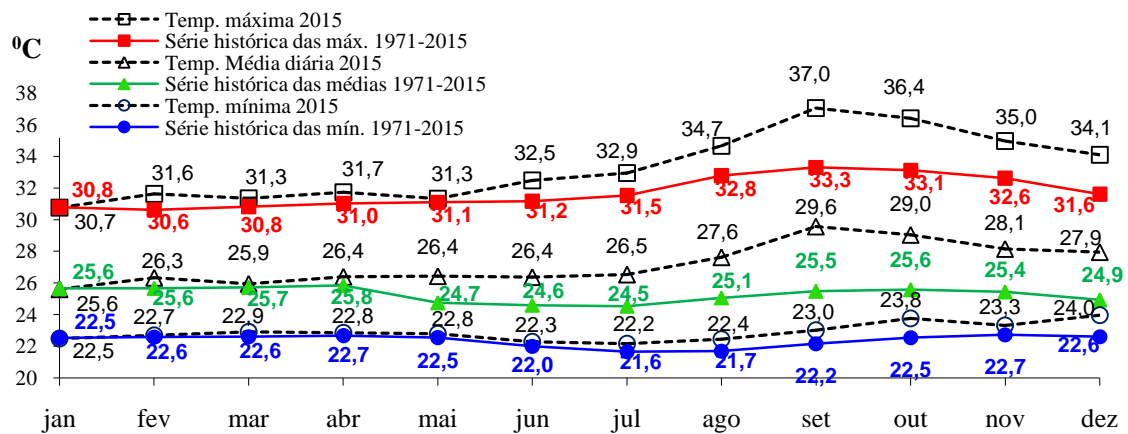


Figura 4. Variação mensal das temperaturas máxima, média e mínima do ano 2015 com respectivas séries históricas (1971-2015). Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus-AM.

Os resultados do balanço hídrico do solo, para capacidade de água disponível no solo (CAD) de 50, 100, 200 e 300 mm, dos anos 1997-1998, 2015-2016 e série histórica 1971-2015, são apresentados em forma de gráfico nas Figuras 5 e 6. O balanço hídrico de 2015, apresentou um período de déficit hídrico de 6 meses (julho a dezembro), para capacidade de armazenamento de água do solo (CAS) de 50, 100, 200 e 300 mm, com retirada considerável de volume de água do solo, para CAS de 100, 200 e 300 mm, sem reposição do volume de água no solo. A maior variação positiva do fenômeno ENOS dos últimos 66 anos, no ano de 2015, coincidiu com o registro de fenômenos extremos no regime de precipitação e temperatura, ocasionando um forte e prolongado déficit hídrico de 6 meses (julho a dezembro), calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), com significantes retiradas de água do solo, quando comparado com o balanço hídrico da série 1971-2015, na região de Manaus. Este déficit prolongou-se até a primeira semana de janeiro de 2016, quando o fenômeno ENOS ainda se apresentava extremamente forte.

A seca hídrica de 2015, constitui-se numa das maiores secas agrícolas já registradas para a região de Manaus, muito semelhante a de 1997, quando houve também um período de 6 meses de déficit hídrico no solo, de maio a outubro, e também uma oscilação positiva muito forte do fenômeno ENOS, com a TSM elevando-se próximo aos 2,5°C (Figuras 6, 7 e 8). Estas secas de 1997 e 2015, evidenciam a influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) quadrantes 3.4, que apresentou em 2015, a maior anomalia já registrada desde os anos 1950, chegando próximo de +2,5°C em novembro, como pode ser visto na Figura 7 (USAID/FIU, 2016), sendo o mais forte da série desde janeiro de 1950, ultrapassando os de 1982/83 e 1997/98 como observa-se na Figura 8 (NULL, 2017). Em 2015 também foi registrado a maior seca hídrica do solo, no mês de setembro, o mais seco de toda a série (Figuras 2 e 6).

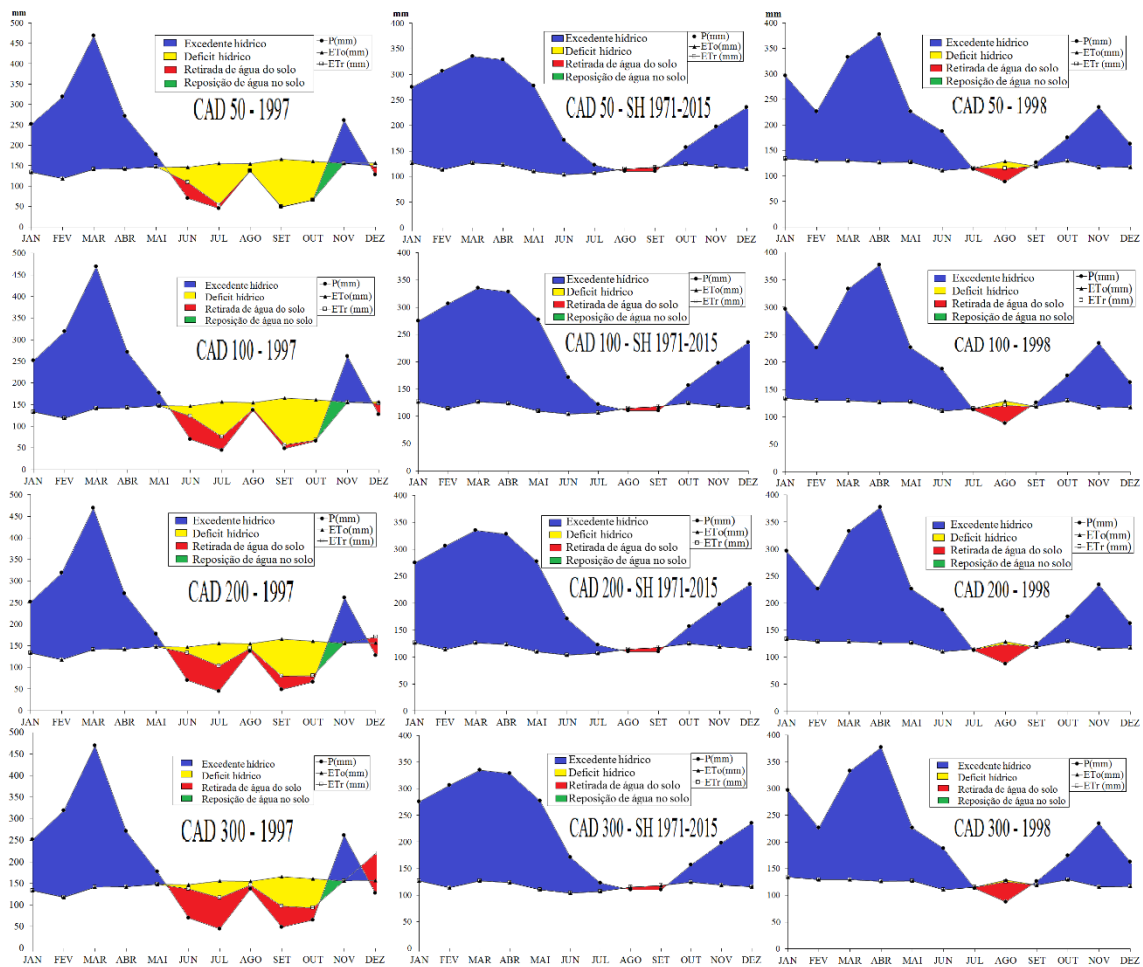


Figura 5. Balanço hídrico pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), de 1997, 1998 e série histórica 1971-2015, para CAD de 50, 100, 200 e 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus-AM.

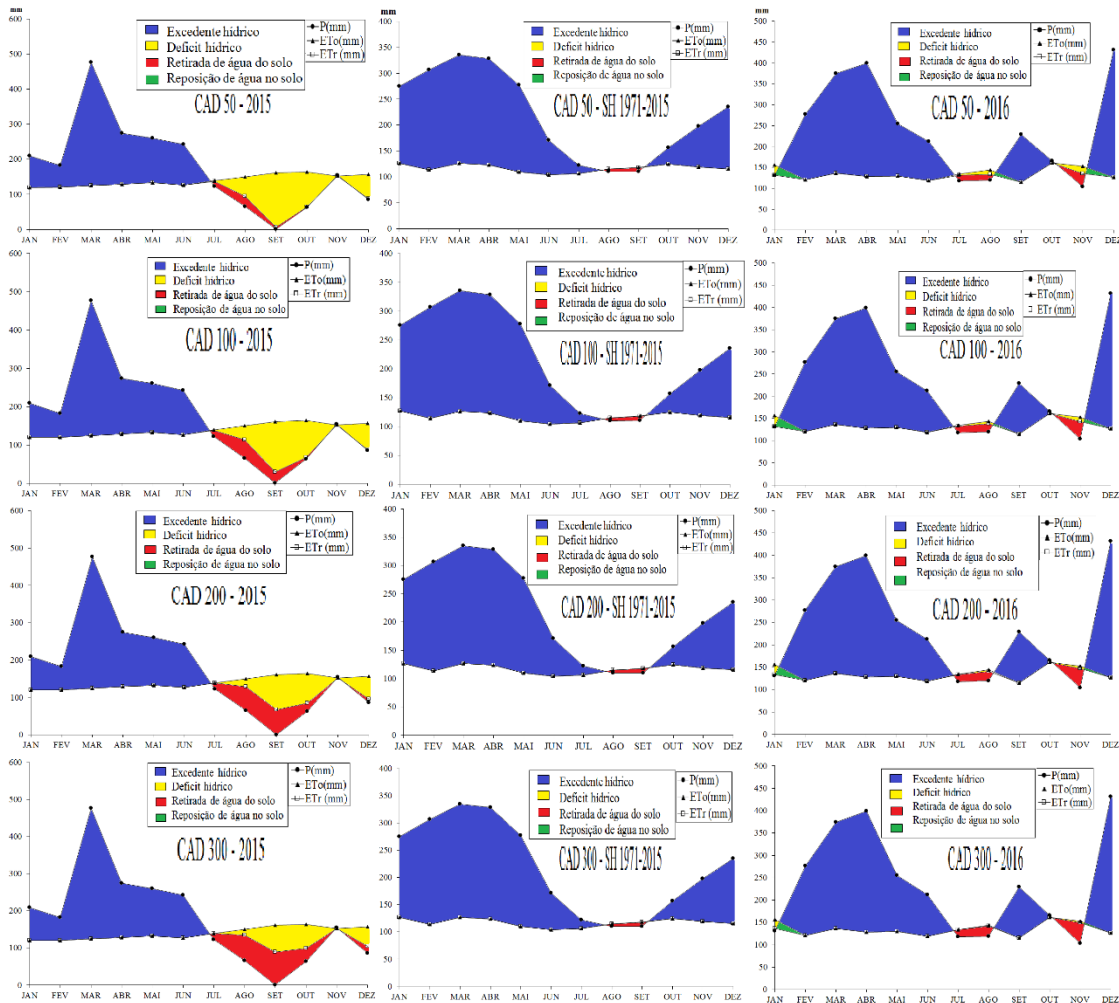


Figura 6. Balanço hídrico pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), de 2015, 2016 e série histórica 1971-2015, para CAD de 50, 100, 200 e 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus-AM.

A maior anomalia positiva do fenômeno ENOS teve seu ápice em novembro de 2015, elevando o El Niño à categoria de muito forte, mantendo-se muito forte até o início fevereiro de 2016 (El Niño 3.4 do Pacífico Equatorial), começou a declinar lentamente em novembro de 2015 mas continuou muito forte em janeiro e no início fevereiro de 2016, depois passando para a categoria de forte (Figura 7). O efeito da forte variação positiva da TSM do fenômeno ENOS no balanço hídrico do solo de 2016 para CADs de 50, 100, 200 e 300 mm, produziu um déficit hídrico atípico, durante a primeira semana de janeiro (Figura 6). O ano de 2016 apresentou três períodos de déficit hídrico, o primeiro na primeira semana de janeiro, o segundo de julho a agosto e o terceiro de outubro a novembro, intercalados por três períodos de excedente hídrico, sendo um dos excedentes atípico no mês de setembro, devido ao total de precipitação neste mês ser mais que o dobro da normal, sendo o segundo maior da série histórica (Figura 6). O ENOS de 1997 que foi o segundo maior, também classificado na categoria muito forte, teve elevação da TSM superiores a de 2015 de maio a outubro e em novembro também teve sua elevação máxima (Figura 7, extraído de USAID/FIU, 2016).

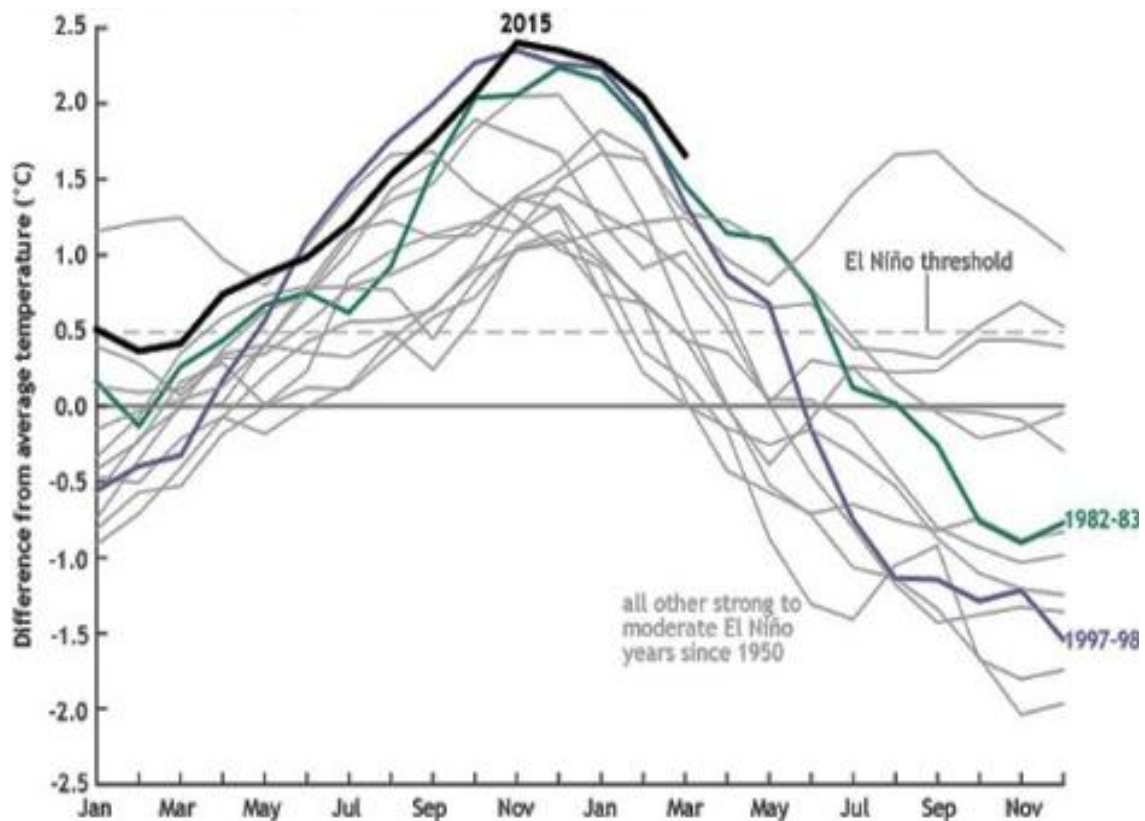


Figura 7. Variação mensal da TSM do fenômeno El Niño 3.4 bianual, desde 1950. Extraído de: USAID/FIU (2016).

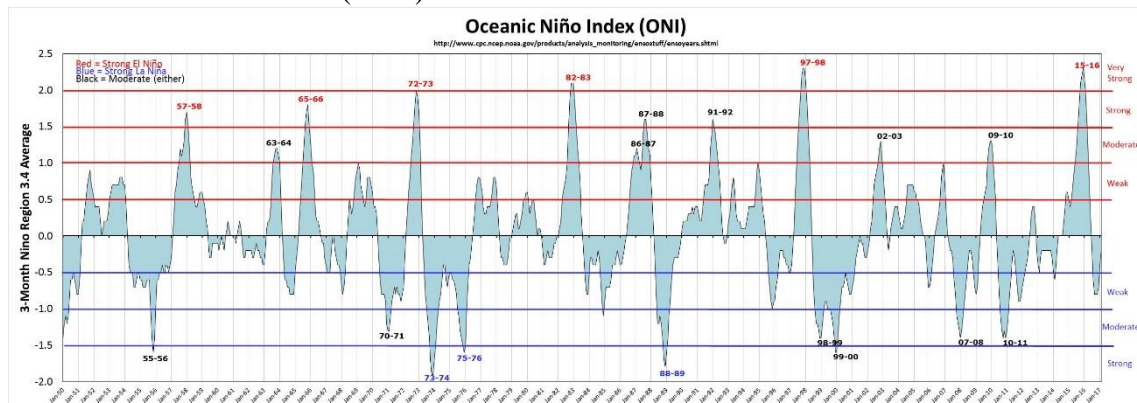


Figura 8. Variação interanual da TSM do fenômeno El Niño 3.4, desde jan/1950. Extraído de: Null (2017).

Foi feita correlação dos valores do Índice Oceânico do Niño (Oceanic Niño Index - ONI) apresentados por Null (2017), com os totais mensais de precipitação e com a diferença entre as médias trimestrais consecutivas de precipitação do ano e as médias trimestrais consecutivas da Normal de 1971-2000. As correlações do ENOS 1997/1998 e 2015/2016 com a variação da precipitação mensal e trimestral estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Correlações do ENOS 1997/1998 e 2015/2016 com a precipitação mensal e a diferença entre média da precipitação trimestral (MPtri) e a média da precipitação trimestral da Normal (MPtriN) de 1971 a 2000 na região de Manaus, com 95% de probabilidade. Embrapa Amazônia Ocidental (Rodovia Am-010, Km29).

<i>Parâmetro</i>	<i>ENOS 97-98</i>	<i>ENOS 15-16</i>
Precipitação	-0,61094258	-0,804835904
MPtri - MPtriN	-0,65539832	-0,842635529

CONCLUSÕES

A ocorrência de anomalias positivas do ENOS conjuntamente com fenômenos extremos de temperatura do ar e precipitação, registrados na estação agroclimatológica da Sede da Embrapa Amazônia ocidental, constitui-se numa evidência da influência das oscilações positivas extremas do El Niño no sistema de circulação atmosférica do local, interferindo na temperatura, no regime de chuvas e no armazenamento de água no solo, impactando as atividades agrícolas da região.

Foram encontrados fortes indícios da influência de extremos de variação positiva da TSM do fenômeno ENOS no quadrante 3,4 sobre os eventos extremos de precipitação e balanço hídrico do solo, com significantes retiradas de água do solo, quando comparado com o balanço hídrico da série 1971-2015, na região de Manaus. Quanto maior a duração e a variação positiva do ENOS, maior o efeito negativo nos eventos extremos de precipitação e por conseguinte nos níveis de armazenamento de água disponível do solo, exigindo a utilização de técnicas de irrigação para a manutenção de cultivos por seis meses durante o ano.

AGRADECIMENTOS

A Embrapa Amazônia Ocidental por fornecer todos os meios para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. Disponível em: <<http://www.ingentaconnect.com/content/schweiz/mz/2013/00000022/00000006/art00008?token=004f10bb383a4b3b2570507b6c5f6c6a2d7c49665d2a726e2d58464340592f3f3b576b0d0e0f4ce>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

CONAGUA. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Servicio Meteorológico Nacional. **Descripción de El Niño**. 2010. Disponível em: http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=266&Itemid=161. Acesso em: 22 mar 2017.

IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil 2000**. Rio de Janeiro, 2002. v. 60. 834 p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/20/aeb_2000.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2016.

KLEIN, S. A. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces. **Solar Energy**, v. 19, n. 4, p. 325-329, 1977. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038092X77900019>>. Acesso em: 05 dez. 2016.

MARENGO, J. A. Interannual variability of surface climate in the Amazon basin. **International Journal of Climatology**, v. 12, n. 8, p. 853-863, 1992. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/227957890_Interannual_variability_of_surface_climate_in_the_Amazon_Basin>. Acesso em: 14 mar. 2017.

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Official Definitions Adopted for "El Niño," "La Niña" - International consensus will improve understanding of risks, mitigate effects**. Washington, D.C.: U. S. Department of State, 2005 Disponível em: <<http://iipdigital.usembassy.gov/st/english/texttrans/2005/04/200504281211221cnirellep0.8599665.html#ixzz4c5C21P6N> Official Definitions Adopted for "El Niño," "La Niña" - International consensus will improve understanding of risks, mitigate effects>. Acesso em: 22 mar. 2017.

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **What are El Niño and La Niña?** El Niño and La Niña are complex weather patterns resulting from variations in ocean temperatures in the Equatorial Pacific. 2016. Disponível em: <<http://oceanservice.noaa.gov/facts/ninonina.html>>. Acesso em: 22 mar. 2017.

NULL, J. **El Niño and La Niña years and intensities based on Oceanic Niño Index (ONI)**. s.l.: Golden Gate Weather Services, 2017. Disponível em: <<http://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

RONCHAIL, J. et al. Interannual Rainfall Variability in the Amazon Basin and Sea-Surface Temperatures in the Equatorial Pacific and the Tropical Atlantic Oceans. **International Journal of Climatology**, v. 22, p. 1663-1686, 2002. Disponível em: <[http://www.homogenisation.org/files/private/WG1/Bibliography/Applications/Applications%20\(P-S\)/RONCHAIL_etal_2002.pdf](http://www.homogenisation.org/files/private/WG1/Bibliography/Applications/Applications%20(P-S)/RONCHAIL_etal_2002.pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2017.

SERRA, A. **Médias mensais em meteorologia**. Rio de Janeiro: CNPq. Departamento Nacional de Meteorologia, 1974. 49 p.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, Jan. 1948. Disponível em: <<https://www.unc.edu/courses/2007fall/geog/801/001/www/ET/Thornthwaite48-GeogrRev.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2016.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1957. 311 p. (Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology; v. 10, n. 3).

USAID / FIU. UNITED STATES AGENCY INTERNATIONAL DEVELOPMENT. FLORIDA INTERNATIONAL UNIVERSITY. **El Niño Oscilación del Sur (ENOS) 2015-16: Región de Latinoamérica y el Caribe**. Extreme Events Institute - Disaster Risk

Reduction Program. Reporte No. 4, Febr./Mar. 2016. Disponível em: <http://drr.fiu.edu/enso-201516/el-nino_espanol_report5.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2017.

WILM, H. G.; THORNTHWAITE, C. W. Reports, hydrology-1944. Report of the committee on transpiration and evaporation, 1943-44. 11 p. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/TR025i005p00693/epdf>>. Acesso em: 05 dez. 2016.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Understanding the climate system. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/documents/climate_system.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2017.

INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSINTETICAMENTE ATIVA POR CANOLA EM DISTINTAS CONDIÇÕES DE CULTIVO

Cleusa Adriane Menegassi Bianchi Krüger¹, Idomar Vicente Peruzatto², Tagliane Eloíse Walker³, José Antonio Gonzalez da Silva⁴ Genei Antônio Dalmago⁵

¹ Profa Dra do DEAg/UNIJUÍ, Ijuí-RS, cleusa.bianchi@unijui.edu.br; ² Eng Agr, Egresso do Curso de Agronomia da UNIJUÍ, Ijuí-RS, idomarperuzatto@hotmail.com; ³ Aluna de Graduação do Curso de Agronomia da UNIJUÍ Ijuí-RS, tagli_walker@hotmail.com; ⁴ Prof Dr do DEAg/UNIJUÍ, Ijuí-RS, jagsfaem@yahoo.com.br; ⁵ Pesq. Eng. Agr. Dr, EMBRAPA TRIGO, Passo Fundo-RS, genei.dalmago@embrapa.br

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pela canola em duas épocas de semeadura em distintos arranjos de plantas. O experimento foi conduzido a campo no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR), pertencente ao Departamento de Estudos Agrários (DEAg) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial. Em duas datas de semeadura, 05 e 25 de maio de 2016, a canola foi cultivada em dois espaçamentos entre linhas (0,20 e 0,40m) e quatro densidades de semeadura (20, 40, 60 e 80 plantas m⁻²). As avaliações da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foram realizadas após o florescimento, com o auxílio de um ceptômetro para se obter a eficiência de interceptação, além disto, foi avaliada a produtividade de grãos da canola. A primeira data de semeadura apresentou os maiores valores de eficiência de interceptação de radiação, comparada à segunda época. Além disso, na primeira época os maiores valores de eficiência ocorreram nas duas primeiras leituras, momento após a floração plena. Já a segunda época, observou-se diferenças nos valores de eficiência de interceptação entre os espaçamentos de 0,20 e 0,40m, além de variabilidade na resposta entre as densidades de plantas utilizadas.

.PALAVRAS-CHAVE: radiação Solar; épocas de semeadura; produtividade; *Brassica napus*.

INTERCEPTION OF PHOTOSYNTHETICALLY ACTIVE RADIATION BY CANOLA IN DIFFERENT CROP CONDITIONS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the efficiency of interception of photosynthetically active radiation by canola in two sowing seasons in different plant arrangements. The experiment was conducted at the Regional Institute of Rural Development (IRDeR), belonging to the Department of Agrarian Studies (DEAg) of the Regional University of the Northwest of the State of Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), in a randomized complete block design with four replications in Factorial scheme. In two sowing dates, May 05 and 25, 2016, canola was cultivated in two row spacings (0.20 and 0.40 m) and four sowing densities (20, 40, 60 and 80 plants m⁻²). The photosynthetically active radiation (RFA) evaluations were performed after flowering, with the aid of a ceptometer to obtain the interception efficiency. In addition, the yield of canola grains was evaluated. The first sowing date presented the highest values of radiation interception efficiency, compared to the second season. In addition, in the first epoch the highest values of efficiency occurred in the first two readings, moment after full flowering. In the second period, differences in intercept efficiency values between

0.20 and 0.40 m spacings were observed, as well as variability in the response between plant densities.

KEY-WORDS: solar radiation; Sowing times; productivity; *Brassica napus*.

INTRODUÇÃO

A radiação solar é o principal fator climático e atua também como elemento meteorológico, desencadeando os fenômenos meteorológicos na atmosfera afetando o clima e a vida sobre a Terra. Sua relevância ecológica é especialmente verificada por desencadear a transferência de energia via fotossíntese, para a cadeia alimentar.

A faixa espectral da radiação solar de 400 a 700 nm é denominada de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), sendo esta utilizada pelas plantas no processo fotossintético (TAIZ & ZEIGER, 2006). A eficiência de absorção desse comprimento de onda é dependente de vários fatores morfofisiológicos da planta, como idade, folha de sol ou sombra, e nebulosidade (ANGELOCCI, 2002), indicando, portanto, que condições que alteram a disposição das folhas e demais órgãos fotossintéticos no dossel podem alterar a absorção da RFA e conseqüentemente comprometer a fotossíntese e a produtividade de cultivos agrícolas, como em canola, por exemplo.

A canola é uma espécie produtora de grãos e de óleo de excelente qualidade, com possibilidade de expansão de cultivo no noroeste do Rio Grande do Sul. No entanto, ainda há alguns entraves para a cultura, principalmente a que se refere ao arranjo de plantas. Estudos desenvolvidos por Krüger (2011) indica que o arranjo de plantas pode auxiliar a uniformizar a maturação dos grãos e evitar a deiscência natural das síliquis, o que muitas vezes contribui para produtividades insatisfatórias.

No entanto, estudos sobre a interceptação da radiação solar em canola, cultivada em diferentes arranjos de plantas são escassos, e, portanto, poderiam auxiliar a compreender como a canola altera a interceptação da radiação solar.

O objetivo do trabalho foi avaliar a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela canola considerando distintos espaçamentos entre linhas e densidades de semeadura em duas datas de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2016, no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR), vinculado ao Departamento de Estudos Agrário da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), localizado no município de Augusto Pestana, RS (28° 26' S e 54° 00' W, com altitude de 280 metros). O clima da região é subtropical úmido do tipo Cfa, sem estação seca definida, conforme a classificação de Koeppen. O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho distroférrico típico (SANTOS et al., 2006).

O experimento foi semeado em duas datas 5 e 25 de maio de 2016. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial. Os fatores de tratamento foram quatro densidades de semeadura: 20, 40, 60 e 80 plantas m⁻² e dois espaçamentos entre linhas: 0,20 e 0,40 metros. Utilizou-se o híbrido Hyola 433, de alto potencial produtivo, com resistência poligênica ao fungo canela preta e de ciclo precoce, de 120 a 150 dias (TOMM, 2009).

As parcelas foram constituídas de 5 linhas de 5 metros, com área útil de 5 e 10 m⁻², considerando o espaçamento de 0,20 e 0,40m, respectivamente. A semeadura foi realizada sobre resteva de milho com uma adubação de base de 340 kg ha⁻¹ de formulação de NPK: 10-20-10. A aplicação de nitrogênio em cobertura na dose de 60 kg de nitrogênio por hectare ocorreu em 21/06/2016 e 18/07/2016, quando as plantas

estavam com quatro folhas verdadeiras, para a primeira e segunda data de semeadura, respectivamente.

Para o manejo de plantas daninhas foi realizada uma aplicação de herbicida visando controle de azevém com o produto Select®, na dosagem correspondente a 500 ml ha⁻¹, aplicado com pulverizadora costal em área total. Para o controle de outras plantas invasoras se procedeu a capina manual. Também optou-se por realizar roçadas periódicas entre as parcelas com o uso de roçadeira costal, para facilitar o manejo da área.

Durante o período vegetativo e reprodutivo nas duas datas de semeadura, foram realizadas medidas de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), com o auxílio de um ceptômetro, da marca Decagon Devices modelo AccuPAR LP-80. As leituras foram realizadas em intervalos de 7 a 20 dias, entre 11 e 13h, iniciando quando 50% das plantas estavam florescidas, na primeira data de semeadura e ao início do florescimento na segunda data de semeadura. As leituras de RFA foram realizadas perpendicularmente às linhas de semeadura, sendo a RFA incidente (RFA_{inc}), realizada acima do dossel e a transmitida (RFA_t) abaixo do dossel e ao nível do solo. A radiação fotossinteticamente interceptada (RFA_i) foi obtida pela diferença entre a incidente e a transmitida e a eficiência de interceptação (ϵ_i) pela divisão entre a RFA_i e a RFA_{inc}.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as distintas datas de semeadura e os diferentes espaçamentos, os maiores valores de eficiência de RFA forma obtidos na primeira data de semeadura, nas densidades de 20 e 40 plantas m⁻², na primeira leitura realizada no dia 28/07/2016, 84 dias após a semeadura. Já nas densidades de 60 e 80 plantas m⁻², o valor máximo da eficiência foi atingido na segunda leitura realizada no dia 04/08/2016, 90 dias após a semeadura. Também se observa que os valores de eficiência de interceptação na densidade de 40 plantas m⁻² da primeira e da segunda leitura se mantiveram estáveis.

Com o avanço do ciclo da cultura observou-se que, no espaçamento 0,20 m ocorreu redução da eficiência de interceptação em todas as densidades de plantas, mas o menor valor de eficiência não foi caracterizado pela última leitura de radiação.

No espaçamento de 0,40 metros, da primeira época de semeadura, pode-se observar menor diferença entre os valores da eficiência de RFA, nas diferentes datas de leitura, e nas diferentes densidades de plantas, sendo que ao contrario do que ocorreu no espaçamento de 0,20 m, portanto não houve "padrão" de resposta de eficiência da RFA, sendo que os mesmos se mantém relativamente estáveis durante todas as leituras, nas diferentes densidades de plantas.

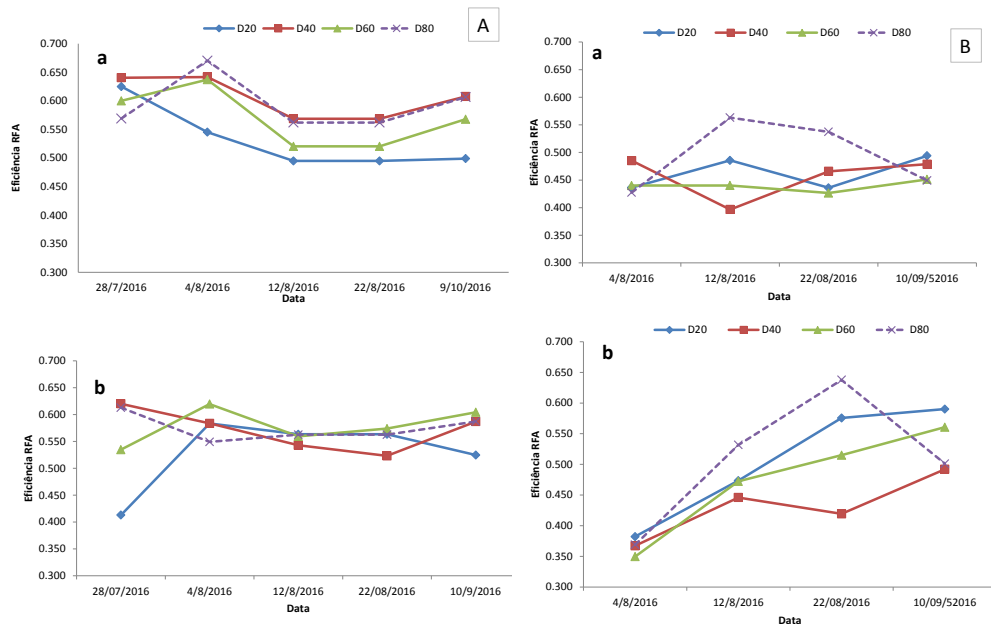


Figura 1. Eficiência de Radiação Fotossinteticamente Ativa (ϵ_i) na primeira (A) e segunda (B) data de semeadura, considerando o espaçamento entre linhas de 0,20m (a) e 0,40 m (b) e as densidades de 20, 40, 60 e 80 plantas m^{-2} . IRDeR, Santo Augusto-RS, 2016.

Na segunda data de semeadura (25/05/2016), pode-se observar em ambos os espaçamentos entre linha, ocorreu resposta muito diferente daquelas descritas na primeira data de semeadura, sendo que no espaçamento de 0,20 m, ocorreram os valores menores de eficiência de interceptação da RFA, para as densidades de 20,40,60 plantas/ m^2 e valores maiores para a densidade de 80 plantas/ m^2 , nas leituras intermediárias.

No espaçamento de 0,40 m, na mesma data de semeadura, se observa que os menores valores de eficiência de interceptação da RFA, para todas as densidades de planta estão localizados na primeira leitura (04/08/2016), e no decorrer das mesmas os valores tenderam à aumentar em todas as densidades de semeadura.

CONCLUSÕES

A primeira data de semeadura apresenta os maiores valores de eficiência de interceptação de radiação, comparada à segunda. Na primeira data de semeadura os maiores valores de eficiência ocorreram nas duas primeiras leituras, momento após a floração plena. Já a segunda data, observou-se diferenças nos valores de eficiência de interceptação entre os espaçamentos de 0,20 e 0,40m, além de variabilidade na resposta entre as densidades de plantas utilizadas.

REFERÊNCIAS

ANGELOCCI, L. R. Água na planta e trocas gasosas: introdução ao tratamento biofísico. L.R. Angelocci, 2002. 272p. 2002

KRÜGER, Cleusa Adriane Menegassi Bianchi. **Arranjo de plantas e seus efeitos na produtividade de grãos e teor de óleo em canola.** 2011. 89 p. Tese (doutorado)-Universidade Federal de Santa Maria, Centro de ciências rurais, Programa de pós graduação em Agronomia, RS, 2011.

SANTOS, H.G. dos et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.306p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722p.

TOMM, G. O. Efeito de épocas de semeadura sobre o desempenho de genótipos de canola em Três de Maio, RS. Passo Fundo: Sistema de Produção, nov. 2004.

MICROCLIMA EM SUB-BOSQUE DE POMAR DE MANGUEIRAS E DE VEGETAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NO PARÁ

Juliana Chagas Rodrigues¹, Izildinha Souza Miranda², Adriano Marlisom Leão de Sousa³

¹ Doutoranda em Ciências – Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Laboratório de Agrometeorologia, Piracicaba, SP, E-mail: rodriguesjc@usp.br; ² Docente, Doutora em Ciências Biológicas (Botânica), Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Belém, PA, E-mail: izildinha.miranda@ufra.edu.br; ³ Docente, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Belém, PA, E-mail: adriano.souza@ufra.edu.br.

RESUMO: Modificações no uso da terra alteram o microclima regional. Este estudo teve como objetivo comparar o microclima em sub-bosque de um pomar de mangueiras e uma área degradada, no município de Salinópolis, nordeste do estado do Pará, Brasil. O microclima no sub-bosque do pomar de mangueiras e no sub-bosque da área degradada foi monitorado por meio da temperatura máxima do ar, amplitude térmica, e déficit de pressão de vapor de água na atmosfera. O monitoramento do microclima no sub-bosque foi realizado diariamente durante quatro estações distintas, denominadas início da estação chuvosa, estação chuvosa, estação de transição e estação menos chuvosa, no período de dezembro de 2015 a novembro de 2016. Os microclimas no sub-bosque diferem entre os dois ambientes, e o pomar de mangueiras pode amenizar o microclima no sub-bosque quando comparado ao sub-bosque da área degradada.

PALAVRAS-CHAVE: conforto térmico, temperatura do ar, umidade relativa do ar.

MICROCLIMATE IN MANGO ORCHARD AND DEGRADED AREA UNDERSTORIES IN PARÁ STATE

ABSTRACT: Changes in land use alter regional microclimate. In this study, we compared the microclimate in understories of a mango orchard and a degraded area, in the municipality of Salinópolis, in the northeast of the Brazilian State Pará. In both environments, we monitored the microclimate through collecting data on the following variables: maximum air temperature, air thermal amplitude and vapor pressure deficit. We monitored microclimate daily during four seasons: early rainy season, late rainy season, early dry season and late dry season, between December 2015 and November 2016. The microclimate in the understory differed between both environments, and mango orchards may soften the understory microclimate more efficiently than degraded areas.

KEY-WORDS: thermal comfort, air temperature, air relative humidity.

INTRODUÇÃO

A mudança de uso da terra provoca alterações no microclima local. Estas modificações promovem alterações no balanço de energia da superfície através de mudanças no coeficiente de reflexão, aumento da temperatura do ar, redução da evapotranspiração e impactos no vapor de água na atmosfera (SWANN et al., 2015).

A vegetação, principalmente de porte arbóreo, reduz as alterações das variáveis de microclima no ciclo diário, além de diminuir a temperatura do ar e a variação do déficit de pressão de vapor de água (BAKER et al., 2015). O uso da arborização reduz a amplitude térmica e temperatura do solo em 6,1 e 1,6 °C, respectivamente (RICCI et al., 2013), e diminui a temperatura máxima do ar em 2,2 °C (PEZZOPANE et al., 2010). Portanto, o microclima pode ser amenizado por meio da utilização de espécies de porte arbóreo (PEZZOPANE et al., 2010; RICCI et al., 2013), principalmente, em áreas que sofreram mudança de uso da terra e encontram-se em estado de degradação.

A mangueira é uma árvore tropical, com folhas sempre verdes, sobrevive bem a períodos de seca e solos com pouca fertilidade (GANESHAMURTHY; REDDY, 2015). Também produz frutos que são fonte de nutrientes, vitaminas e fibras dietéticas (KUMAR et al., 2015).

Diante do exposto, neste estudo objetivou-se comparar o microclima em sub-bosque de um pomar de mangueiras e uma área degradada, no município de Salinópolis, nordeste do estado do Pará, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no sub-bosque de duas áreas distintas, um pomar de mangueiras (PM), e uma área degradada (AD), ambas localizadas no município de Salinópolis, estado do Pará. A classificação climática é do subtipo Am, conforme Köppen, tropical chuvoso com pequena estiagem (ALVARES et al., 2013).

O pomar de mangueiras (00°39'50,50"S, 47°17'04,10"W) foi implantado em 1993, com a variedade Tommy Atkins, plantado no espaçamento 10 x 10 m; ocupa área total de 25 ha, sendo cultivado em sistema não irrigado. A produtividade média de frutos no pomar é de 15,66 t ha⁻¹ (RODRIGUES et al., 2013).

O local denominado área degradada (00°40'09,44"S, 47°17'47,58"W) foi utilizado na agricultura de corte e queima; na implantação de cajueiros para fins comerciais. Após a redução da produção, a área foi abandonada em 2012; onde se estabeleceu a floresta secundária no estágio inicial da sucessão, chamada capoeirinha.

Para a caracterização do microclima no sub-bosque, foi delimitada uma parcela de 100 x 100 m, em cada área de estudo; no centro de cada parcela foi instalada uma estação meteorológica de superfície (EMS), onde foram instalados termo higrômetros a 1,5 m de altura do solo, para o monitoramento diário da temperatura e umidade relativa do ar. No pomar de mangueiras, o sensor utilizado era do modelo HMP155A (Vaisala). Na área degradada, o termo higrômetro fazia parte de uma estação meteorológica integrada modelo Vantage Pro2 (Davis).

Também foi realizado o monitoramento diário das chuvas através de um pluviômetro (TB4, Campbell Scientific), instalado a 10,5 m de altura, acima das copas no PM. Todos os sensores estavam conectados ao sistema automático de coleta de dados, datalogger, com leituras a cada dez segundos e armazenados em médias e totais a cada dez minutos. No pomar de mangueiras foi utilizado o datalogger (CR1000, Campbell Scientific), enquanto que na AD, este também estava integrado à EMS. O total de chuvas entre dezembro de 2015 e novembro de 2016 foi de 1279,40 mm.

A partir dos dados de temperatura e umidade relativa (UR) do ar, o microclima no sub-bosque foi avaliado por meio da temperatura máxima do ar (T_x), amplitude térmica (AT), e déficit de pressão de vapor de água (DPV). A amplitude térmica foi obtida através da diferença entre as temperaturas máximas e mínimas do ar. O déficit de pressão de vapor de água foi determinado pela diferença entre a pressão de saturação (e_s) de vapor de água e a pressão atual (e) de vapor de água determinada pela UR (PEREIRA et al., 2002). O déficit de pressão de vapor de água foi avaliado entre 10 e 15 h, por ser o período de maior demanda de água pela atmosfera na região.

O monitoramento foi realizado no período de dezembro de 2015 a novembro de 2016. Este período foi dividido em quatro estações: dezembro de 2015 a fevereiro de 2016 (início da estação chuvosa – IEC); de março a maio de 2016 (chuvosa – EC); de junho a agosto de 2016 (transição – ET); e de setembro a novembro de 2016 (menos chuvosa – EMC), conforme classificação proposta por Moraes et al. (2015).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Para comparar os dois ambientes as variáveis meteorológicas foram submetidas à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste t, a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas através do software Systat (Systat, versão 12.02).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença estatística significativa ($p < 0,001$) na comparação da temperatura máxima do ar entre os ambientes estudados (Tabela 1). O pomar de mangueiras reduziu a temperatura máxima do ar no sub-bosque, em média, em 1,63 °C em relação à AD. A maior redução da temperatura máxima do ar no sub-bosque entre os ambientes foi observada durante a EMC, 2,65 °C.

A redução da temperatura máxima do ar no sub-bosque promovida pela vegetação foi relatada pela literatura; onde foram encontradas as diminuições médias de 2,20 °C, em cultivo de café arborizado com noqueira macadâmia, em São Mateus, no Estado do Espírito Santo (PEZZOPANE et al., 2010); e de 4,78 °C, quando cafeeiros foram arborizados com gliricídia, em Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro (RICCI et al., 2013), na comparação com ambientes pouco arborizados.

As amplitudes térmicas do ar no sub-bosque apresentaram diferença significativa ($p < 0,001$) entre os ambientes estudados (Tabela 1). As menores amplitudes térmicas foram observadas no sub-bosque do PM em relação ao sub-bosque da AD; a redução média da amplitude térmica no sub-bosque foi de 1,78 °C; a maior redução foi observada na EMC, 2,59 °C. Áreas vegetadas funcionam como isolantes térmicos, reduzindo a passagem de calor oriundo dos raios solares em direção ao solo, diminuindo a variação da amplitude térmica (PEREIRA et al., 2002).

Tabela 1. Média das temperaturas máxima, amplitude térmica do ar, e déficit de pressão de vapor (média \pm desvio padrão), e análise de variância para verificar a diferença significativa das médias entre os dois ambientes estudados; graus de liberdade do resíduo, valor de F, significância, teste t para avaliar a diferença entre as médias, em quatro estações do ano, em Salinópolis, Pará.

Estação	Ambiente		ANOVA	
	PM	AD	GL	F
Temperatura máxima do ar (°C)				
IEC	30,60 \pm 0,67 A	31,73 \pm 1,16 B	122	44,95***
EC	30,30 \pm 1,03 A	31,89 \pm 0,45 B	107	38,95***
ET	30,20 \pm 0,43 A	31,33 \pm 0,25 B	107	110,98***
EMC	30,73 \pm 0,46 A	33,38 \pm 0,38 B	101	366,30***
Amplitude térmica do ar (°C)				
IEC	4,98 \pm 1,00 A	6,65 \pm 0,79 B	122	75,96***
EC	5,34 \pm 1,20 A	6,88 \pm 1,21 B	107	23,48***
ET	5,71 \pm 1,47 A	7,05 \pm 1,18 B	107	12,59**
EMC	4,51 \pm 0,55 A	7,10 \pm 0,53 B	101	236,32***
Déficit de pressão de vapor de água (kPa)				
IEC	1,05 \pm 0,31 A	1,05 \pm 0,43 A	122	0,00 ^{ns}
EC	0,86 \pm 0,30 A	1,03 \pm 0,19 B	107	4,92*
ET	1,12 \pm 0,13 A	1,22 \pm 0,10 B	107	8,76**
EMC	1,30 \pm 0,11 A	1,67 \pm 0,14 B	101	120,06***

ANOVA – Análise de variância; PM – Pomar de mangueiras; AD – Área degradada; GL – Graus de liberdade do resíduo; IEC – Início da estação chuvosa; EC – Estação chuvosa; ET – Estação de transição; EMC – Estação menos chuvosa. O nível de significância é indicado (*: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$, ns: não significativo).

Houve diferença significativa do déficit de pressão de vapor de água na atmosfera (DPV) do sub-bosque entre os ambientes estudados na EC ($p=0,029$), ET ($p=0,004$) e EMC ($p<0,001$) (Tabela 1). A área degradada reduziu o DPV no sub-bosque em 0,16 kPa quando comparado ao sub-bosque do PM. Os menores DPV no sub-bosque do PM demonstraram que devido a maior resistência aerodinâmica exercida por esta vegetação, o poder evaporante do ar local foi reduzido. A disposição das mangueiras no pomar forma uma barreira para os ventos; estes ao transpô-las chegam ao sub-bosque em velocidade reduzida e com menor poder renovador do gradiente de pressão de vapor entre a superfície evaporante e o ar; condição que reduz o DPV no

sub-bosque do PM. Situação inversa foi observada na AD. O déficit de pressão de vapor de água na atmosfera do sub-bosque obtido nesta pesquisa (Tabela 1) esteve próximo do valor encontrado na literatura (1,38 kPa) (PEZZOPANE et al., 2010).

A utilização da arborização promove a absorção de vapor de água da atmosfera tornando o ar mais úmido, proporcionando conforto térmico; entretanto, o excesso de vapor de água na atmosfera torna o ambiente desconfortável.

CONCLUSÕES

Os microclimas no sub-bosque do PM e da AD foram diferentes. O pomar de mangueiras promoveu a melhoria do microclima do sub-bosque através da redução, principalmente, da temperatura máxima e amplitude térmica do ar em relação ao sub-bosque da AD; proporcionando um importante serviço ecossistêmico, como o serviço de regulação no controle do clima no sub-bosque.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa ao primeiro autor; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BAKER, D. J. et al. Assessing climate change impacts for vertebrate fauna across the West African protected area network using regionally appropriate climate projections. **Diversity and Distributions**, Nova Jersey, v. 21, n. 9, p. 991-1003, 2015.
- GANESHAMURTHY, A. N.; REDDY, Y. T. N. Fitness of mango for colonization in low fertility soils and dry lands: Examination of leaf life-span, leaf nutrient resorption, and nutrient use efficiency in elite mango varieties. **Agricultural Research**, Nova Iorque, v. 4, n. 3, p. 254-260, 2015.
- KUMAR, P. et al. The path coefficient analysis of yield components for leaf nutrient concentrations in mango (*Mangifera indica* L.) under rainfed agroclimatic conditions of north-west Himalaya. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v. 190, p. 31-35, 2015.
- MORAES, B. C. et al. Climatologia da precipitação na Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 08, n. 05, p.1359-1373, 2015.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Condições microclimáticas em cultivo de café Conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1257-1263, 2010.

RICCI, M. S. F.; COCHETO JUNIOR, D. G.; ALMEIDA, F. F. D. Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

RODRIGUES, J. C.; SOUZA, P. J. O. P.; LIMA, R. T. Estimativa de temperaturas basais e exigência térmica em mangueiras no nordeste do Estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 143-150, 2013.

SWANN, A. L. S. et al. Future deforestation in the Amazon and consequences for South American climate. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdã, v. 214-215, p. 12-24, 2015.

EVOLUÇÃO TEMPORAL DE ELEMENTOS CLIMÁTICOS EM CULTIVO DE ALFACE

Gabriel Siqueira Tavares Fernandes¹, Edivania de Araujo Lima³, Victor Alves Brito², Poline Sena Almeida², Lucas Carvalho Soares²

¹Bolsista de Iniciação Científica, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Bom Jesus, Piauí, agrogabrielt@gmail.com ²Graduando (a) em Engenharia agrônômica, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Bom Jesus, Piauí, victor03_djalves@hotmail.com, poline.almeida2@hotmail.com, lucasolisoares@hotmail.com ³ Professora Adjunto II, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Bom Jesus, Piauí, edivania@ufpi.edu.br

RESUMO: Os elementos climáticos são grandezas atmosféricas capazes de serem mensuradas influenciando tanto os processos metabólicos vegetais, quanto as mais diversas atividades no campo. Assim, objetivou-se com a execução do presente trabalho, analisar a variabilidade dos elementos climáticos em um cultivo de alface, sob ambiente protegido, no regime climático de Bom Jesus – PI. O experimento foi conduzido na UFPI/CPCE, em Bom Jesus – PI, em ambiente protegido, entre outubro e novembro de 2016. A temperatura do ar apresentou variação de 28 a 36°C e média de 32°C apresentando, no entanto, 88% dos registros situados próximo ao limite tolerável pelas cultivares utilizadas. A umidade relativa do ar, situou-se medianamente em torno de 39%, com variação de 31 a 55%, valores inferiores aos recomendados como ótimos para a cultura do alface. Apesar das condições climáticas nas quais a cultura foi submetida não serem indicadas para o seu desenvolvimento ideal, as cultivares apresentaram características visuais adequadas.

PALAVRAS-CHAVE: Elementos meteorológicos, variabilidade temporal, ecofisiologia vegetal.

TEMPORAL EVOLUTION OF CLIMATE ELEMENTS IN ALFACE CULTIVATION

ABSTRACT: Climatic elements are atmospheric quantities capable of being measured by influencing both plant metabolic processes and the most diverse activities in the field. Thus, the objective of this work was to analyze the variability of climatic elements in a lettuce crop, under protected environment, in the Bom Jesus - PI climatic regime. The experiment was conducted at the UFPI / CPCE, in Bom Jesus - PI, in a protected environment, between October and November 2016. The air temperature varied from 28 to 36 ° C and a mean of 32 ° C, but 88 % Of the records located near the tolerable limit for the cultivars used. The relative air humidity was around 39%, with a variation from 31 to 55%, values lower than those recommended as excellent for lettuce cultivation. Although the climatic conditions in which the crop was submitted are not indicated for its ideal development, the cultivars presented adequate visual characteristics.

KEY-WORDS: Weather elements, temporal variability, plant ecophysiology.

INTRODUÇÃO

Os elementos climáticos são grandezas atmosféricas capazes de serem mensuradas e de sofrerem alteração pelos fatores climáticos. Eles são responsáveis por configurar o tempo e, conseqüentemente o clima de uma região. São eles: radiação, temperatura do ar e do solo, umidade relativa, ventos, precipitação, nebulosidade, etc. Esses elementos influenciam tanto os processos metabólicos vegetais, quanto as mais diversas atividades no campo (MONTEIRO, 2009) como o preparo do solo, semeadura, adubação, irrigação, pulverizações, colheita, dentre outras (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

A produção agrícola é totalmente dependente das condições climáticas. Essas devem ser observadas para a escolha de regiões de produção vegetal, sendo imprescindíveis para a seleção da cultura e para a determinação do nível de produtividade, respectivamente (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Variações das condições meteorológicas no decorrer do ano em função da posição relativa entre a Terra e o Sol, bem como, pela ocorrência de cobertura de nuvens (VIANELLO; ALVES, 2012) são responsáveis por cerca de 80% da variabilidade da produção agrícola no mundo (PETR, 1990 e FAGERIA, 1992, citados por HOOGENBOOM, 2000).

Dessa forma, objetivou-se com a execução do presente trabalho, analisar a variabilidade dos elementos climáticos e a influências destes em um cultivo de alface, sob ambiente protegido, no regime climático de Bom Jesus – PI.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (telado) utilizando sombrite com malha de 50% de sombreamento, na Universidade Federal do Piauí (UFPI/CPCE), em Bom Jesus – PI, entre os meses de outubro a novembro de 2016. O município possui clima quente e úmido, classificado por Köppen como Awa. Localizado nas coordenadas geográficas 09°04'28''S, 44°21'31''W, e altitude média de 277 m, com precipitação média entre 900 a 1200 mm ano⁻¹ e temperatura média de 26,2 °C (INMET, 2016).

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, sendo os tratamentos cultivares de alface (*Lactuca sativa*), com oito repetições e duas plantas como unidade experimental. As cultivares utilizadas foram: Graciela, Bruna, Brida e Grand Rapids, todas classificadas como alface tipo crespa.

As sementes de alface foram semeadas no dia 08/10/2016, em bandejas de poliestireno expandido (128 células), preenchidas com substrato comercial Basaplant[®]. Utilizou-se quatro sementes por célula. As mudas foram regadas três vezes ao dia.

Um termo-higrômetro foi utilizado para quantificação da temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%), sendo estas coletadas diariamente em três horários (8:00, 14:00 e 18:00b) (ALVARENGA; MORAES; AZEVEDO, 2015), durante o período de 05/10/2016 a 02/11/2016, totalizando 29 dias.

A análise dos dados consistiu-se através da utilização de recursos computacionais (planilha eletrônica).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer do experimento, a temperatura do ar apresentou variação de 28 a 36°C e média de 32°C. Observa-se que as menores temperaturas foram registradas no início de outubro de 2016, a mesma situação reitera-se entre os dias 22 e 26 do mesmo mês, porém, em menor intensidade (Figura 1).

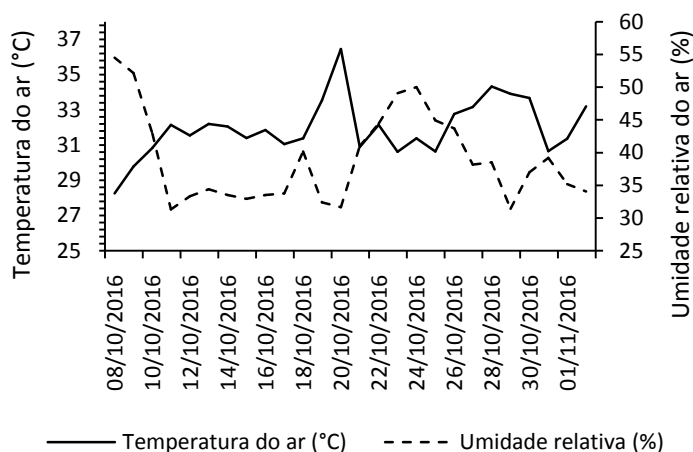


Figura 1. Evolução da temperatura do ar e umidade relativa entre os meses de outubro e novembro de 2016, Bom Jesus-PI.

Esse comportamento da temperatura é decorrente do aumento da umidade relativa do ar (Figura 1), resultante das chuvas, registradas no período experimental, com o volume de 97,2 mm entre os dias 07 e 08 e de 25,3 mm no dia 22 do mês em questão. A umidade, situou-se medianamente em torno de 39%, com variação de 31 a 55% (Figura 1).

Os episódios supracitados são decorrentes dos processos de condução térmica da água, que através do seu alto calor específico, necessita de uma grande quantidade de calor latente para evaporar, dissipando assim, uma maior quantidade de energia, diminuindo a temperatura do ar. Além disso, a reflexão da radiação solar atua como agente atenuador da mesma, influenciando a dinâmica térmica na superfície (VIANELLO; ALVES, 2012).

Os maiores registros de temperatura do ar encontram-se entre os dias 19 e 20 e, 26 e 31 de outubro (Figura 1), em favor da menor umidade relativa do ar e da influência inversa dos fenômenos já mencionadas anteriormente.

A adaptação das cultivares de alface nas condições meteorológicas da região estudada foi dificultada, podendo ter seu desenvolvimento comprometido e expressão inadequada do seu potencial produtivo (SILVA et al., 2000), pois, os valores de temperatura registrados no período experimental foram superiores à faixa de cultivo ótimo para as mesmas (Figura 1), que situa-se entre 15 a 18°C (BRUNINI et al., 1976), tolerando ainda, temperaturas de 30°C (DUARTE et al., 1992). Em contrapartida, vale ressaltar que 88% dos registros de temperatura situaram-se próximo ao limite tolerável pelas cultivares utilizadas.

Adicionalmente, os valores registrados de umidade relativa no período experimental (31 a 55%), foram inferiores aos valores recomendados como ótimos para a cultura do alface, sendo estes variando de 60 e 80% (CERMEÑOZS, 1990).

Ojeda, Ligarreto e Martínez (2012) observaram o melhor desenvolvimento da cultivar 'Elisa' em ambientes com microclimas que apresentaram temperaturas mais

amenas, variando de 12 a 17°C, com máxima de 30°C. Em estudos realizados na Coreia do Sul, Jeonge et al. (2015), encontraram maior qualidade da cultivar 'Cheongchima' quando submetida à temperaturas diurnas de 22°C, noturnas de 12°C e 20°C e; umidade relativa de 65%. Dessa forma, é evidente, o melhor desenvolvimento da espécie em menores temperaturas.

Em estudos realizados por Santos et al. (2009) com cultivares submetidas à altas temperaturas do ar (20,3 a 35,3°C), observaram um perda significativa da massa seca total (MST), variando de 52,5 a 111,5 g planta⁻¹ em favor das condições climáticas. Todavia, Zuffo et al. (2016) encontraram ótimos resultados com o cultivo de alface na mesma região estudada no presente experimento, recomendando, apesar das condições climáticas impróprias, as cultivares 'Americana Raffaella' e 'Repolhuda todo ano', possuindo ambas, potencial agrícola para a região de Bom Jesus, Piauí.

As cultivares neste avaliadas, apesar do regime climático impróprio para o seu cultivo, apresentaram, visualmente, até a fase de transplântio, comportamento adequado, não manifestando consequências visuais de má adaptação. Nesse caso, recomenda-se a avaliação de variáveis de crescimento vegetal para uma melhor conclusão.

CONCLUSÃO

Apesar de condições climáticas impróprias, as cultivares avaliadas apresentaram comportamento visual adequado para a região de Bom Jesus - PI.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí, pela concessão da bolsa de iniciação científica ao primeiro autor.

À empresa Hortec Ltda. pela doação de sementes.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA A. A.; MORAES M. E. O.; AZEVEDO L. L. C. Agrometeorologia - Princípios, Funcionalidades e Instrumentos de Medição. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 120p. 2015.

BRUNINI, O. et al. Temperatura-base para alface cultivar " White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, v. 35, n. 1, p. 213-219, 1976.

CERMEÑOZS. **Estufas, instalações e manejo**. Lisboa, Litexa Editora. 355p. 1990.

DUARTE, R. L. R.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. Avaliação de cultivares de alface nos períodos chuvosos e secos em Terezina-PI. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 106-108, 1992.

HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its application. **Agricultural and Forest Meteorology**, 103, 137-157, 2000.

JEONG, S. W. et al. The effects of different night-time temperatures and cultivation durations on the polyphenolic contents of lettuce: Application of principal component analysis. **Journal of advanced research**, v. 6, n. 3, p. 493-499, 2015.

MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009.

OJEDA, A. D.; LIGARRETO, G. A.; MARTÍNEZ, O. Effects of environmental factors on the morphometric characteristics of cultivated lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Agronomía Colombiana**, v. 30, n. 3, p. 351-358, 2012.

PEREIRA, A. R; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas – Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

SANTOS, C. L. et al. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas em Cáceres-MT. **Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 87-98, 2009.

SILVA, V. F. et al. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 183-187, 2000.

VIANELLO R.L.; ALVES A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**, Editora UFV, Viçosa, 2ª Edição, 460 pp, 2012.

ZUFFO, A. M. et al. Análise de crescimento em cultivares de alface nas condições do sul do Piauí. **Revista Ceres**, v. 63, n. 2, p. 113-120, 2016.

INFLUÊNCIA DA COBERTURA MORTA NA UMIDADE DO SOLO CULTIVADO COM MILHO VERDE

Emili Ferreira Campachi¹, Rafael Cesar Tieppo², Rivanildo Dallacort³, André Tavares Vasconcelos⁴, Karolina Ascari de Souza⁵

¹Acadêmica de Agronomia, bolsista IC FAPEMAT, UNEMAT - Tangará da Serra -MT, efcampachi@gmail.com; ²Engenheiro agrícola e Prof. Doutor, UNEMAT - Tangará da Serra -MT, rafaelt@unemat.br; ³Eng. Agrícola, Prof. Dr., UNEMAT - Tangará da Serra -MT, rivanildo@unemat.br; ⁴Acadêmico de Agronomia, UNEMAT - Tangará da Serra -MT, Tangará da Serra, MT, andre.vasconcelos04@gmail.com, ⁵Mestre em ambiente e sistemas de produção agrícola, UNEMAT - Tangará da Serra -MT, Tangará da Serra, MT, karolinaascari@gmail.com

RESUMO: O manejo cultural do sistema de produção de milho verde tem sido estudado com ênfase no Brasil, principalmente quanto ao uso de cobertura vegetal, que pode assegurar uma proteção do solo e conseqüentemente proporcionar condições ótimas de umidade para explorar o máximo potencial da cultura. O objetivo deste trabalho foi determinar a variabilidade da umidade do solo em função do uso de cobertura morta cultivado com milho verde. O experimento foi realizado na área experimental pertencente a Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Tangará da Serra, com latitude 14° 37' 10" S, longitude 57° 29' 09" W e altitude 387m. Os tratamentos avaliados foram solo desnudo (T1) e com cobertura (4.000 kg ha⁻¹) de braquiária (T2) em DIC. Para determinar a umidade do solo foram instaladas sondas de reflectometria na dominância do tempo (TDR) na camada de 15 cm, com registro horário dos valores de umidade. Posteriormente, os valores de umidade dos horários 08:00, 14:00, e 20:00 h foram analisados com uso de estatística descritiva e as médias comparadas pelo teste-T. Constatou-se que para os horários estudados no período, os valores de umidade não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Braquiária, Zea mays L., TDR.

INFLUENCE OF DEAD COVERAGE IN SOIL MOISTURE GROWN WITH GREEN CORN

ABSTRACT: Management in maize cultivation was studied in Brazil, regarding the use of vegetal cover. Cover crops can improve soil protection and consequently provide optimal conditions of moisture, allowing the crop to exploit its maximum potential. The aim of this work was to determine the soil moisture variability regarding the use of mulch grown with green maize. The experiment was carried out in the experimental area of the State University of Mato Grosso, Campus of Tangará da Serra, with latitude 14° 37' 10" S, longitude 57° 29' 09" W and altitude 387 m. The evaluated treatments were naked soil (T1) and cover soil (4000 kg ha⁻¹) with brachiaria (T2) in completely randomized design. To determine the soil moisture, time domain reflectometry (TDR) sensors were installed in the 15 cm layer, recording hourly moisture values. Afterwards, the values of moisture at 8:00 a.m, 2:00 p.m., and 8:00 p.m. hour were analyzed using descriptive statistics and the mean values compared by T-test. Regarding the hours studied in the period, the values of moisture did not present statistical difference between the treatments.

KEY-WORDS: Brachiaria, Zea mays L., TDR.

INTRODUÇÃO

O milho é um cereal diversamente utilizado na alimentação humana, principalmente em forma de grãos verdes para consumo in natura, comumente é denominado milho verde pois é colhido antes da maturação total dos grãos, e pode ser consumido de diversas formas como cozido ou assado, processado e ainda como ingrediente para a confecção de diversos alimentos (PEREIRA; QUAST, 2002), devido a essas diversas utilizações do milho verde e ao alto preço de mercado pelo produto in natura, o cultivo se tornou uma atividade de alto valor econômico (MATOS, 2007).

A produção de milho verde tem sido bastante estudada no Brasil em todos os aspectos, principalmente quanto às práticas de manejo da cobertura do solo, que assegura a proteção do solo por meio da cobertura vegetal, e garante condições ótimas de umidade para explorar o máximo potencial da cultura (MELLO, 2008). Desta forma, com a utilização de técnicas conservacionistas, pode-se diminuir a erosão e a perda de água no solo, mantendo a umidade em quantidade ideal, garantindo adequadas condições para o desenvolvimento da planta do milho (DA SILVA et al., 2011).

A água é um fator de suma importância para o desenvolvimento das plantas, assim sua falta pode acarretar em diversos danos, como redução do crescimento das sementes, do tamanho das espigas, assim como a produção de grãos (PEREIRA; QUAST, 2002). O objetivo deste trabalho foi determinar a variabilidade da umidade do solo à 15 cm de profundidade, com uma quantidade de cobertura morta e solo nu, cultivado com milho verde, no município de Tangará da Serra, MT.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental pertencente a Universidade do Estado de Mato Grosso, campus de Tangará da Serra. Segundo Dallacort et al. (2010), o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico. Os valores médios anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar são de 24,4 °C, 1.500 mm e 70% a 80%, respectivamente. O clima da região é caracterizado, de acordo com a classificação de Koppen, como tropical úmido megatérmico (Aw), com altas temperaturas, chuva no verão e seca no inverno. Cujas coordenadas locais são: 14°37'10" de latitude sul, 57°29'09" de longitude oeste, a 320 metros de altitude (DALLACORT et al. 2010).

O experimento foi composto por dois tratamentos, sendo T1- solo cultivado com milho verde sem cobertura no solo e T2- solo cultivado com milho verde com 4.000 kg de braquiária por hectare, ambos monitorados a uma profundidade de 15cm. Cada unidade experimental apresentou dimensões de 6 x 6 metros, com área total de 72 m².

A cultura do milho verde foi semeada no dia 28 de setembro de 2015, sob preparo convencional. A emergência ocorreu em 04 de outubro e, no dia 15 de outubro foi depositada a quantidade de braquiária no respectivo tratamento. Utilizou-se o híbrido Ag 1051 para a semeadura cujo espaçamento entre linhas foi de 0,45 m.

O período avaliado deu-se entre a fase inicial do milho verde até o estágio V8, que compreendeu as datas entre 15/10/2015 e 16/11/2015. Os dados climáticos foram coletados da estação meteorológica localizada no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso. Assim, as principais informações obtidas no período da condução do experimento foram às condições de temperatura e umidade do ar e precipitação pluviométrica.

Para a determinação da umidade do solo, foram instaladas sondas de reflectometria na dominância do tempo (TDR), do tipo CS-616, as quais foram calibradas em laboratório e posteriormente instalados com profundidade de 15 cm do perfil do solo. As sondas tipo TDR foram instaladas dia 14 de setembro de 2015, totalizando um sensor por tratamento. Os sensores foram conectados a um datalogger, o qual armazenou os dados coletados em intervalos de 10 minutos. Os dados diários foram separados em planilhas do software Excel onde foi analisado a umidade média, máxima e mínima do período avaliado. Os dados de umidade foram corrigidos utilizando-se a equação obtida através da calibração realizada no laboratório de meteorologia para o tipo de solo da região. Foi realizado o teste T para comparação das médias de umidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total precipitado foi 169,9 mm, a temperatura média do ar foi de 27,2 °C e a umidade média do ar foi de 71%. Neste período a umidade do solo sofreu variações nos dois tratamentos, isto devido a variação da umidade do ar e da precipitação.

As médias obtidas foram de 24,81% para o solo descoberto e de 24,83% para o solo com 4.000 kg de braquiária por hectare, contudo a diferença entre as médias não foi significativa pelo teste T. Isto se deve ao fato de que a eficiência da cobertura do solo é dependente de vários fatores e nem sempre a conservação de umidade está associada a ela (CAMPOS et al., 1994). Também Monegat (1991) afirma que os efeitos benéficos da cobertura vegetal podem variar de acordo com as condições do clima e do solo, manejo e época de semeadura de cada região.

Derpsch et al. (1985) avaliando os efeitos residuais de algumas espécies de plantas utilizadas como cobertura na umidade do solo confirmou que a utilização de restecas *Raphanus sativus* e *Lathyrus sakivus* não favoreceu a conservação da água no solo em comparação com o pousio. Ainda de acordo com estes autores, os valores de umidade do solo, sobre diferentes quantidades de cobertura morta vegetal, cultivado com milho, é devido ao grau de cobertura da superfície e ao consumo da água do solo através das plantas cultivadas.

Acredita-se que a quantidade de cobertura avaliada não foi suficiente para favorecer a umidade do solo, como foi observado por Simões et al. (2013), o qual constatou que os tratamentos que continham baixas quantidades de cobertura, não influenciaram na umidade do solo.

Também foi observado os dados horários de umidade do solo às 8, 14 e 20 horas para os dois tratamentos. Analisando as diferentes horas do dia para o mesmo tratamento pode-se perceber que houve variação conforme os horários, assim, nas horas mais quentes do dia, quando a incidência da radiação solar é maior a umidade do solo tende a cair, como pode ser observado em T2, que às 14 horas apresentou umidade média de 24,11%, já no horário em que não há influência da radiação solar, como as 20 horas, o mesmo tratamento apresentou umidade média de 24,56%, essas variações também podem ser notadas em T1 (Figura 1).

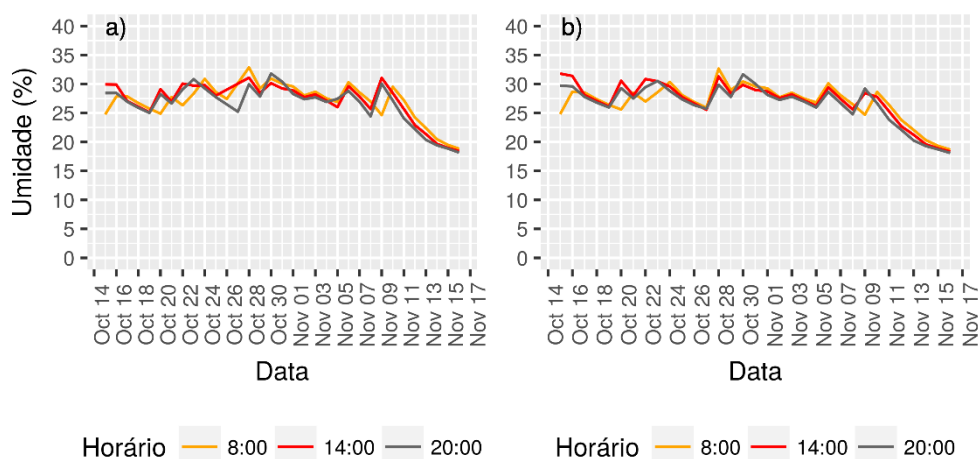


Figura 1. Comportamento da umidade nos horários 8, 14 e 20 horas, no solo nu (a) e no solo com cobertura (b).

Comparando a mesma hora para os dois tratamentos pode-se observar que para as 20 horas a umidade em T1 apresentou média de 24,53% e desvio padrão de 0,047, no mesmo horário em T2 a média foi de 24,56% e desvio padrão de 0,055. Como pode ser observado os valores de desvio padrão são baixos, e as médias de umidade também não foram significativas pelo teste T para nenhum desses horários (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de desvio padrão, coeficiente de variação e valores médios de umidade do solo com cobertura (T2) e solo nu (T1).

Tratamentos	Horário (h)	Media (%)	Desvio Padrão	CV
T1	8	24,55	0,048	19,68
T1	14	24,41	0,049	20,35
T1	20	24,53	0,047	19,61
T2	8	24,51	0,055	23,30
T2	14	24,11	0,057	23,94
T2	20	24,56	0,055	22,93

CONCLUSÕES

Não houve diferença significativa para os valores de umidade entre o tratamento sem cobertura de solo e o tratamento com cobertura de 4.000 kg de braquiária por hectare para as condições avaliadas.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMAT pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, B. C. et al. Avaliação temporal da umidade do solo como consequência do tipo e percentagem de cobertura vegetal. *Ciência Rural*. 1994.

DA SILVA, M. A. et al. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do vale do Rio Doce, MG. *Ciencia Florestal*, v. 21, n. 4, p. 765–776, 2011.

DALLACORT, R. et al. Wind speed and direction characterization in Tangará da Serra, Mato Grosso state, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 3, p. 359–364, 2010.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesq Agropec Bras**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

MATOS, E. H. DA S. F. Cultivo do Milho Verde, 2007.

MELLO, Á. U. DE. Desempenho de cultivares para a produção de milho verde na depressão cuiabana-mt desempenho de cultivares para a produção de milho verde na depressão cuiabana-mt. 2008.

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, p. 336 1991.

OLIVEIRA, F.H.T. et al. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 2, p.393-486, 2002.

PEREIRA, F. H.; QUAST, D. G. O Cultivo do Milho Verde, 2002.

SILVA, C. A. et al. Sistema Plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo, 2002.

SIMÕES, W.L. et al. Efeito da cobertura do solo com palhada na umidade do mesmo e nos parâmetros biométricos da cana-de-açúcar irrigada no semiárido, p. 18–27, 2013.

TEMPERATURA BASE DA PALMA FORRAGEIRA EM SISTEMA DE CULTIVO CONSORCIADO COM O SORGO

George do Nascimento Araújo Júnior¹, Maria Gabriela de Queiroz², Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim³, Jandis Ferreira Nunes de Araujo⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, georgejunior_91@hotmail.com; ²Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG; ³Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ⁴Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: O estudo do desenvolvimento de culturas agrícolas necessita do cálculo da soma térmica, a qual, por sua vez, depende da temperatura base inferior (Tb). Esta informação é essencial para o avanço do manejo e da modelagem. Todavia, a Tb varia conforme o sistema de cultivo. A palma forrageira é a principal espécie forrageira do semiárido brasileiro, e nos últimos anos, o consórcio com o sorgo tem sido incentivado. Há uma lacuna do conhecimento da palma quanto à Tb para o seu desenvolvimento em diferentes sistemas de cultivo. Logo, objetivou-se determinar a Tb da palma consorciada com sorgo. O experimento foi conduzido com a variedade *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. irrigada e consorciada com a cultivar IPA-2501, no município de Serra Talhada, PE. No período de maio de 2012 a junho de 2013 foram realizadas dez campanhas biométricas para monitoramento da emissão de cladódios pelas plantas. O modelo sigmoide foi ajustado aos dados do número total de cladódios e a soma térmica acumulada. A Tb foi definida com base no método do menor quadrado médio do erro (QME) e maior valor do coeficiente de determinação (r^2). Como resultados, verificou-se valores elevados dos coeficientes de regressão ($r^2 > 0,8668$). O menor valor de QME e o máximo valor de r^2 ocorreram quando se utilizou a Tb igual a 22°C. Logo, este valor deve ser adotado em estudos para avanço do manejo e modelagem de crescimento da *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. em sistema de cultivo consorciado com o sorgo.

PALAVRAS-CHAVE: Graus-dia, irrigação, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.

BASE TEMPERATURE OF FORAGE CACTUS IN INTERCROPPING SYSTEM WITH SORGHUM

ABSTRACT: The study of the development of agricultural crops requires the calculation of the thermal sum, which, in turn, depends on the lower base temperature (Tb). This information is essential for the advancement of management and modelling. However, Tb varies according to the crop system. Forage cactus is the main forage species of the Brazilian semiarid, and in recent years the intercropping with sorghum has been encouraged. There is a lack of understanding of the Tb forage cactus for its development in different cropping systems. Therefore, it was aimed to determine the Tb of the forage cactus intercropped with sorghum. The experiment was conducted with *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. irrigated and intercropped with sorghum (IPA-2501) in the municipality of Serra Talhada, State of Pernambuco. From May 2012 to June 2013, ten biometric campaigns were carried out to monitor the emission of cladodes by plants. The sigmoid model was adjusted to the cladodes total number and the accumulated thermal sum. The Tb was defined based on the method of the smallest mean square of the error (QME) and higher value of the determination coefficient (r^2). As results, there

were high values of the regression coefficients ($r^2 > 0.8668$). The lowest value of QME and the maximum value of r^2 occurred when T_b was equal to 22°C. Therefore, this value should be adopted in studies to advance the management and growth modeling of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. in intercropping system with sorghum.

KEY-WORDS: Degrees-day, irrigation, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.

INTRODUÇÃO

A palma forrageira é uma cactácea de grande relevância no Semiárido brasileiro (SILVA et al., 2015). Ainda que muito adaptada a este ambiente, o seu desempenho produtivo depende de práticas de manejo sustentáveis; dentre elas, o consórcio entre culturas agrícolas aumenta a eficiência no uso da terra, melhora o aproveitamento de nutrientes e controle à erosão, além disso, reduz a ocorrência de pragas e doenças, e incrementa os lucros aos produtores (FURTADO et al., 2012).

Os elementos meteorológicos, por sua vez, exercem importante influência no desenvolvimento dos vegetais. A temperatura do ar é uma variável que afeta de maneira direta o processo fenológico das culturas, que é caracterizado pela mudança de fases vegetativas ou reprodutivas (HANAEUR et al., 2014).

Mundialmente, o estudo do desenvolvimento das culturas agrícolas é feito por meio da quantificação da soma térmica (PEREIRA, ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007). Este indicador térmico representa a necessidade de energia para o avanço fenológico. Para a sua estimativa, considera-se a temperatura base inferior, como limite para o início do desenvolvimento das espécies. Em regiões tropicais, é o conhecimento mínimo para viabilizar o estudo de fenologia. Esta informação para a palma em sistema de cultivo consorciado com o sorgo permitirá o avanço científico do manejo e da modelagem de crescimento da cultura, com vistas ao incremento da produção.

O objetivo deste trabalho foi determinar a temperatura base inferior da palma forrageira consorciada com sorgo no Semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Instituto Agrônomo de Pernambuco, no município de Serra Talhada, PE, (latitude: 7°59' S, longitude: 38°15' O e altitude 431 m), localizado na região Semiárida da microrregião do Vale do Pajeú, durante o período de maio de 2012 a junho de 2013, perfazendo 380 dias. A área apresenta um solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo e o clima da região é do tipo BSw^h (incidência de chuva nos meses mais quentes, e seco nos meses frios do ano) (SILVA et al., 2015).

A palma forrageira, cv. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), disposta no espaçamento 1,6 x 0,2 m, foi implantada em março de 2011, quando se realizou gradagem e sulcagem. Os cladódios da palma foram plantados com 50% de seus comprimentos enterrados.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos, caracterizados por diferentes lâminas de irrigação: 0%, 8,5%, 17,5%, 26,25% e 35% da evapotranspiração de referência (ET_o), em quatro repetições. Cada parcela foi composta por quatro fileiras com seis metros de comprimento, cada uma contendo 15 plantas, totalizando 60 plantas por parcela.

Para aplicação das lâminas foi usado um sistema pressurizado de irrigação localizada (gotejamento) com vazão nominal de 1,35 L h⁻¹ sob a pressão de 1,0 atm. Os

eventos de irrigação foram feitos apenas nos períodos em que a precipitação pluviométrica foi inferior a ETo acumulada entre os dias de reposição de água.

A estimativa da ETo foi feita por meio da equação de Penman Monteith, parametrizada conforme o Boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998), utilizando-se dados da estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a aproximadamente 1500 m da área experimental.

O sistema consorciado foi implantado em novembro de 2012, com a inserção de uma fileira de sorgo forrageiro de dupla aptidão, cv. IPA-2501, espaçada em 0,25 m da palma. Nessa ocasião, foram abertas covas contínuas de seis metros de comprimento, sendo plantadas 18 sementes por metro linear. O sorgo foi conduzido durante dois ciclos produtivos (planta e rebrota), sendo o primeiro colhido em fevereiro de 2013, e o segundo em junho de 2013, que totalizaram 246 dias, dentro do ciclo da palma.

Ao longo do tempo foram realizadas 10 campanhas de medidas biométricas de três plantas por tratamento para o monitoramento da emissão de cladódios por ordem de surgimento (1º ordem, 2º ordem, e, assim, sucessivamente), bem como a quantificação do número total de cladódios por planta (NTC). Na ocasião da colheita, identificou-se o tratamento em que a palma apresentou maior número de cladódios. Este procedimento foi adotado com o objetivo de garantir a definição da temperatura base inferior na condição de cultivo de máxima emissão de cladódios.

A temperatura base inferior (Tb) foi estabelecida a partir do método da soma do quadrado médio do erro (QME) e maximização do coeficiente de determinação (r^2) da relação entre o número total de cladódios por planta (NTC) e a soma térmica acumulada (STac., °Cdia), até as datas de cada campanha biométrica. Para isso, o modelo sigmoide foi ajustados aos dados de NTC em função da STac., este último assumindo incrementos contínuos de 0,5°C na Tb, entre 0,5°C e 25°C. A escolha da Tb foi definida quando se obteve o menor QME associado ao máximo r^2 da relação NTC e STac. (SINCLAR et al., 2004; SILVA et al., 2015).

A STac. foi calculada a partir da soma térmica diária (STd., °Cdia). Esta última foi computada considerando os valores da temperatura máxima (Tx, °C) e mínima (Tn, °C), registrados pela estação meteorológica automática, da temperatura base inferior (Tb) com incrementos de 0,5°C, e da equação descrita a seguir:

$$STd = \frac{(Tx + Tn)}{2} - Tb \quad (1)$$

Todos os procedimentos de manipulação de dados foram conduzidos com o auxílio do suplemento “Solver” do programa computacional Excel da Microsoft. Enquanto, as regressões e significâncias da equação definitiva da relação NTC e STac., e de seus respectivos parâmetros foram avaliadas no programa Sigmaplot, versão 10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consórcio palma-sorgo apresentou maior emissão de cladódios sob a lâmina de água de 976 mm ano⁻¹, dos quais 393 mm foram oriundos de eventos de chuva. Assim, a temperatura base inferior da palma forrageira foi estabelecida a partir dos dados registrados nesta condição de cultivo. A temperatura máxima do ar variou entre 24,6°C e 38,0°C, apresentando média de 32,9°C, enquanto que a temperatura mínima oscilou entre 16,7°C e 25,0°C, com média de 21,1°C.

As regressões entre número total de cladódios da palma forrageira (NTC) e a soma térmica acumulada (STac.) resultaram em valores do coeficientes de determinação (r^2) acima de 0,8668, indicando a influência da temperatura do ar no desenvolvimento

do dossel da palma, uma espécie cactácea. Tendência similar ocorre em outras culturas como oliveira (MARTINS et al., 2012), melancia (LUCAS et al., 2012) e berinjela (GUSEI; STRECK; HELDWEINII, 2009).

O quadrado médio do erro (QME) e o r^2 das regressões entre os dados de NTC e STac. apresentaram menores e maiores valores, nessa ordem, quando a STac. foi calculada a partir da temperatura base (Tb) igual a 22°C (Figura 1).

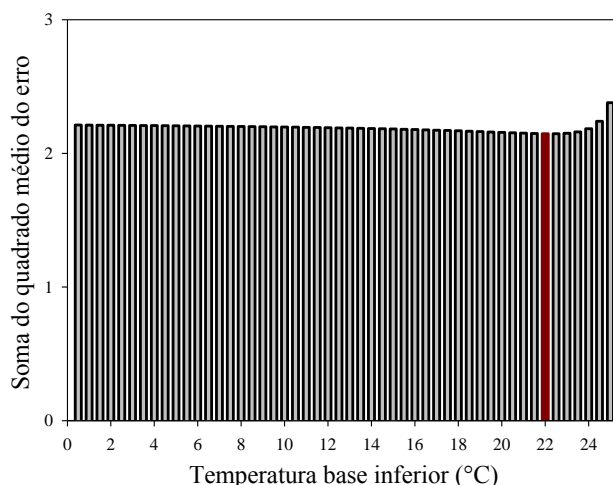


Figura 1. Definição da temperatura base inferior da palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), em sistema de cultivo consorciado com o sorgo.

Logo, este valor pode ser adotado como a temperatura limite inferior necessária para o desenvolvimento do dossel da palma forrageira consorciada com o sorgo. Como consequência, a palma apresenta baixo acúmulo diário de energia térmica e, portanto, necessita de maior tempo para emitir uma unidade de cladódio, refletindo assim, um lento desenvolvimento do seu dossel (SILVA et al., 2015).

Há escassez de trabalhos que indiquem a temperatura base inferior para a palma forrageira em cultivo consorciado. No entanto, Silva et al. (2015), ao avaliarem o clone Orelha de Elefante Mexicana em cultivo exclusivo, encontraram a Tb igual a 20°C, valor estes semelhante ao obtido no presente estudo (22°C). Estes valores de Tb são bem superiores aos observados para outras culturas agrícolas, por exemplo, Oliveira (10,5°C, MARTINS et al., 2012) e melancia (7 °C, LUCAS et al., 2012).

CONCLUSÕES

A temperatura base inferior (Tb) de 22°C é o valor a ser usado em estudos para o avanço do manejo e da modelagem de crescimento da palma forrageira, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., em sistema de cultivo consorciado com o sorgo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro para execução do projeto. Ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) pelo empenho e apoio na condução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 310p. (Irrigation and Drainage, n.56)

FURTADO, G. F. et al. Produtividade e uso eficiente da terra no consórcio de mamona com gergelim e feijão-caupi no Semiárido Paraibano. **Revista Verde**, v. 7, n. 2, p. 156-162, 2012.

GUSEI, I. C. M. F. I.; STRECK, N. A.; HELDWEINII, A. B. Filocrono, área foliar e produtividade de frutos de berinjela conduzidas com uma e duas hastes por planta em estufa plástica. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 671-677, 2009.

LUCAS, D. D. P. et al. Temperatura base para emissão de nós e plastocrono de plantas de melancia. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 2, p. 288-292, 2012.

MARTINS, F. B. et al. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Revista Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1975-1981, 2012.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba, SP: USP, 2007. p. 126.

SILVA, T. G. F. et al. Exigência térmica e filocrono da emissão de cladódios da cactácea forrageira mais cultivada no mundo. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2015, **Anais...** Lavras: SBAGRO, 2015. p. 942-946.

EFEITO DA PALHADA SOBRE O PERFILHAMENTO E COMPRIMENTO DE COLMOS DA CANA-DE-AÇÚCAR

Matheus Phelippe Santos Tolêdo¹, Carlos André Alves de Souza², Maria Gabriela de Queiroz³, Carlos Tiago Amâncio Rodrigues⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, matheustoledo@hotmail.com.br

²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

³Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

⁴Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade do Vale do São Francisco, Juazeiro, BA

⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: A colheita convencional, com queima da palhada, está transitando para o método da cana crua com alta deposição de resíduo vegetal em campo. A palhada afeta a emergência, brotação e perfilhamento da cana-de-açúcar, logo pode alterar a dinâmica de crescimento dos colmos. Objetivou-se no presente estudo avaliar se a manutenção da palha em campo influencia no perfilhamento e comprimento de colmos industrializáveis de cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. O experimento foi conduzido na Empresa Agroindústrias do Vale do São Francisco S.A, em Juazeiro-BA, com a variedade VAT 90-212, no ciclo de 3^a soca. Dois talhões foram monitorados, um com e o outro sem a manutenção da palhada. Medidas biométricas do perfilhamento e comprimento de colmos industrializáveis foram realizadas em campo aos 104, 147, 194, 232, 257, 278, 306 e 341 dias após os corte. Com os resultados foi verificado que o perfilhamento de colmos industrializáveis não foi afetado pela manutenção da palhada em campo ($p > 0,05$), sendo em média 17,4 unidades m^{-2} . Todavia, os comprimentos dos colmos foram diferentes entre os dois sistemas de cultivo, com média de 377 cm no cultivo sem palha e 330 cm no cultivo com palha. Assim, conclui-se que a manutenção da palhada no campo não altera o perfilhamento, mas sim, o comprimento dos colmos industrializáveis da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco.

PALAVRAS-CHAVE: Biometria, Irrigação, Semiárido, VAT 90-212.

EFFECT OF THE STRAW ON THE TILLERING AND LENGTH OF STALK OF THE SUGARCANE

ABSTRACT: The conventional harvest with burning of the straw is moving to the “green sugarcane” method with high deposition of vegetal residue in the field. The straw affects the emergence, sprouting and tillering of the sugar cane, so it can change the growth dynamics of the stalks. The objective of this study was to evaluate if the straw field maintenance influences the tillering and length of the stalks of the sugarcane irrigated in the Submedio of the São Francisco Valley. The experiment was conducted at the Agroindustries Company of the São Francisco Valley, in Juazeiro-BA, with the variety VAT 90-212, in the cycle of 3^a ratoon. Two plots were monitored, one with and other without maintenance of the straw. Biometric measurements of tillering and length of industrialized stalks were performed in the field at 104, 147, 194, 232, 257, 278, 306 and 341 days after cutting. With the results it was verified that the final number of industrialized stalks was not affected by the maintenance of the straw in the field ($p > 0.05$), with an average of 17.4 units m^{-2} . However, the stalks height was different between the two crop systems, with a mean of 377 cm in the no-straw crop and 330 cm in the straw crop. Thus, it is concluded that the maintenance of straw in the field does

not alter tillering, but rather the length of the industrialized stalks of sugarcane irrigated in the Submedio of the São Francisco Valley.

KEY-WORDS: Biometric; Irrigation; Semiarid; VAT 90-212.

INTRODUÇÃO

Na região Nordeste, o uso da irrigação promoveu a expansão de canaviais para o Semiárido brasileiro. No município de Juazeiro, Bahia, há mais de 18 mil hectares plantados com cana-de-açúcar (SILVA, 2009). Ao passo que, mudanças no método de colheita vêm ocorrendo nos canaviais nas últimas décadas.

A colheita convencional (queima da palhada) transita para o método da cana crua (sem queima). Neste método, as folhas secas e os ponteiros são depositados acima da superfície, formando uma cobertura morta, tecnicamente chamada de palhada, a qual fica sujeita a decomposição por ação física, química e biológica (FORTES, 2010).

A cobertura morta, nas regiões áridas e semiáridas, mantém a umidade do solo por tempo mais prolongado, diminui a lixiviação e o surgimento de plantas invasoras, regula a temperatura do solo, aumenta a matéria orgânica e modifica as propriedades físico-químicas e microbiológicas do solo (FORTES, 2010). Todavia, o excesso de palhada pode comprometer a soqueira da cana-de-açúcar, sobretudo nas variedades comerciais desenvolvidas para o sistema de “cana queimada” (SOUZA et al., 2005).

Devido afetar a emergência, brotação e perfilhamento da cana-de-açúcar (OLIVIER; SINGELS, 2015), a palhada em campo pode alterar a dinâmica de crescimento dos colmos. Porém, estes efeitos dependem da variedade, do quantitativo de palhada em campo, do manejo adotado e do clima local.

Logo, objetivou-se avaliar se a manutenção da palhada em campo influencia no perfilhamento e comprimento de colmos da cana-de-açúcar no Semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um canavial irrigado, contendo dois talhões experimentais de 5,0 ha cada, sendo um com a manutenção (cana crua) e outro sem a manutenção da palhada em campo (queima da palhada).

Estes talhões estavam na área comercial da Empresa Agroindústrias do Vale do São Francisco S.A - AGROVALE (9° 28' 07" S; 40° 22' 43" O; 386,5 m), localizada no município de Juazeiro, Bahia.

O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo BSw^h, semiárido com chuvas de verão e irregulares, com temperatura média anual superior a 25°C. O solo da área experimental foi classificado como Vertissolo.

O período experimental compreendeu 21/08/2015 a 28/07/2016, com o canavial durante o ciclo de 3^a soca. No talhão onde o solo foi recoberto 100% por resíduo vegetal da própria cultura após a colheita, o quantitativo de palhada foi de 47 Mg ha⁻¹, e o outro talhão cultivado com o solo totalmente descoberto, a palhada foi queimada após a colheita.

A variedade de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) foi a VAT 90-212.

O sistema de irrigação foi por gotejamento subsuperficial (0,2 m de profundidade) e a cultura plantada em fileiras duplas, espaçadas de 0,70 m x 1,30 m, estando à linha de gotejo enterrada entre as duas fileiras de plantas.

O canavial foi adubado via fertirrigação, com 420 kg N ha⁻¹, 6,1 kg P₂O₅ ha⁻¹, 3,7 kg K₂O ha⁻¹, e com 2,5 kg ha⁻¹ de produto comercial à base de micronutrientes.

O tratamento fitossanitário foi realizado por meio da aplicação de 0,22 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo *Thiamethoxam*. Para controle de plantas daninhas, utilizou-se doses de herbicidas com 1,2 L do ingrediente ativo *Tebutiurum*, 0,51 L do ingrediente ativo *Trifluralina*, 0,17 kg do ingrediente ativo *Isoxaflutol*, 0,13 kg do ingrediente ativo *Imazapique* e 1,3 kg do ingrediente ativo *Amicarbazona*.

Registros biométricos do perfilhamento e comprimento dos colmos foram realizados aos 104, 147, 194, 232, 257, 278, 306 e 341 dias após o corte (DAC). Para isso, selecionaram-se quatro subáreas de 2 x 2,3 m (4,6 m²) com três plantas de cada subárea para as medições das variáveis biométricas.

Os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Mann-Whitney (5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito da manutenção da palhada em campo sobre perfilhamento do canavial entre os 104 DAC e 341 DAC ($p > 0,05$, M-M) (Figura 1A). Este resultado pode está associado às avaliações terem iniciadas apenas aos 104 DAC. Normalmente, o efeito da palhada nos canaviais é verificado nas primeiras fases de desenvolvimento (OLIVIER; SINGELS, 2015).

O perfilhamento, normalmente tem início em torno dos 40 DAC com persistência até os 120 DAC, com população máxima ocorrendo entre os 90 e 120 DAC (MANHÃES et al., 2015). Independentemente do sistema de cultivo, o perfilhamento se estabiliza após os 232 DAC. Esse declínio ocorre em função da competição por fatores de crescimento como água, luz e espaço, promovendo a morte dos perfilhos mais novos (MANHÃES et al., 2015).

A VAT 90-212 apresentou ao final do ciclo, perfilhamento de 17,4 unidades m⁻², superior aos encontrados para a variedade RB 92-579 irrigada na Bahia (SILVA, 2009) e em São Paulo (12,7 unidades m⁻², ALMEIDA et al., 2008), ambas sem manutenção de palhada acima do solo.

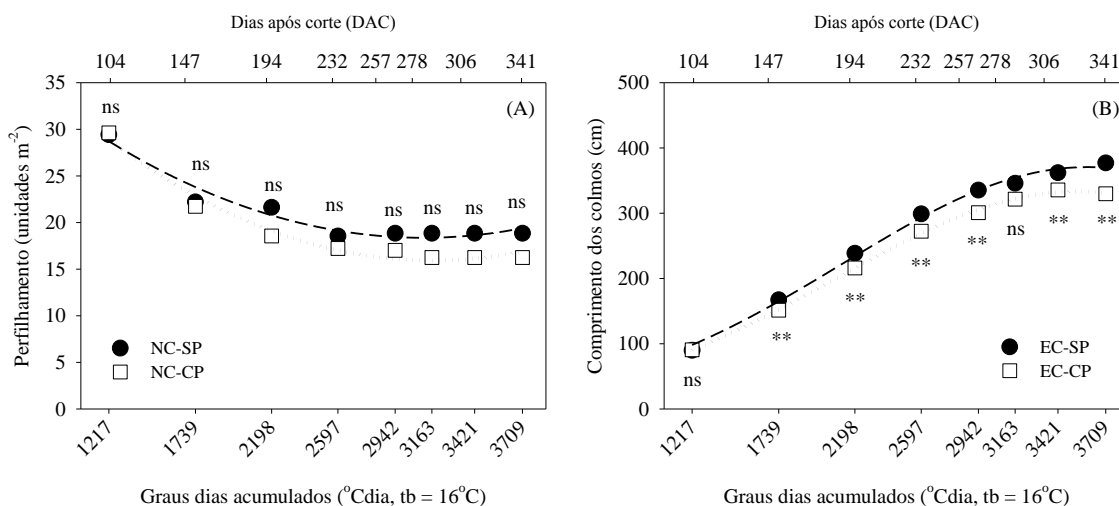


Figura 1. Perfilhamento (A) e comprimento (B) de colmos industrializáveis da cana-de-açúcar sob cultivos sem e com manutenção da palhada acima do solo, em Juazeiro, BA, Semiárido brasileiro. ** - indica diferença significativa, dentro da mesma data, ao nível de significância de 5% pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney (comparação entre duas amostras). ns - diferença não significativa.

O quantitativo de palhada no canavial foi de 47 Mg ha⁻¹, valor esse, bem acima ao que se encontra normalmente no campo (10 a 30 Mg ha⁻¹) (AQUINO, et al., 2015). Todavia, não foi suficiente para afetar o perfilhamento da cultura.

Por outro lado, verificou-se diferença do comprimento dos colmos ($p > 0,05$, M-M), praticamente em todas as avaliações, exceto aos 104 e 278 DAC. A tendência de aumento da estatura dos colmos é similar as encontradas por Oliveira et al. (2004), estudando as cultivares RB72454, RB855536 e RB855113, no estado do Paraná em sistema de cana queimada sem uso da irrigação; por Silva (2009) com para a variedade RB 92579 irrigada.

O comprimento final dos colmos no sistema de cultivo sem palhada no presente trabalho (377 cm) foi superior aos obtidos por Oliveira et al. (2004) para várias variedades de cana-de-açúcar (RB72454, RB855536 e RB855113) e mais próximo ao verificado por Silva (2009) para a RB 92-579, durante o 2º ciclo (421 cm).

Atualmente, a maioria das variedades de cana-de-açúcar possuem características desenvolvidas para o sistema de cana queimada, de forma que, cada variedade pode apresentar comportamento diferente ao manejo com palhada (OLIVEIRA et al., 2014).

Apesar da manutenção da palhada em campo ter promovido menor comprimento dos colmos da cana-de-açúcar (330 cm versus 377 cm), a cobertura morta traz benefícios importantes para as propriedades físico-hídricas, químicas e microbiológicas ao solo. Arelado a isso, a palhada pode contribuir para o estoque de carbono, cogeração de energia e etanol de segunda geração (FORTES, 2010).

CONCLUSÕES

A manutenção da palhada em campo não alterou o perfilhamento dos colmos industrializáveis da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco, mas alterou o comprimento.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa. À Empresa AGROVALE, pela disponibilização da área experimental. Ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) pelo empenho e apoio na condução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. C. et al. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.

FORTES, C. **Produtividade de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e da decomposição da palhada em ciclos consecutivos**. 2010, 153 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) CENAUSP, Piracicaba, 2010.

MANHÃES, C. M. C. et al. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 1, p. 163-181, 2015.

OLIVEIRA, R. A. et al. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 5, n. 1-2, p.87-94, 2004.

OLIVIER, F. C.; SINGELS, A. Increasing water use efficiency of irrigated sugarcane production in South Africa through better agronomic practices. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 176, p. 87-98, 2015.

SILVA, T. G. F. **Análise de crescimento, interação biosfera-atmosfera eficiência do uso de água da cana de açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco**. 2009. 176 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

AQUINO et al. Sistema radicular e produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar sob diferentes quantidades de palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1150-1159, 2015.

SOUZA, Z. M. et al., Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005.

EFEITOS DO ESTRESSE SALINO NA ÁREA FOLIAR DE CULTIVARES DE CANA-DE-ÁÇUCAR

João Vitor Toledo¹, Sérgio Zolnier², Thieres George Freire da Silva³, Antonio José Steidle Neto⁴, Márcio Henrique Pereira Barbosa⁵

¹ Engº Agrônomo, Pós-Doutorando em Ciências Florestais - UFES, Jerônimo Monteiro - ES, jvitor_agr@yahoo.com.br; ² Engº Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, zolnier@ufv.br; ³ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UFRPE, Serra Talhada - PE, thiegeoprofissional@hotmail.com; ⁴ Engº Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Agronomia, UFSJ, Sete Lagoas – MG, antonio@ufs.edu.br; ⁵ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Fitotecnia, UFV, Viçosa – MG, barbosa@ufv.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi ajustar um modelo sigmoidal aos valores de área foliar (AF) da cana-de-açúcar em condições de salinidade e avaliar o efeito do estresse salino em diferentes cultivares. O experimento foi conduzido em condições de casa-de-vegetação, na qual as cultivares RB867515, RB855453, RB92579 e RB928064 foram plantadas em vasos preenchidos com substrato. A salinidade foi estabelecida pela adição 0, 50, 100 e 150 mM L⁻¹ de NaCl à solução de fertirrigação. O modelo sigmoidal utilizou graus-dia acumulados (GDA) como variável independente e apresentou coeficientes de determinação superiores a 0,95. Verificou-se que quanto maior for a concentração de sal adicionado, maior será a redução na AF em relação ao tratamento sem NaCl. Ao final do experimento, o valor médio de redução entre os tratamentos com 0 e 150 mM L⁻¹ de NaCl foi de 43%. Pode-se concluir que o modelo sigmoidal apresenta alta correlação entre AF e GDA e que as cultivares RB867515 e RB928064 demonstram maior redução de AF, em relação a RB855453 e RB92579, sob níveis amenos de salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de crescimento, condutividade elétrica, modelo sigmoidal.

EFFECTS OF THE SALT STRESS ON THE LEAF AREA OF SUGARCANE CULTIVARS

ABSTRACT: The objective of this work was to fit a sigmoidal model to sugarcane leaf area (LA) values subjected to salinity conditions and evaluate the effect of salt stress on different cultivars. The experimento was conducted under greenhouse conditions in which the cultivars RB867515, RB855453, RB92579 and RB928064 were planted in pots filled with substrate. The salinity was established by adding 0, 50, 100 and 150 mM L⁻¹ of NaCl to the fertigation solution. The sigmoidal model used accumulated degree-day (GDA) as independent variable and presented determination coefficient above 0.95. It was verified that the greater the added salt concentration the greater the leaf area reduction as compared to the treatment without NaCl. At the end of the experiment, the average reduction between the treatments with 0 and 150 mM L⁻¹ of NaCl was 43%. It can be concluded that the sigmoidal model presents high correlation between GDA and LA and the cultivars RB867515 and RB928064 demonstrate greater LA reduction, as compared to RB855453 and RB92579, under mild salinity levels.

KEYWORDS: Growth analysis, electrical conductivity, sigmoidal model.

INTRODUÇÃO

A condição climática, que proporciona índices satisfatórios de produção da cultura de cana-de-açúcar, é caracterizada por um período quente e úmido sob intensa radiação solar durante o estágio vegetativo, e por um período seco na fase de maturação e colheita (SILVA et al., 2014). A disponibilidade de radiação solar é importante para a síntese, acúmulo e translocação de carboidratos das folhas para o colmo. Porém, algumas regiões, que possuem valores elevados de radiação solar e de temperatura, são climaticamente caracterizadas pela escassez de água e problemas com a salinidade do solo (PEDROTTI et al., 2015).

O estresse salino acarreta alterações morfofisiológicas e bioquímicas nas plantas. Primeiramente, a salinidade afeta o potencial osmótico, com características de ocorrência de um estresse hídrico, reduzindo a absorção de água e, conseqüentemente, o crescimento. No entanto, dependendo da intensidade e duração deste processo, pode-se observar toxidez por acúmulo de íons no interior das células (MUNNS; TESTER, 2008).

Dentre as alterações provocadas pela salinidade na cana-de-açúcar, verifica-se redução da área foliar, como forma de tolerância ao estresse salino (PLAUT; MEINZER; FEDERMAN, 2000; SIMÕES et al., 2016). Assim, o objetivo deste trabalho foi ajustar um modelo sigmoidal aos valores de área foliar da cana-de-açúcar em condições de salinidade e avaliar o efeito do estresse salino em diferentes cultivares.

MATERIAL E MÉTODOS

O cultivo da cana-de-açúcar foi realizado em casa-de-vegetação não climatizada, localizada na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa-MG. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4. O primeiro fator foi constituído pelas cultivares de cana-de-açúcar (RB867515, RB855453, RB92579 e RB928064), e o segundo, por diferentes níveis de salinidade aplicados na solução de fertirrigação. Esses níveis de salinidade foram estabelecidos pela adição de aproximadamente 0, 50, 100 e 150 mM L⁻¹ de NaCl à solução de fertirrigação. No total, 192 plantas foram cultivadas durante o período experimental, compreendendo 48 plantas de cada cultivar. Assim, foram escolhidas 12 plantas de cada cultivar ao acaso para avaliação do efeito dos níveis de salinidade.

O experimento teve início no dia 13/12/2014, com o plantio de três pequenos segmentos do colmo de cana-de-açúcar, possuindo individualmente uma gema, em vasos plásticos com capacidade de 15 litros, os quais foram preenchidos com 13 L de substrato comercial (Bioplant, Nova Ponte, MG). Depois de 30 dias após o plantio (DAP), foi realizado o desbaste das plantas, mantendo apenas uma unidade por vaso, sendo eliminadas as plantas que não apresentavam características morfológicas semelhantes. Os perfilhos da cana-de-açúcar foram removidos periodicamente, até o final do experimento (28/05/2015).

Durante o período experimental, foram realizadas fertirrigações diárias às 18:00 h com uma solução nutritiva (TOLEDO, 2016), a qual apresentava condutividade elétrica (CE) próxima de 3 dS m⁻¹. A solução nutritiva foi armazenada em quatro recipientes idênticos com capacidade de 100 L. A partir dos 70 DAP, iniciou-se a aplicação da salinidade, sendo adicionados 0, 50, 100 e 150 mM L⁻¹ de NaCl, que proporcionaram valores de CE de 3, 6, 10 e 13 dS m⁻¹, respectivamente. A medição da CE foi realizada com um condutivímetro portátil (modelo CDH-42, Omega, Stamford, CT, USA). No decorrer do período de realização do experimento, o volume aplicado variou conforme o crescimento da cultura e variações meteorológicas do ambiente de cultivo, permitindo uma fração lixiviada maior que 25% e com valores de CE próximos aos preconizados nos tratamentos.

O monitoramento das variáveis meteorológicas do ambiente de cultivo foi realizado por um sensor de temperatura (Tar) e umidade relativa do ar (URar) (modelo HMP60,

Vaisala, Woburn-MA, USA) e um sensor de radiação global (Rg) (Piranômetro, modelo LI-200SA, Li-Cor, Lincoln-NE, USA). Durante o período experimental, os valores médios para Tar, URar e Rg foram, respectivamente, 22,5 °C, 74% e 12,2 MJ m² dia⁻¹.

A área foliar (AF) foi obtida de forma não destrutiva a partir do fator de forma (f) e das medições de dimensões das folhas. Assim, foi utilizada a equação: $AF = \sum_{i=1}^{NF} (C.L.f)$; em que C e L representam, respectivamente, o comprimento e a largura (em cm) de uma folha, e NF o número de folhas por planta. O parâmetro f foi determinado por Toledo (2016), para as mesmas cultivares e níveis de estresse salino. Ao longo do período experimental, foram conduzidas sete campanhas biométricas para obtenção dos valores de C, L e NF.

Com os dados da temperatura média do ar de cada dia (Tm), foi determinado o valor de graus-dia acumulados após o plantio ($GDA = \sum_{i=0}^{DAP} (Tm - Tb)$), utilizando a temperatura base (Tb) igual a 10 °C. O GDA foi usado como variável independente no modelo sigmoidal com três parâmetros ($AF = a / (1 + \exp(-(GDA - GD_0)/b))$), em que “a”, “b” e “GD₀” são os parâmetros), permitindo a representação da variação da AF ao longo do período experimental. Para aprimorar o ajuste do modelo sigmoidal, os valores do parâmetro “b” foram fixados, de acordo com Batista (2012) para as mesmas cultivares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores estimados dos parâmetros do modelo sigmoidal e o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), referentes à área foliar. Observa-se que o R^2_{aj} apresentou elevados valores, indicando alta correlação entre a variável AF e o tempo térmico acumulado, independentemente do nível de estresse salino aplicado.

Os valores estimados de AF e as curvas ajustadas pelo modelo sigmoidal para a AF das cultivares de cana-de-açúcar, nas diferentes condições de CE, são apresentados na Figura 1. Nota-se que, com a adição do sal NaCl, houve alteração na AF das quatro cultivares de cana-de-açúcar, sendo que quanto maior a concentração de NaCl adicionado, maior foi a redução na AF em relação aos tratamentos sem NaCl.

As reduções entre os tratamentos com CE de 3 e de 13 dS m⁻¹, ao final do experimento, foram aproximadamente de 47% (RB867515), 46% (RB928064) e 40% (RB92579 e RB855453). Plaut, Meinzer e Federman (2000), estudando o estresse salino nas cultivares H65-7052 (menos tolerante) e H69-8235 (mais tolerante), encontraram reduções próximas de 40% para a cultivar mais tolerante, e de 62% para a menos tolerante, entre as CE de 1 e de 12 dS m⁻¹. A redução no crescimento foliar representa um mecanismo de defesa das plantas sob condições de estresse, tanto hídrico como salino, para redução das perdas de água por transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Um efeito marcante no comportamento da área foliar das cultivares ao longo do tempo térmico, com o incremento da salinidade, é verificado para as cultivares RB867515 e RB928064, as quais tiveram um maior padrão de incremento no nível de 3 dS m⁻¹. Entretanto, o incremento correspondente ao nível de 6 dS m⁻¹ é menor, apresentando um maior afastamento das curvas entre estes níveis. Quando se analisam as cultivares RB855453 e RB92579, observa-se que para o nível de 6 dS m⁻¹ não ocorrem grandes variações no padrão de incremento.

Tabela 1. Parâmetros estimados pelo modelo sigmoidal (a, b e GD_0) e coeficientes de determinação ajustados (R^2_{aj}) para a área foliar de cultivares de cana-de-açúcar. As plantas foram submetidas a diferentes níveis de salinidade, expressas pela CE.

Cultivar	CE	Parâmetros do modelo sigmoidal			R^2_{aj}
		a	b	GD_0	
RB867515	3 dS m ⁻¹	13138 (±358)	338,4	1408 (±29)	0,992
	6 dS m ⁻¹	10270 (±269)	338,4	1234 (±32)	0,985
	10 dS m ⁻¹	8837 (±131)	338,4	1238 (±18)	0,995
	13 dS m ⁻¹	6173 (±157)	338,4	1000 (±40)	0,965
RB855453	3 dS m ⁻¹	10886 (±307)	347,1	1374 (±31)	0,990
	6 dS m ⁻¹	9934 (±123)	347,1	1315 (±14)	0,998
	10 dS m ⁻¹	7235 (±128)	347,1	1160 (±24)	0,991
	13 dS m ⁻¹	5813 (±85)	347,1	989 (±24)	0,988
RB928064	3 dS m ⁻¹	13172 (±182)	339,1	1374 (±15)	0,998
	6 dS m ⁻¹	9759 (±175)	339,1	1151 (±24)	0,990
	10 dS m ⁻¹	8248 (±233)	339,1	1126 (±39)	0,974
	13 dS m ⁻¹	6357 (±116)	339,1	903 (±32)	0,974
RB92579	3 dS m ⁻¹	9404 (±339)	294,2	1200 (±42)	0,965
	6 dS m ⁻¹	8704 (±324)	294,2	1168 (±46)	0,956
	10 dS m ⁻¹	7029 (±245)	294,2	1104 (±45)	0,951
	13 dS m ⁻¹	5615 (±72)	294,2	905 (±21)	0,985

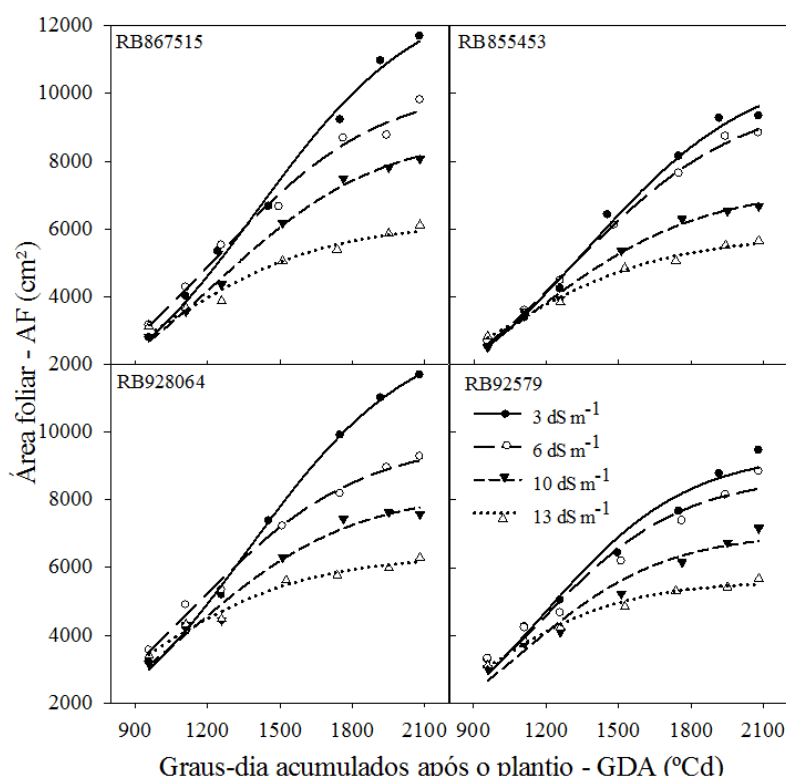


Figura 1. Variação na área foliar das cultivares de cana-de-açúcar RB867515, RB855453, RB928064 e RB92579, submetidas a distintos níveis de salinidade, expressos pela condutividade elétrica (CE) de 3, 6, 10 e 13 dS m⁻¹. Resultados obtidos ao longo do crescimento vegetativo, em função dos graus-dia acumulados após o plantio.

CONCLUSÕES

Em condições de salinidade, o modelo sigmoidal foi adequado para representar a variação da área foliar da cana-de-açúcar em função do tempo térmico acumulado. A

área foliar foi maior em todas cultivares avaliadas na ausência de estresse por NaCl. Com o aumento ameno da salinidade, as cultivares RB867515 e RB928064 apresentaram as maiores reduções de área foliar, enquanto as cultivares RB855453 e RB92579 apresentaram pouca redução.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi realizada com recursos financeiros da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG (Projeto de Pesquisa: APQ-00408-14).

REFERÊNCIAS

BATISTA, E. L. da S., **Efeito do estresse hídrico sobre o crescimento de cultivares de cana-de-açúcar**. 2012. 97f. Dissertação (mestrado Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.651-681, 2008.

PEDROTTI, A. et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria, v.19, n.2, p.1308-1324, 2015.

PLAUT, Z.; MEINZER, F.C.; FEDERMAN, E. Leaf development, transpiration and ion uptake and distribution in sugarcane cultivars grown under salinity. **Plant and Soil**, v.218, p.59–69, 2000.

SILVA, M. de A. et al. Yield potential of sugarcane under drip irrigation in function of varieties and crop cycles. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.3, p.241–249, 2014.

SIMÕES, W. L. et al. Growth of sugar cane varieties under salinity. **Revista Ceres**, Viçosa, v.63, n.2, p.265-271, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 5. ed., 2013. 954p.

TOLEDO, J. V. **Efeitos do estresse salino no crescimento e na evapotranspiração de cultivares de cana-de-açúcar**. 2016. 126f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.

ALTERAÇÕES NO COMPRIMENTO DOS COLMOS DA CANA-DE-AÇÚCAR DEVIDO AO ESTRESSE SALINO

João Vitor Toledo¹, Sérgio Zolnier², Thieres George Freire da Silva³, Antonio José Steidle Neto⁴, Márcio Henrique Pereira Barbosa⁵

¹ Engº Agrônomo, Pós-Doutorando em Ciências Florestais - UFES, Jerônimo Monteiro - ES, jvitor_agr@yahoo.com.br; ² Engº Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, zolnier@ufv.br; ³ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UFRPE, Serra Talhada - PE, thigeoprofissional@hotmail.com; ⁴ Engº Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Agronomia, UFSJ, Sete Lagoas – MG, antonio@ufs.edu.br; ⁵ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Fitotecnia, UFV, Viçosa – MG, barbosa@ufv.br

RESUMO: O crescimento e o desenvolvimento da cana-de-açúcar são afetados negativamente pelo estresse salino, acarretando menor produtividade da cultura. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do estresse salino no comprimento dos colmos (CC) de cultivares de cana-de-açúcar a partir da utilização do modelo sigmoidal. O experimento foi estabelecido em uma casa-de-vegetação, utilizando-se as cultivares RB867515, RB855453, RB92579 e RB928064. A partir de 70 dias após o plantio, foram adicionados 0, 50, 100 e 150 mM L⁻¹ de NaCl à solução de fertirrigação. Verificou-se severa redução no CC à medida que o estresse foi intensificado com os maiores níveis de salinidade, em relação ao tratamento sem adição de NaCl. Ao final do experimento, foi constatada uma redução média de 31% entre os tratamentos com 0 e 150 mM L⁻¹. O modelo sigmoidal apresentou alta correlação entre o CC e os graus-dia acumulados após o plantio (GDA), mostrando que cultivar RB92579 foi mais resistente à salinidade até o nível de 50 mM L⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Crescimento, salinidade, *Saccharum officinarum*.

ALTERATIONS ON THE STALK HEIGHT OF SUGARCANE DUE TO SALT STRESS

ABSTRACT: Sugarcane growth and development are negatively affected by the salt stress, resulting in lower crop productivity. In this way, the objective of this work was to evaluate the influence of the salt stress on stalk height (SH) of sugarcane cultivars by using a sigmoidal model. The experiment was carried out in a greenhouse, utilizing the RB867515, RB855453, RB92579 and RB928064 cultivars. 70 days after planting, it was added 0, 50, 100 and 150 mM L⁻¹ of NaCl to the fertigation solution. It was verified severe SH reduction as the stress was intensified with greater salinity levels, as compared to the treatment without NaCl. At the end of the experiment, it was verified an average reduction of 31% between the treatments with 0 and 150 mM L⁻¹. The sigmoidal model presented high correlation between SH and degree-day accumulated after planting, showing that the cultivar RB92579 was more resistant to salinity until the 50 mM L⁻¹ level.

KEYWORDS: Growth analysis, salinity, *Saccharum officinarum*.

INTRODUÇÃO

As condições meteorológicas são de extrema importância para o setor agrícola, pois, além de afetarem diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, determinam, conseqüentemente, a produtividade da cultura (PEZZOPANE et al., 2012). Marin e Carvalho (2012) relataram que as variáveis meteorológicas são responsáveis por 43% da variabilidade da eficiência produtiva da cana-de-açúcar. Dessa forma, algumas regiões do Brasil, que possuem valores adequados de radiação solar e de temperatura para a cana-de-açúcar, são afetadas pela insuficiência hídrica, que também pode ser exacerbada pela salinidade do solo.

Os colmos da cana-de-açúcar constituem a parte de maior interesse econômico, pois neles ocorre o acúmulo de sacarose. Assim, avaliações contínuas do comprimento dos colmos ao longo do ciclo da cultura servem como um indicativo adequado da expectativa de produção. Para isso, o tempo térmico, expresso pelo número de graus-dia acumulados (GDA, °Cd) após o plantio, pode ser utilizado na avaliação do padrão de crescimento das plantas (BATISTA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2012).

Embora a cultura da cana-de-açúcar esteja continuamente em expansão, regiões como o nordeste brasileiro apresentam limitações de sua exploração em determinadas áreas, em decorrência do efeito negativo da salinidade no crescimento e desenvolvimento das plantas (SIMÕES et al., 2016). Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência do estresse salino no comprimento dos colmos (CC) de cultivares de cana-de-açúcar, a partir da utilização do modelo sigmoidal, adotando-se GDA como variável independente.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma casa-de-vegetação, localizada no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa-MG. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4. O primeiro fator foi constituído pelas cultivares de cana-de-açúcar RB867515, RB855453, RB92579 e RB928064, enquanto o segundo foi estabelecido pela adição de 0, 50, 100 e 150 mM L⁻¹ de NaCl à solução nutritiva. Para as avaliações biométricas do efeito salinidade, foram escolhidas 12 plantas de cada cultivar ao acaso.

O período experimental teve início em 13/12/2014, com o cultivo de uma planta em cada vaso, que foi preenchido com 13 L de um substrato comercial. Periodicamente, os perfilhos foram removidos até o término do experimento (28/05/2015). As fertirrigações foram realizadas às 18:00 horas com uma solução nutritiva que apresentava condutividade elétrica (CE) próxima de 3 dS m⁻¹. A solução nutritiva foi armazenada em quatro recipientes idênticos R1, R2, R3 e R4, com capacidade individual de 100 L. A partir dos 70 dias após o plantio (DAP), iniciou-se a aplicação dos níveis de salinidade. Assim, nos recipientes R2, R3 e R4 foram adicionados 2,9, 5,8 e 8,7 g L⁻¹ de NaCl, que representam 50, 100 e 150 mM L⁻¹, respectivamente. Dessa forma, os valores de CE da solução nos recipientes R1, R2, R3 e R4 foram de 3, 6, 10 e 13 dS m⁻¹, respectivamente. A medição da CE foi realizada com um condutivímetro portátil (modelo CDH-42, Omega, Stamford, CT, USA).

No decorrer do período de realização do experimento, o volume de fertirrigação foi alterado, conforme o crescimento da cultura e variações meteorológicas do ambiente de cultivo. Dessa forma, foi possível manter o nível de CE próximo ao preconizado em cada tratamento, a partir da utilização de uma fração lixiviada maior que 25%. Os eventos de fertirrigação foram controlados por um sistema automatizado, constituído de um microcontrolador Arduino e de módulos com relés.

A temperatura (Tar) e umidade relativa do ar (URar) foram medidas por um sensor eletrônico conjugado (modelo HMP60, Vaisala, Woburn-MA, USA). Além

disso, a radiação solar global (R_g) foi medida com um piranômetro (modelo LI-200SA, Li-Cor, Lincoln-NE, USA). Durante o período experimental, os valores médios para Tar, URar e R_g foram, respectivamente, 22,5 °C, 74% e 12,2 MJ m² dia⁻¹.

Os dados de comprimento dos colmos (CC) das cultivares de cana-de-açúcar foram obtidos em sete campanhas biométricas, distribuídas ao longo do período experimental. A partir dos dados de CC observados, realizou-se o ajuste do modelo sigmoidal: $CC = a / (1 + \exp(-(GDA - GD_0) / b))$, em que: “a”, “b” e “GD₀” são os parâmetros do modelo, e GDA é a variável independente. Para o cálculo do valor de graus-dia acumulados após o plantio, utilizou-se a equação: $GDA = \sum_{t=0}^{DAP} (T_m - T_b)$, em que T_m é a temperatura média do ar de cada dia e T_b a temperatura base de 16 °C. Para melhorar o ajuste do modelo, os valores do parâmetro “b” foram fixados, conforme proposto por Batista (2015). Este parâmetro está associado ao período inicial de crescimento, antes da imposição do estresse salino.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão disponibilizados os valores estimados dos parâmetros do modelo sigmoidal e o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), referentes ao comprimento dos colmos. Os resultados são mostrados para as cultivares de cana-de-açúcar RB867515, RB855453, RB928064 e RB92579, nos diferentes níveis de salinidade. Pode-se constatar que o R^2_{aj} apresentou valores elevados, indicando alta correlação entre a variável CC e o tempo térmico, independentemente do nível de estresse salino aplicado.

Na Figura 1 são apresentados os valores observados e as linhas ajustadas pelo modelo sigmoidal para o CC das cultivares de cana-de-açúcar, nas diferentes condições de salinidade. Observa-se que, com a adição do NaCl à solução nutritiva, houve alteração no CC das quatro cultivares, sendo que quanto maior a concentração de NaCl, maior foi a redução no comprimento dos colmos em relação aos tratamentos sem salinidade.

Ao final do experimento (166 DAP), os valores de comprimento dos colmos, no tratamento sem adição de NaCl, foram em ordem decrescente: 250, 243, 239 e 221 cm, respectivamente para as cultivares RB867515, RB92579, RB855453 e RB928064. Machado et al. (2009) observaram valores de CC de 170 e 250 cm, respectivamente para as cultivares IACSP 94-2094 e IACSP 96-2042, na condição sem estresse, próxima aos 166 DAP. Oliveira et al. (2010) também constataram grande variação no CC para 11 cultivares de cana-de-açúcar, para o mesmo DAP citado, encontrando valores na ordem de 140 e 225 cm, o que explica diferenças no CC entre as cultivares, sob condições sem adição de NaCl.

Nesta pesquisa, a porcentagem de redução entre os níveis com 3 e 13 dS m⁻¹ foi de aproximadamente 31% em média. Simões et al. (2016) verificaram o efeito da salinidade no comprimento dos colmos de cultivares de cana-de-açúcar e encontraram redução de 38%, que foi proporcionada pelo maior de nível de NaCl (8 dS m⁻¹) em relação à condição sem salinidade.

Tabela 1. Parâmetros estimados do modelo sigmoidal (a, b e GD_0) e coeficientes de determinação ajustados (R^2_{aj}) para o comprimento dos colmos de cultivares de cana-de-açúcar. As plantas foram submetidas a diferentes níveis de salinidade, expressas pela CE.

Cultivar	CE	Parâmetros do modelo sigmoidal			R^2_{aj}
		a	b	GD_0	
RB867515	3 dS m ⁻¹	366,6 (±23)	231,4	926,7 (±31)	0,988
	6 dS m ⁻¹	254,2 (±16)	231,4	816,1 (±37)	0,972
	10 dS m ⁻¹	240,6 (±14)	231,4	822,2 (±34)	0,977
	13 dS m ⁻¹	191,1 (±10)	231,4	735,3 (±36)	0,966
RB855453	3 dS m ⁻¹	363,6 (±24)	252,4	930,6 (±34)	0,988
	6 dS m ⁻¹	297,0 (±16)	252,4	903,6 (±29)	0,990
	10 dS m ⁻¹	227,5 (±11)	252,4	795,9 (±30)	0,983
	13 dS m ⁻¹	191,4 (±13)	252,4	730,3 (±49)	0,945
RB928064	3 dS m ⁻¹	357,7 (±14)	263,7	960,4 (±21)	0,996
	6 dS m ⁻¹	246,6 (±10)	263,7	835,2 (±26)	0,989
	10 dS m ⁻¹	222,4 (±11)	263,7	800,1 (±34)	0,980
	13 dS m ⁻¹	168,2 (±8)	263,7	648,8 (±41)	0,961
RB92579	3 dS m ⁻¹	371,5 (±19)	257,5	930,2 (±27)	0,992
	6 dS m ⁻¹	328,2 (±10)	257,5	909,2 (±16)	0,997
	10 dS m ⁻¹	232,9 (±10)	257,5	826,9 (±26)	0,989
	13 dS m ⁻¹	204,1 (±7)	257,5	764,2 (±26)	0,987

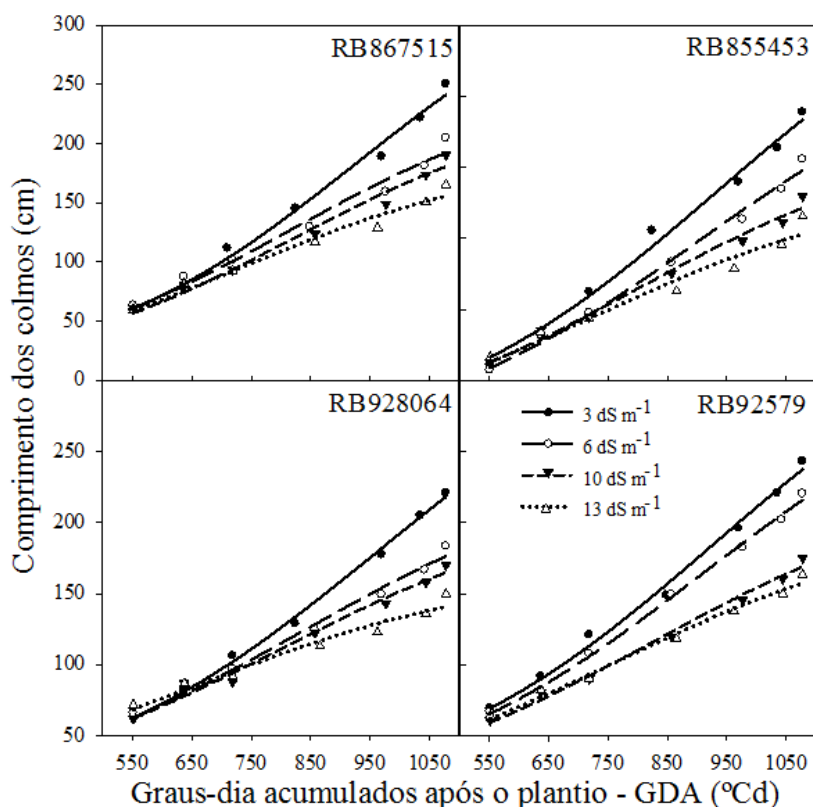


Figura 1. Variação no comprimento dos colmos das cultivares de cana-de-açúcar RB867515, RB855453, RB928064 e RB92579, submetidas a distintos níveis de salinidade, expressos pela CE de 3, 6, 10 e 13 dS m⁻¹. Resultados obtidos ao longo do crescimento vegetativo, em função dos graus-dia acumulados após o plantio.

O decréscimo médio, causado pelo nível de 6 dS m⁻¹ em relação à ausência de salinidade (3 dS m⁻¹), foi de 16% para as cultivares RB867515, RB855453 e RB928064. No entanto, a cultivar RB92579 teve redução de apenas 9%, aproximadamente. Nessa mesma cultivar, a variação do CC foi similar para os níveis com 10 e 13 dS m⁻¹.

CONCLUSÕES

O modelo sigmoidal se mostrou eficiente para estimar a variação do comprimento dos colmos, em função do tempo térmico acumulado, mesmo em condições de salinidade.

Na ausência de estresse salino, o comprimento dos colmos foi maior em todas as cultivares avaliadas. Porém, os resultados obtidos indicam que níveis amenos de salinidade causam menor decréscimo do comprimento dos colmos em plantas da cultivar RB92579.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio financeiro, a partir da aprovação do projeto de pesquisa APQ-00408-14.

REFERÊNCIAS

MARIN, F. R.; CARVALHO, G. L. de. Spatio-temporal variability of sugarcane yield efficiency in the state of São Paulo, Brazil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.47, n.2, p.149-156, 2012.

OLIVEIRA, A. S. de et al. Determinação do tempo térmico para o desenvolvimento de mudas de eucalipto na fase de enraizamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.11, p.1223–1228, 2012.

PEZZOPANE, J. E. M. et al. **Agrometeorologia: aplicações para o Espírito Santo**. Alegre, ES: CAUFES, 2012, 174p.

BATISTA, E. L. da S. et al. Avaliação do efeito do estresse hídrico no crescimento de cultivares de cana-de-açúcar usando um sistema automático de fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.215-229, 2015.

SIMÕES, W. L. et al. Growth of sugar cane varieties under salinity. **Revista Ceres**, Viçosa, v.63, n.2, p.265-271, 2016.

OLIVEIRA, E. C. A. et al. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14, n.9, p.951–960, 2010.

MACHADO, R. S. et al. Biometric and physiological responses to water deficit in sugarcane at different phenological stages. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.12, p.1575-1582, 2009.

PARTIÇÃO DO SALDO DE RADIAÇÃO NOS FLUXOS DE CALOR LATENTE E SENSÍVEL EM MANGUEIRAS, PARÁ

Juliana Chagas Rodrigues¹, Daniely Florência Silva de Souza², Adriano Marlisom Leão de Sousa³

¹ Doutoranda em Ciências – Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Laboratório de Agrometeorologia, Piracicaba, SP, E-mail: rodriguesjc@usp.br; ² Mestranda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Laboratório de Agrometeorologia, Belém, PA, E-mail: daniely.souza@ufra.edu.br; ³ Docente, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Belém, PA, E-mail: adriano.souza@ufra.edu.br.

RESUMO: O balanço de energia particiona a energia disponível em fluxo de calor latente, sensível e para o solo; e uma forma de quantificar estes componentes em escala local é a razão de Bowen. O objetivo deste estudo foi estimar a partição do saldo de radiação nos fluxos de calor latente e sensível das mangueiras no nordeste paraense. O estudo foi conduzido em Salinópolis, Pará. As variáveis meteorológicas e a fenologia das mangueiras foram monitorados diariamente durante a safra 2015/2016 (agosto de 2015 a novembro de 2016). O fluxo de calor latente, componente do balanço de energia, foi obtido por meio da razão de Bowen. O balanço de energia foi influenciado pela estabilidade atmosférica durante o período do estudo, pois não ocorreram chuvas. A energia disponível foi utilizada pelo fluxo de calor latente e sensível em 66,46% e 23,54%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível, *Mangifera indica* L., razão de Bowen.

PARTITION OF THE NET RADIATION IN LATENT AND SENSITIVE HEAT FLUXES IN MANGO TREES, PARÁ

ABSTRACT: The energy balance partitions the available energy in latent heat flux, sensible and soil; and a way to quantify these components on a local scale is the Bowen ratio. The objective of this study was to estimate a partition of the net radiation in latent and sensitive heat fluxes in mango trees in northeast Pará. The study was conducted in Salinópolis, Pará. The meteorological variables and phenology of the mango trees were monitored daily during the 2015/2016 season (August 2015 to November 2016). The latent heat flux, the energy balance component, was obtained by the Bowen ratio. The energy balance was influenced by atmospheric stability during the study period, as there were no rains. The available energy was utilized by the latent heat flux, and sensitive in 66.46% and 23.54%, respectively.

KEY-WORDS: latent heat flux, sensible heat flux, *Mangifera indica* L., Bowen ratio.

INTRODUÇÃO

A mangueira é uma fruteira tropical de grande importância econômica para o Brasil. Em 2015, o País produziu 976.815 t de mangas, em área colhida de 64.305 ha, e o rendimento médio de 15,19 t ha⁻¹; ocupando a sétima posição dentre as frutas tropicais produzidas no Brasil (IBGE, 2015).

Para potencializar a produção das mangueiras brasileiras é importante que suas funções fisiológicas estejam bem estabelecidas. Algumas dessas funções, como a fotossíntese e a transpiração dependem da interação com o ambiente, para que haja as trocas gasosas (dióxido de carbono e vapor de água) imprescindíveis as plantas.

Em áreas vegetadas, como pomares de mangueiras, a transpiração pode ser obtida conjuntamente com a evaporação, por meio da estimativa da evapotranspiração; este parâmetro pode ser conseguido por meio do fluxo de calor latente (LE), obtido pelo balanço de energia em conjunto com o fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor para o solo (G), através do saldo de radiação (BORGES et al., 2008).

Uma forma de se quantificar os componentes do balanço de energia em escala local é a razão de Bowen. Esta técnica foi usada na cultura da mangueira para este fim em outras pesquisas, onde foram utilizados 80,82%, 13,88% e 5,35% do saldo de radiação para LE, H e G, em Petrolina, Pernambuco (BORGES et al., 2008; TEIXEIRA et al., 2008a, b); os estudos na Amazônia para a cultura da mangueira são incipientes.

Diante do exposto, neste estudo objetivou-se estimar a partição do saldo de radiação nos fluxos de calor latente e sensível em mangueiras no nordeste paraense.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Salinópolis, no nordeste do Pará. O solo da área de estudo foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2013). O clima, segundo Köppen, foi classificado como “Am”, correspondendo ao tipo tropical chuvoso com pequena período de estiagem (ALVARES et al., 2013).

A área de estudo foi constituída por um pomar de mangueiras var. Tommy Atkins (00°39'50,50"S, 47°17'4,10"W), implantado em 1993. Este pomar possui espaçamento 10 x 10 m, em uma área total de 25 ha, cultivados em sistema não irrigado. A produtividade média é de 15,66 t ha⁻¹ (RODRIGUES et al., 2013).

No centro do pomar foi delimitada uma parcela experimental de um hectare, onde foram monitoradas as variáveis meteorológicas e a fenologia no período reprodutivo das mangueiras. A fenologia foi adaptada de Rodrigues et al. (2013), abrangendo a floração, o desenvolvimento (união da queda e formação de frutos) e a maturação dos frutos. As coletas foram realizadas no período de 26/08 a 24/11/2015.

No centro desta parcela foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica de 10 m de altura, com “fetch” superior a razão 1:100 na direção predominante dos ventos (de nordeste) (ROSENBERG et al., 1983). Os sensores foram conectados ao sistema de coleta de dados automático, datalogger (CR1000, *Campbell Scientific*), os quais realizavam leituras a cada 10 segundos e a gravação das médias e totais a cada 10 minutos.

A temperatura e umidade do ar foram monitoradas por dois termohigrômetros (HMP155A, *Vaisala*), instalados a 0,5 m e 2,0 m acima da copa das mangueiras. A altura destes sensores foi alterada com o crescimento da cultura, mantendo intervalo do perfil vertical, garantindo a permanência deles dentro da camada limite de equilíbrio.

Devido problemas nos sensores de saldo de radiação (Rn) e fluxo de calor para o solo (G), estas variáveis tiveram que ser obtidas de forma alternativa. O saldo de

radiação foi alcançado conforme equações elaboradas por Lima (2012) no mesmo local deste estudo; enquanto que o fluxo de calor para o solo foi obtido através da proporção 10% do R_n (BARRY; CHORLEY, 2012).

O balanço de energia foi estimado conforme descrito por Souza et al. (2012), por meio da equação: $R_n = LE + H + G$ (1), onde R_n é o saldo de radiação ($W m^{-2}$), LE é o fluxo de calor latente ($W m^{-2}$), H é o fluxo de calor sensível ($W m^{-2}$) e G é o fluxo de calor para o solo ($W m^{-2}$).

A razão de Bowen (β) foi obtida de acordo com Arya (2001): $\beta = H/LE = \gamma(\Delta T/\Delta e)$ (2), em que γ é o coeficiente psicrométrico (mbar °C), ΔT e Δe são as variações de temperatura média do ar (°C) e de pressão (mbar) de vapor d'água entre dois níveis consecutivos, respectivamente. Os valores da β passaram por controle de qualidade, atendendo aos critérios adotados pela metodologia de Perez et al. (1999).

O componente LE foi obtido por meio da β através da equação: $LE = R_n - G/(1 + \beta)$ (3), e o H , pelo resíduo da Equação 1 citada anteriormente.

A análise estatística dos componentes do balanço de energia foi feita utilizando estatística descritiva das amostras, por meio das médias e erros padrão da média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A safra 2015/2016 apresentou pouca variação nos componentes do balanço de radiação nos estádios fenológicos do pomar de mangueiras, devido à estabilidade atmosférica que ocorreu durante o estudo, pois não houve chuvas (Tabela 1). Durante esta safra ocorreu o fenômeno oceano-atmosfera El Niño, que inibiu a formação de nuvens, condição desfavorável à ocorrência de chuvas na Amazônia (JIMÉNEZ-MUÑOZ et al., 2016).

Tabela 1. Componentes do balanço de energia no período reprodutivo em um pomar de mangueiras var. Tommy Atkins, em Salinópolis, Pará.

Estádio	LE/Rn (%)	H/Rn (%)
Floração	69,18 ± 0,31	20,82 ± 0,31
Desenvolvimento	65,55 ± 0,25	24,45 ± 0,25
Maturação	65,62 ± 0,32	24,38 ± 0,32
Ciclo total	66,46 ± 0,24	23,54 ± 0,24

R_n – Saldo de radiação; LE – Fluxo de calor latente; H – Fluxo de calor sensível. Valores após a média representam o erro padrão da média.

Apesar da falta de chuvas na região, a elevada disponibilidade energética proporcionou maior consumo do saldo de radiação (R_n) pelo fluxo de calor latente (LE), em média, 66,46% para o período reprodutivo total, seguido do fluxo de calor sensível (H), 23,54% (Tabela 1). O fluxo de calor latente promove mudanças no estado físico da água e favorece a evapotranspiração; e o H destina-se ao aquecimento do ar e das plantas (BORGES et al., 2008).

Os resultados obtidos neste estudo para a fração consumida pelo fluxo de calor latente (LE/R_n) foram semelhantes aqueles obtidos por Rodrigues (2012) na mesma área para a floração da safra 2010/2011 (63,82%) e os estádios fenológicos (floração, queda, formação e maturação de frutos) e a média do período reprodutivo na safra

2011/2012, que variou entre 68,10% e 69,00%; durante estes períodos houve elevada disponibilidade energética e escassez de chuvas. Nestes mesmos períodos, os resultados desta pesquisa foram inferiores quando comparados aqueles obtidos por Rodrigues (2012) para a fração consumida pelo fluxo de calor sensível (H/Rn) (31,29% a 36,15%).

Para a fração LE/Rn, entre os estádios de desenvolvimento (queda e formação de frutos) e maturação de frutos e o ciclo total, os resultados obtidos neste estudo foram inferiores aqueles obtidos por Rodrigues (2012) (81,19% a 91,73%), durante estes estádios houve chuvas em abundância. Nestes mesmos períodos, os resultados desta pesquisa foram superiores quando comparados aqueles obtidos por Rodrigues (2012) para H/Rn (8,46% a 19,63%). Para os fluxos de calor latente e sensível, a elevada disponibilidade energética e a ocorrência/falta de chuvas foram determinantes no consumo de Rn por estes componentes do balanço de energia.

Comparando os resultados deste estudo com pesquisas realizadas no nordeste brasileiro, este ensaio apresentou menor fração LE/Rn e maior fração H/Rn; no nordeste do Brasil foram obtidos valores para LE/Rn entre 76,79% e 84,44% (TEIXEIRA et al., 2008a, b), e para H/Rn entre 12,88% e 14,45% (BORGES et al., 2008; TEIXEIRA et al., 2008b). As diferenças deste estudo com aqueles realizados no nordeste brasileiro estavam relacionadas, principalmente, ao suprimento hídrico as plantas, pois no nordeste se utiliza a irrigação para suprir a escassez das chuvas, proporcionar melhor utilização dos componentes do balanço de energia e garantir maiores produtividades.

CONCLUSÕES

A falta de chuvas na safra 2015/2016 foi determinante na utilização do saldo de radiação em fluxo de calor latente e fluxo de calor sensível, 66,46% e 23,54%, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa ao primeiro e segundo autores; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate e classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARYA, S. P. **Introduction to micrometeorology**. New York: Academic Press, 2001. 420 p.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 528 p.
- BORGES, C. J. R. et al. Influência do calor armazenado no sistema solo-planta no balanço de energia em pomar de mangueiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 393-399, 2008.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2015**. v. 42, Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 57 p.
- JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. et al. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016. **Scientific Reports**, Londres, v. 6, n. 33130, p. 1-7, 2016.
- LIMA, R. T. **Relações radiométricas em um pomar de mangueiras, cv. Tommy Atkins, no Nordeste Paraense**. 2012. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 2012.
- PEREZ, P. J.; CASTELLVI, F.; IBÁÑEZ, M.; ROSELL, J. I. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 97, p.141-150, 1999.
- RODRIGUES, J. C. **Balanco de energia e comportamento fenológico em pomares de mangueira no nordeste paraense**, 2012. 93 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2012.
- RODRIGUES, J. C.; SOUZA, P. J. O. P.; LIMA, R. T. Estimativa de temperaturas basais e exigência térmica em mangueiras no nordeste do estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 143-150, 2013.
- ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate**: The biological environment. 2 ed. Nova Iorque: John Wiley, 1983. 495 p.
- SOUZA, P. J. O. P. et al. Sazonalidade no balanço de energia em áreas de cultivo de soja na Amazônia. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 548-557, 2012.
- TEIXEIRA, A. H. C. et al. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semiarid Brazil. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 362, n. 1, p. 110-127, 2008a.
- TEIXEIRA, A. H. C. et al. Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 148, n.10, p. 1524-1537, 2008b.

MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE SERRINHA, BA.

Victor Brenno Britto de Menezes¹, Laelson Freires Gomes², Robson Argolo do Santos², Rosângela Santos Leal³.

¹Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia email: victorbrennofsa@hotmail.com; ²Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia. ³Professor adjunto na Universidade Estadual de Feira de Santana.

RESUMO: A determinação da quantidade de água necessária para a irrigação é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação. A evapotranspiração é um dos principais parâmetros para estimar a quantidade de irrigação necessária. Diante disto o objetivo deste trabalho foi comparar a evapotranspiração de referência estimada por seis métodos empíricos e compará-los com o método padrão Penman-Monteith FAO-56. Os dados foram obtidos através da estação meteorológica automática de Serrinha-BA. De posse dos dados foi calculada a evapotranspiração de referência pelo método padrão Penma-Monteith-FAO56 (ALLEN *et al.*, 1998), utilizado como base para a comparação dos resultados obtidos utilizando-se os seguintes métodos: Camargo (1971), Hargreaves-Samani (1985), Priestley-Taylor (1972), Jensen-Haise (1963), Makink (1957) e Linacre (1977). Analisando os resultados notou-se que os métodos de Makink e Camargo, subestimaram os valores de ETo enquanto que os métodos de Jensen-Haise e Linacre superestimaram. Os métodos de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani obtiveram uma boa aproximação ao método padrão. Dentre os métodos estudados o que apresentou melhor resultado foi Hargreaves-Samani (1985) seguido por Priestley-Taylor (1972), podendo ser recomendados para utilização em projetos de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: comparação, métodos empíricos, irrigação.

METHODS OF ESTIMATION OF EVAPOTRANSPIRATION FOR THE MINICIPALITY OF SERRINHA, BA.

ABSTRACT: The determination of the amount of water required for irrigation is one of the main parameters for the correct planning, sizing and management of any irrigation system. Evapotranspiration is one of the main parameters for estimating the amount of irrigation required. Therefore, the objective of this work was to compare the reference evapotranspiration estimated by six empirical methods and to compare them with the FAO-56 Penman-Monteith standard method. The data were obtained through the automatic meteorological station of Serrinha-BA. In order to compare the results obtained, the following methods were used: Camargo (1971), Hargreaves- Samani (1985), Priestley-Taylor (1972), Jensen-Haise (1963), Makink (1957) and Linacre (1977). Analyzing the results it was noticed that the methods of Makink and Camargo underestimated ETo values while the methods of Jensen-Haise and Linacre overestimated. The methods of Priestley-Taylor and Hargreaves-Samani obtained a good approximation to the standard method. Among the methods studied, Hargreaves-Samani (1985), followed by Priestley-Taylor (1972), could be recommended for use in irrigation projects.

KEY-WORDS: comparison, empirical methods, irrigation.

INTRODUÇÃO

A utilização da irrigação na agricultura permite a realização de cultivos em regiões com baixos índices pluviométricos, os quais são incapazes de suprir as necessidades hídricas para o desenvolvimento e produção adequada de tais culturas de modo a gerar renda ao produtor. A determinação da quantidade de água necessária para a irrigação é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação. A evapotranspiração é um dos principais parâmetros para estimar a quantidade de irrigação necessária. Existem diversos métodos científicos para a determinação da taxa de evapotranspiração, sejam eles diretos ou indiretos. Dentre os métodos indiretos, destaca-se o modelo de Penman-Monteith, recomendado pela FAO (Food and Agriculture Organization) no boletim de irrigação e drenagem nº 56 (FAO-56), como padrão para determinação da evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998; MOURA 2013). De acordo com Medeiros (2002), diversos trabalhos científicos têm mostrado que o desempenho do método de Penman-Monteith FAO-56 na estimativa da ETo é satisfatório, quando comparado com medidas lisimétricas. No entanto, muitas vezes nem todos os elementos meteorológicos necessários para o uso desse modelo encontram-se disponíveis. Nessa situação, outros métodos que necessitem de um número menor de elementos meteorológicos podem ser usados (FIETZ, 2005). Diante disto o objetivo deste trabalho foi comparar a evapotranspiração de referência estimada por seis métodos empíricos e compará-los com o método padrão Penman-Monteith FAO-56.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram obtidos através da estação meteorológica automática de Serrinha-BA, cujas coordenadas geográficas são: Latitude $-11,66^\circ$ e longitude $-39,02^\circ$. Altitude de 338 metros. Foram utilizados dados diários temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar e velocidade do vento compreendidos entre os meses de janeiro a dezembro do ano de 2010. De posse dos dados foi calculada a evapotranspiração de referência pelo método padrão Penma-Monteith-FAO56 (ALLEN *et al.*, 1998), utilizado como base para a comparação dos resultados obtidos utilizando-se os seguintes métodos: Camargo (1971), Hargreaves-Samani (1985), Priestley-Taylor (1972), Jensen-Haise (1963), Makink (1957) e Linacre (1977). A análise comparativa entre o método padrão e os avaliados, foi baseada em regressão linear, e os seguintes índices estatísticos de comparação o grau de precisão foi obtido por meio do coeficiente de correlação “*r*”, a exatidão foi avaliada pelo índice de Willmott “*d*” e o desempenho pelo indicador “*c*”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados notou-se que os métodos de Makink e Camargo, subestimaram os valores de ETo enquanto que os métodos de Jensen-Haise e Linacre superestimaram. Os métodos de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani obtiveram uma boa aproximação ao método padrão. Os resultados encontrados corroboram com os apresentados por Cavalcante Jr. et al (2011), na utilização do método de Makink para determinação da ETo em condições climáticas semiáridas, sendo este resultado atribuído ao fato de que os coeficientes utilizados na equação original serem desenvolvidos nas condições climáticas de Wageningen, Holanda e de acordo com Pereira, Villa Nova e Sedyama (1997), esses coeficientes podem variar de local para

local e nas diferentes escalas de tempo de medida. Na figura 1 estão apresentados os gráficos do coeficiente de correlação e os modelos resultantes da regressão linear. Observa-se que o método de Linacre apresentou maior dispersão dos dados, já os métodos de Camargo, Makink, Jensen-Haise, Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani apresentaram maior uniformidade e tendência linear ao redor da reta de regressão. A tabela 1 apresenta os resultados dos índices de avaliação dos métodos a partir dos dados de ETo estimados. Pode-se observar que os métodos de Hargreaves-Samani, Priestley-Taylor e Jensen-Haise obtiveram desempenho “ótimo”, em seguida os métodos de Camargo, Makink e Linacre, com desempenho “muito bom”, “mediano” e “mau”, respectivamente. Segundo Medeiros (2008), a equação de Jensen-Haise foi desenvolvida para regiões áridas e semiáridas, o que explica o seu desempenho. De forma geral, a análise da tabela 1 permitiu verificar que os melhores resultados foram obtidos pelo método de Hargreaves-Samani, com coeficiente de correlação “r” de 0,98 e índice de exatidão “d” de 0,99. Esse resultado pode ser atribuído a influência da temperatura do ar no método, observando-se que os valores de ETo variaram sazonalmente, resultados similares foram encontrados por Moura et. al (2013).

Tabela 1: Valores do coeficiente de correlação, índice de exatidão e desempenho.

Métodos	(Eto = bx+a)	r	d	c	Desempenho
Camargo	1,28x + (-0,52)	0,935	0,885	0,828	MUITO BOM
Makink	1,33x + 0,26	0,994	0,663	0,659	MEDIANO
Jensen-Haise	0,70x + 0,73	0,986	0,880	0,868	ÓTIMO
Hargreaves-Samani	0,90x + 0,48	0,988	0,999	0,987	ÓTIMO
Priestley-Taylor	0,98x + 0,29	0,997	0,984	0,981	ÓTIMO
Linacre	0,56x + 0,41	0,759	0,451	0,342	MAU

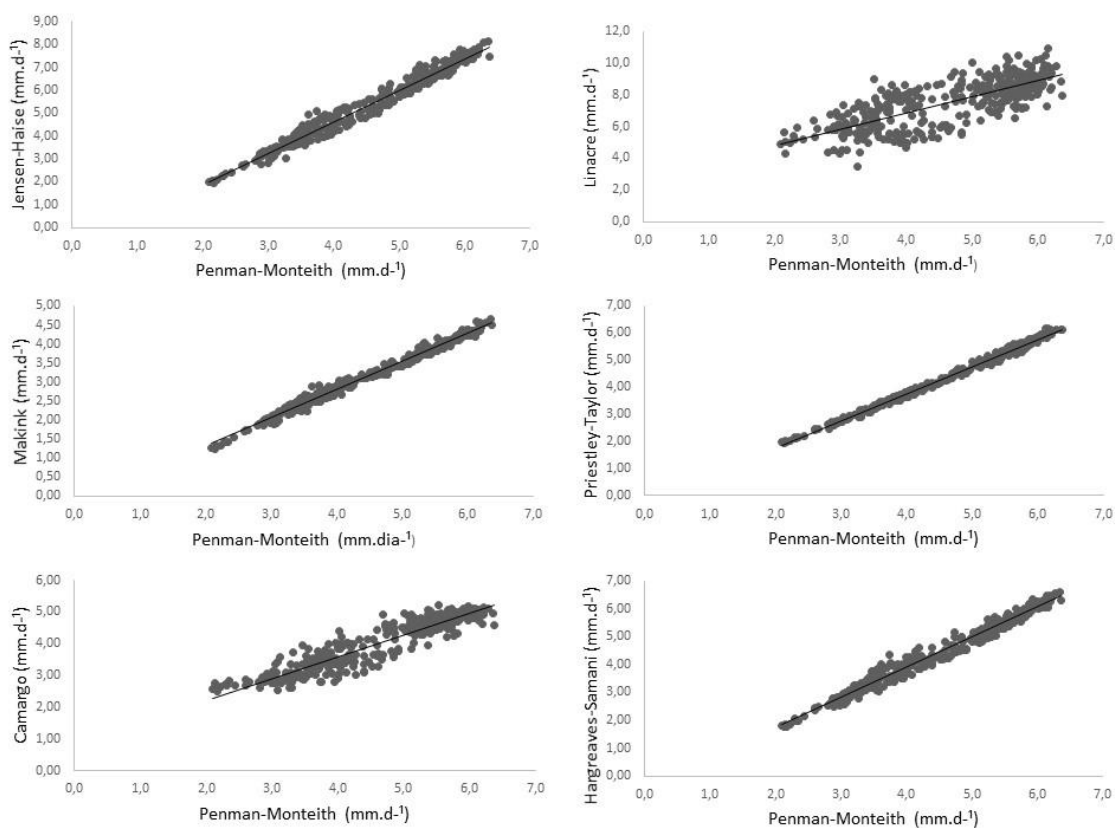


Figura 1. Regressão linear entre os valores diários de ETo (Penman-Monteith FAO 56) em relação aos métodos de Linacre, Camargo, Makink, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise e Priestley-Taylor.

CONCLUSÕES

Dentre os métodos estudados o que apresentou melhor resultado foi Hargreaves-Samani (1985) seguido por Priestley-Taylor (1972), podendo ser recomendados para utilização em projetos de irrigação.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Guidelines for computing crop water requirements Rome: FAO, 1998. 310 p.* (Irrigation and Drainage Paper, 56).

CAMARGO, A.P. **Balço hídrico no estado de São Paulo.** 3. ed. Campinas: IAC, 1971. 24p.

CAVALCANTE JUNIOR, E. G. et al. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 1699-1708, 2011.

FIETZ, C. R.; SILVA, F. C.; URCHIELI, M. A. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para a região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 225-250, 2005.

HARGREAVES, G.L.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from temperature. Basin. **Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE**, New York, v.111, n.1, p.113-124. 1985.

JENSEN, M.E.; HAISE, H.R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE**, New York, v.4, n.1, p.15-41, 1963.

LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evapotranspiration rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.18, n.1, p.409-424, 1977.

MAKKINK, G.F. Testing the Penman formula by means of lysimeters. **Journal of the Institution of Water Engineers**, New York, v.11, n.3, p.277-288. 1957.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Piraipaba, CE.** 2002. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, São Paulo.

MEDEIROS, P. V. **Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de nove equações empíricasteóricas com base na equação de Penman-Monteith.** 2008. 241 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MOURA, A. R. C et al.. Evapotranspiração de referência baseada em métodos empíricos em bacia experimental no estado de Pernambuco – Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v28, n.2, 181-191, 2013.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDYIAMA, G. C. **Evapotranspiração.** Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PRIESTLEY, C.H.B.; TAYLOR, R.J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, Boston, v.100, n.2, p.81-92, 1972.

FILOCRONO DE EMISSÃO DE CLADÓDIOS DA PALMA FORRAGEIRA EM SISTEMA DE CULTIVO PALMA-SORGO

George do Nascimento Araújo Júnior¹, Marcelo José da Silva², Kaique Renan da Silva Salvador³, Luciana Sandra Bastos de Souza⁴, Thieres George Freire da Silva⁴

¹Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, georgejunior_91@hotmail.com; ²Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ³Graduando em Zootecnia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ⁴Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: O registro do aparecimento foliar é uma excelente medida de tempo fisiológico. Na palma forrageira, os cladódios são as unidades fotossintetizantes, sendo os responsáveis pela produtividade da cultura. Apesar de sua importância informações sobre o desenvolvimento do dossel da palma são escassas. Logo, objetivou-se estimar o filocrono de emissão dos cladódios da palma consorciada com o sorgo forrageiro. Analisou-se a espécie *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. em consórcio com o sorgo, cv. IPA2501. Durante o período experimental (maio 2012 a junho 2013) foi realizado o monitoramento do desenvolvimento da cultura por meio de dez campanhas biométricas, onde foram analisadas a emissão e número total de cladódios (NTC). Os valores diários de temperatura do ar foram usados no cálculo da soma térmica diária (ST_{dia}) e acumulada (ST_{ac.}). A partir da regressão linear entre o NTC e a ST_{ac.} foi quantificada a taxa do aparecimento de cladódio (TAC, cladódio °C dia⁻¹). Posteriormente, o filocrono foi estimado pelo inverso da TAC. Como resultado, a TAC apresentou valor igual a 0,0095 cladódio °Cdia⁻¹, resultando no filocrono da emissão de cladódio igual a 105,26 °Cdia cladódio⁻¹. Conclui-se que, o filocrono da *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. em sistema de cultivo consorciado com sorgo é inferior ao valor observado na literatura para o seu sistema de cultivo exclusivo.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., Semiárido.

PHYLLOCHRON OF CLADODE EMISSION FOR FORAGE CACTUS ON INTERCROPPING SYSTEM WITH THE SORGHUM

ABSTRACT: The registration of leaf appearance is an excellent measure of physiological time. In the forage cactus, the cladodes are the photosynthetic units, being responsible for the crop productivity. Despite the importance of the forage cactus is scarce development information of its canopy. Therefore, it was aimed to estimate the cladodes emission phyllochron of the forage cactus in intercropping system with sorghum. The species *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. was cultivated with sorghum, cv. IPA2501. During the experimental period (May 2012 to June 2013), the crop development was monitored through ten biometric measures, where the cladode emission and total number (CTN) were analyzed. The daily values of air temperature were used in the calculation of the daily thermal sum (ST_{dia}) and accumulated (ST_{ac.}). From the linear regression between NTC and ST_{ac.} was quantified the cladode appearance rate (CAR, cladode °Cdia⁻¹). Subsequently, the phyllochron was estimated by the inverse of the CAR. As a result, the CAR presented value equal to 0.0095 cladode °Cdia⁻¹, resulting in phyllochron of the cladode emission equal to 105.26 °Cdia cladode⁻¹. It is concluded that, the phyllochron of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. in intercropping system with sorghum is lower than the value observed in the literature for its single system.

KEY-WORDS: Irrigation, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., Semi-arid.

INTRODUÇÃO

O registro do aparecimento foliar é uma excelente medida de tempo fisiológico, que está diretamente relacionado com o momento da mudança do estágio fenológico, e esta com a expansão da área foliar da planta. O desenvolvimento do dossel define a interceptação de luz solar, produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, a produtividade da cultura (KOEFFENDER et al., 2008).

Na palma forrageira, os cladódios são as unidades fotossintetizantes (SILVA et al., 2015), ao passo que o desenvolvimento do seu dossel é decorrente da emissão dos mesmos. Nesse contexto, um dos principais parâmetros utilizados para caracterização do desenvolvimento das plantas é o filocrono, o qual reflete a emissão de folhas com o decorrer do tempo térmico. O filocrono corresponde aos graus-dia necessários para o aparecimento de uma folha ($^{\circ}\text{Cdia folha}^{-1}$) (PAULA; STRECK, 2008). Para a palma, o termo mais correto é o filocrono ser expresso em $^{\circ}\text{Cdia cladódio}^{-1}$.

O filocrono varia em função do sistema de cultivo (DELLAI et al., 2005). Logo, a adoção de práticas no sistema de cultivo da palma, como o uso de consórcio com o sorgo, pode interferir no desenvolvimento da palma pela mudança do microclima, alterando assim, o filocrono de emissão de cladódio. Embora a palma seja amplamente usada no Semiárido brasileiro são escassos os trabalhos relacionados a parâmetros agrometeorológicos de desenvolvimento do seu dossel, a ponto de facilitar a definição de estratégias de manejo. Assim, objetivou-se estimar o filocrono do cladódio da espécie *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. consorciada com o sorgo forrageiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), município de Serra Talhada, PE, (latitude: $7^{\circ}59' \text{ S}$, longitude: $38^{\circ}15' \text{ O}$ e altitude 431 m), na microrregião do Vale do Pajeú, durante o período de maio de 2012 a junho de 2013, o qual compreendeu o segundo ciclo produtivo da palma forrageira, que perfez 380 dias.

Analisou-se o clone Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), no espaçamento 1,6 x 0,4 m. O experimento foi montado em blocos casualizados com quatro repetições, em que a cultura foi submetida ao sistema de cultivo consorciado com sorgo de dupla aptidão, cv. IPA-2501, e cinco lâminas de irrigação complementar, baseadas na evapotranspiração de referência (ET_o) (0%, 8,75%, 17,5%, 26,25% e 35% ET_o). Estes tratamentos foram aplicados apenas a partir do mês de dezembro de 2012, quando se iniciou o período chuvoso da região.

Durante o período experimental foi feito o monitoramento do desenvolvimento da cultura. Para isso, foram selecionadas três plantas em cada tratamento e durante 10 campanhas de medições biométricas foram analisadas as variáveis: emissão dos cladódios por ordem de surgimento (1^o ordem, 2^o ordem, etc.) e o número total de cladódios (NTC). Na ocasião da colheita foi identificado o tratamento que apresentou a maior emissão de cladódios, resultando no recebimento de 976 mm ano⁻¹.

Os dados de temperatura do ar para o cálculo da soma térmica foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (www.inmet.gov.br), referente à estação meteorológica automática situada a 1500 m da área experimental.

A soma térmica diária (ST_{dia}) e acumulada (ST_{ac.}) foram calculadas por: ST_{dia} = T_m - T_b e ST_{ac.} = \sum ST_{dia}, sendo T_m, a temperatura média do ar e T_b, a temperatura base inferior para emissão de uma unidade de cladódio (T_b igual a 22°C).

A partir da regressão linear entre o NTC e a ST_{ac.} foi quantificada a taxa do aparecimento de cladódio (TAC, cladódio °C dia⁻¹) pelo coeficiente angular da reta (NTC = a.ST_{ac.}+b). O filocrono foi estimado pelo inverso da TAC (FIL = 1/TAC).

Todos os procedimentos de manipulação de dados foram realizados em planilhas eletrônicas do programa Excel da Microsoft. As regressões da relação NTC e ST_{ac.}, foram efetuadas e avaliadas no programa Sigmaplot, v.10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação dos valores de temperatura máxima, média e mínima do ar ao longo do período experimental é demonstrada na Figura 1.

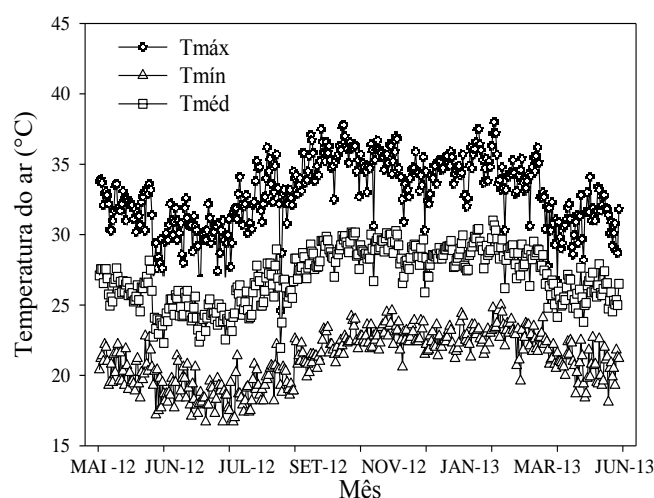


Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima do ar (A) no período de maio de 2012 a junho de 2013 em sistema palma-sorgo, em Serra Talhada - PE.

Os maiores valores de temperatura do ar foram observados entre novembro de 2012 e março 2013 (Figura 1), que compreendem as estações da primavera e do verão. No geral, a temperatura do ar variou entre 21,9°C e 31°C, apresentando média de 27°C.

Na Figura 2 percebe-se um elevado valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9129$) na regressão entre NTC e ST_{ac.}, indicando que a temperatura do ar foi determinante para a emissão de cladódios na palma forrageira. Este resultado corrobora com Silva et al. (2015) e Mendonça et al. (2012), para a cultura da palma em cultivo exclusivo e morangueiro, respectivamente.

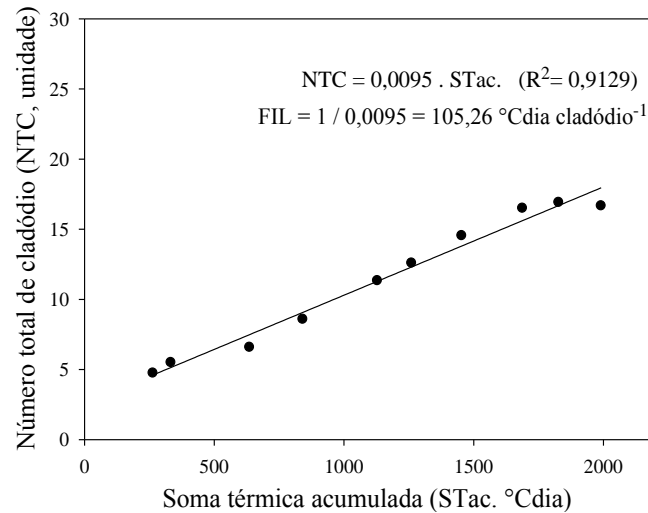


Figura 2. Taxa de aparecimento (cladódios °C dia⁻¹) e filocrono (°C dia cladódio⁻¹) de emissão de cladódios do clone de palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) consorciada com o sorgo.

Ainda na Figura 2, o coeficiente angular da reta (0,0095) representa a taxa de surgimento de cladódios (TAC, cladódio °C dia⁻¹). O inverso da TAC possibilitou a estimativa do filocrono da emissão de cladódio da *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., que foi igual a 105,26 °C dia cladódio⁻¹. Este valor é superior aos averiguados para plantas C3: arroz 63,3 °Cdia folha⁻¹ (STRECK et al., 2007) e plantas C4: cana-de-açúcar, filocrono de 103,9 a 117,3 °Cdia folha⁻¹ (HANAUER et al., 2014), mostrando que, a formação de uma unidade de cladódio pela palma requer maior acúmulo de energia térmica.

Silva et al. (2015) ao avaliarem a espécie *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. de palma forrageira, em cultivo exclusivo, obtiveram filocrono igual 167°C dia cladódio⁻¹. Esse valor é superior ao encontrado no presente estudo (105,56 °C dia cladódio⁻¹), sugerindo que o microclima gerado pelo consórcio reduz a exigência térmica da palma para emissão de um novo cladódio. Evidências semelhantes foram citadas por Mendonça et al. (2012), avaliando o filocrono em morangueiro, quando observaram que, no sistema de cultivo exclusivo, a cultivar Albion necessitou de 50°Cdia a mais para emitir uma folha, quando comparado ao seu sistema de cultivo consorciado.

CONCLUSÕES

O consórcio palma-sorgo reduz o filocrono da *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.

REFERÊNCIAS

DELLAI, J. et al. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p.1269-1274, 2005.

HANAUER, J. G. et al. Desenvolvimento e crescimento foliar e produtividade de cana-de-açúcar em cultivo de Cana planta e de Cana-soca. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 1077-1086, 2014.

KOEFENDER, J. et al. Estimativa do filocrono em calêndula. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 5, 2008.

MENDONÇA, H. F. C. et al. Estimativa do filocrono de morangueiro em sistemas consorciado e solteiro em ambientes protegidos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, p. 15-23, 2012.

PAULA, G. M. de; STRECK, N. A. Temperatura base para emissão de folhas e nós, filocrono e plastocrono das plantas daninhas papuã e corriola. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2457-2463, 2008.

SILVA, T. G. F. et al. Exigência térmica e filocrono da emissão de cladódios da cactácea forrageira mais cultivada no mundo. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2015, **Anais...** Lavras: CBAGRO, 2015. p. 942-946.

STRECK, N. A. et al. Filocrono de genótipos de arroz irrigado em função de época de semeadura. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, 2007.

BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO CULTIVADO COM PALMA FORRAGEIRA EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO E IRRIGADA

Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim¹, Maria Gabriela de Queiroz², George do Nascimento Araújo Júnior¹, Hygor Kristoph Muniz Nunes Alves³, Thieres George Freire da Silva⁴

¹Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, alexandremrfj@gmail.com; ²Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG; ³Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ⁴Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: A dinâmica de água no solo ao longo do desenvolvimento das culturas é um fator de extrema importância, logo que permite melhorar o manejo agrícola. Assim, objetivou-se avaliar os componentes do balanço de água no solo cultivado com a palma forrageira em condições de sequeiro e irrigada. O experimento foi conduzido no município de Serra Talhada, PE. A palma forrageira foi disposta em delineamento de blocos ao acaso, com dois tratamentos (sequeiro e irrigado com base na fração de 75% da evapotranspiração de referência), com quatro repetições. Aplicou-se o método do balanço de água no solo, em intervalos de 14 dias, e os seus resultados foram analisados em cinco períodos ao longo do ciclo. Observou-se que, nas duas condições de cultivo, sequeiro e irrigado, não houve diferença no fluxo vertical de água no solo ($p>0,05$). A variação no armazenamento de água (ΔA) apresentou menor magnitude no período 5 do cultivo em sequeiro. A evapotranspiração real da cultura (ET) foi maior no cultivo irrigado nos períodos 1, 2 e 4. Conclui-se que, os eventos de irrigação no cultivo da palma forrageira influenciam diretamente a ΔA e a ET.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração real; irrigação; *Opuntia stricta*.

WATER BALANCE IN SOIL CULTIVATED WITH FORAGE CACTUS IN RAINFED AND IRRIGATED CONDITIONS

ABSTRACT: The dynamics of water in the soil along the development of the crops is a factor of extreme importance, as soon as it allows improving the agricultural management. The objective of this study was to evaluate the components of the water balance in the soil cultivated with forage cactus in irrigated and rainfed conditions. The experiment was conducted in the municipality of Serra Talhada, PE. The forage cactus was arranged in a randomized complete block design with two treatments (rainfed and irrigated based on the 75% fraction of reference evapotranspiration), with four replications. The soil water balance method was applied at 14 day intervals, and its results were analyzed over five periods throughout the cycle. It was observed that, in both rainfed and irrigated conditions, there was no difference in the vertical flow of water in the soil ($p>0,05$). The variation in water storage (ΔA) presented a lower magnitude in period 5 of the rainfed crop. Actual crop evapotranspiration (ET) was higher in irrigated crops at periods 1, 2 and 4. It was concluded that irrigation events in forage cactus cultivation directly influence ΔA and ET.

KEY-WORDS: actual evapotranspiration; irrigation; *Opuntia stricta*.

INTRODUÇÃO

O método do balanço de água no solo (BAS) tem sido bastante utilizado na análise da dinâmica de água de cultivos agrícolas (QUEIROZ et al., 2016). Esse método quantifica as entradas e saídas de água em um volume de solo, determinando a exigência hídrica das culturas para desempenhar seus processos metabólicos (LIMA et al., 2011). Além disso, pode ser útil na avaliação da inter-relação solo-água-planta-atmosfera (LIBARDI, 2005). Essas informações permitem a identificação dos períodos mais sujeitos ao déficit hídrico das culturas, o que geralmente limita a produção agrícola.

Estudos de dinâmica de água no solo para a palma forrageira foram conduzidos em ambiente semiárido do Texas, com intuito de entender melhor a interface biosfera-atmosfera do gênero *Opuntia* (HAN; FELKER, 1997) para o entendimento da demanda hídrica da cultura, para Silva et al. (2015) cultivos de espécies de palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.) com restrição hídrica, torna esses ambientes mais críticos. Pesquisas realizadas com a utilização da prática de irrigação sob condições de clima Semiárido, demonstram a importância de se entender essa dinâmica de água no solo para essa cultura (QUEIROZ et al., 2016; MORAIS et al., 2017; PEREIRA et al., 2017).

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar os componentes do balanço de água no solo cultivado com palma forrageira no Semiárido pernambucano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, localizado no município de Serra Talhada, PE (7°59' S; 38°15' O e 431 m), no período de janeiro de 2015 a setembro de 2015, que compreendeu o 4^a ciclo produtivo da palma forrageira. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSw^h (incidência de maiores chuvas nos meses mais quentes e, condições secas nos meses frios do ano) (ALVARES et al., 2013). As condições climáticas do local são caracterizadas por temperatura média anual de 24,8 °C, umidade relativa do ar próximo de 62,5%, precipitação média de 642,1 mm ano⁻¹, resultando em uma demanda atmosférica de 1.800 mm ano⁻¹ e, ocorrendo um déficit de 1.143 mm por ano (SILVA et al., 2015).

O material vegetal utilizado foi a palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016, com espaçamento de 1,6 x 0,4 m (15.625 plantas ha⁻¹). O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento (vazão de 1,32 ± 0,12 L h⁻¹, 100 kPa) espaçados em 0,4 m.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com dois tratamentos em quatro repetições, sequeiro e irrigado com base na fração de 75% da evapotranspiração de referência (ET_o). Dados meteorológicos diários para estimativa da ET_o foram coletados de uma plataforma de coleta de dados automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 1.500 m da área experimental.

Ao longo do período experimental foi monitoramento do conteúdo de água no solo, utilizando um sonda de capacitância FDR, modelo Diviner 2000[®] (Sentek Pty Ltd., Austrália), calibrada em condições locais de acordo com procedimentos descritos por Araújo Primo et al. (2015). Foram instalados 8 tubos de acesso de PVC na área experimental, com 0,70 m de profundidade, sendo as leituras realizadas a cada 0,10 m de profundidade. Por meio dos dados do conteúdo de água no solo, aplicou-se o método do BAS (LIBARDI, 2005), para quantificar a ET da palma forrageira, contabilizando as

entradas e saídas de água, seguindo a expressão: $-ET = P + I \pm R \pm Q \pm \Delta A$, em que: ET = evapotranspiração real (mm); P = precipitação (mm); I = irrigação (mm); R = escoamento superficial (mm); Q = fluxo vertical de água no solo (mm); ΔA = variação de armazenamento de água no solo (mm).

Para a realização do BAS foram considerados de cinco períodos de estudo, sendo: P1 = 16/01/15 à 05/03/15; P2 = 06/03/15 à 23/04/15; P3 = 24/04/15 à 11/06/15; P4 = 12/06/15 à 30/07/15; P5 = 31/07/15 à 18/09/15, durante o ciclo produtivo.

Os dados dos componentes do BAS foram submetidos à estatística descritiva. Devido à ausência de normalidade nos dados experimentais, optou-se pela estatística não paramétrica, aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis, Mann-Whitney e comparações múltiplas de Dunn ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas no suplemento computacional XLStat[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos componentes do balanço de água em solo cultivado com palma forrageira, cv. Orelha de Elefante Mexicana, permitiu verificar que não houve diferença estatisticamente ($p > 0,05$) para o fluxo vertical de água no solo (DP e AC) (Tabela 1). Esse resultado pode estar relacionado aos volumes aplicados de água via irrigação, os quais não foram muito elevados. Estudos conduzidos por Queiroz et al. (2016), analisando a dinâmica de água da palma forrageira, cv. Orelha de Elefante Mexicana, durante o segundo ciclo produtivo na mesma região do presente estudo, encontraram valores médios de DP de -78,26 mm. Em sistema de cultivo exclusivo, Morais et al. (2017) obtiveram DP de -17,9 mm, quando a palma, cv. Orelha de Elefante Mexicana foi irrigada com lâminas de irrigação de 7,5 mm a cada 7 mm, em condições semiáridas, durante o primeiro ciclo produtivo.

No caso da ΔA , observou-se diferença apenas no período 5 ($p < 0,05$). Os maiores valores positivos são decorrentes de períodos com maior disponibilidade hídrica (P+I), sendo esses períodos o 1 e 2. Na ΔA ocorreram oscilações entre -44 mm e +15 mm, evidenciando assim a dinâmica de água no solo entre os períodos. No sistema irrigado, a ΔA apresentou maiores valores positivos que o sistema com 0% ETo. Resultados distintos foram encontrados por Queiroz et al. (2016) e Morais et al. (2017) com médias de 33,64 e 30,1 mm, respectivamente. Essas maiores magnitudes da ΔA em sistemas irrigados de palma forrageira ocorrem também por causa da dinâmica do seu sistema radicular, que aumenta a porosidade, a capacidade de infiltração, a aeração e retenção de água no solo (PEREIRA et al., 2016).

Tabela 1. Componentes do BAS cultivado com palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016, em sequeiro e irrigada, durante cinco períodos, em Serra Talhada, PE.

Componentes do BAS		Períodos					Total
		P1	P2	P3	P4	P5	
P	Lâminas	77	79	18	38	0	212
I		80	84	101	68	121	454
DP	0%	0 ^{Aa}	-2 ^{Aa}	0 ^{Aa}	-1 ^{Aa}	-1 ^{Aa}	-4
	75%	-7 ^{Aa}	-2 ^{Aa}	-1 ^{Aa}	-3 ^{Aa}	-4 ^{Aa}	-17
AC	0%	0 ^{Aa}	0 ^{Aa}	0 ^{Aa}	1 ^{Aba}	0 ^{Aba}	1
	75%	1 ^{Aa}	1 ^{Aa}	2 ^{Aa}	4 ^{Aba}	3 ^{Aa}	11
ΔA	0%	-2 ^{Aab}	10 ^{Aab}	-32 ^{Ab}	9 ^{Aba}	-29 ^{Bb}	-44
	75%	13 ^{Aa}	11 ^{Aa}	-5 ^{Aa}	-1 ^{Aba}	-3 ^{Aa}	15
ET	0%	-79 ^{Ba}	-67 ^{Bab}	-50 ^{Aab}	-28 ^{Bb}	-29 ^{Ab}	-253
	75%	-138 ^{Aab}	-151 ^{Aa}	-125 ^{Aab}	-107 ^{Ab}	-124 ^{Aab}	-645

P = Precipitação pluvial (mm); I = Irrigação (mm); DP = Drenagem profunda (mm); ΔA = Variação no armazenamento de água no solo (mm); AC = Ascensão capilar (mm) e, ET = Evapotranspiração real (mm). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na vertical dentro de um mesmo componente, não se diferenciam estatisticamente entre si; médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si de acordo com os testes de Kruskal-Wallis e Dunn, ao nível de 5% de significância.

Com relação a evapotranspiração real (ET), diferenças foram observadas para os períodos 1, 2 e 4 ($p < 0,05$). Durante o período experimental, os maiores valores de ET foram constatados no sistema irrigado. Esse acréscimo na ET está mais relacionado ao aumento do componente evaporação, que em cultivo de espécies cactáceas tende a ser significativo, intensificando as perdas de água para a atmosfera (HAN; FELKER, 1997). Resultados semelhantes foram reportados por Consoli, Inglese e Inglese (2013) e Queiroz et al. (2016).

CONCLUSÕES

A ΔA e ET foram os componentes no cultivo da palma forrageira que sofreram maiores alterações quando submetida a eventos de irrigação.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO PRIMO, J. T. et al. Calibração de sondas capacitivas, funções físico-hídricas e variação do armazenamento de água em um argissolo cultivado com palma forrageira. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 62, n. 1, p. 20-29, 2015.
- CONSOLI, S.; INGLESE, G.; INGLESE, P. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear [*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.)] orchard in a Semiarid Environment. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, New York, v. 139, n. 8, p. 680-690, 2013.
- HAN, H.; FELKER, P. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. *Journal of Arid Environments*, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 133-148, 1997.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da Água no Solo**. 1.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 61, 2005. 329 p.

LIMA, J. R. S. et al. Balanço de energia e evapotranspiração de feijão-caupi sob condições de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 65-74, 2011.

MORAIS, J. E. F. et al. **Hydrodynamic changes of the soil-cactus interface, effective actual evapotranspiration and its water efficiency under irrigation**. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 4, p. 273-278, 2017.

PEREIRA, L. S. et al. Processos hidro-erosivos em solos degradados em relevo de baixa declividade. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 299-316, 2016.

PEREIRA, P. C. et al. Water balance in soil cultivated with forage cactus clones under irrigation. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 776-785, 2017.

QUEIROZ, M. G. et al. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.

SILVA, L. D. B. et al. Desempenho do método do Balanço de Energia-Razão de Bowen na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 516-529, 2016.

SILVA, T. G. F. et al. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 515-525, 2015.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTE DE CULTURA DA *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. NO QUARTO CICLO PRODUTIVO

Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim¹, Marcelo José da Silva², Maria Gabriela de Queiroz³, Cleber Pereira Alves², Thieres George Freire da Silva⁴

¹Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, alexandremrfj@gmail.com; ²Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ³Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG; ⁴Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE.

RESUMO: O Semiárido brasileiro apresenta fatores naturais de influência direta na produção agrícola, sendo necessária a adoção de estratégias para minimizar os impactos da escassez de água, como irrigação e espécies adaptadas. Contudo, o manejo de irrigação depende de dados técnicos da exigência hídrica da cultura. Assim, objetivou-se obter a evapotranspiração e coeficiente da cultura da palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., durante o quarto ciclo produtivo. O experimento foi conduzido em Serra Talhada, PE, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco. As parcelas foram dispostas em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, onde a palma foi irrigada com base na fração de 75% da evapotranspiração de referência (ET_o). O período experimental compreendeu janeiro a setembro de 2015, sendo subdividido em cinco períodos. O material vegetal utilizado foi a cv. Orelha de Elefante Mexicana. A evapotranspiração real da cultura (ET) foi calculada por meio do resíduo do método do balanço de água no solo. O coeficiente da cultura (kc) foi estimado pela razão ET/ET_o^{-1} . Verificou-se que, a ET se diferenciou entre os períodos avaliados ($p < 0,05$), com maiores valores ocorrendo no período 2, quando totalizou 151 mm e média 3,08 mm dia⁻¹ ($p > 0,05$). A evapotranspiração real acumulada da palma forrageira durante o seu quarto ciclo produtivo foi 645 mm (2,63 mm dia⁻¹) e o kc igual a 0,57.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação, palma forrageira, semiárido.

EVAPOTRANSPIRATION AND CROP COEFFICIENT OF *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. IN THE FOURTH PRODUCTIVE CYCLE

ABSTRACT: The Brazilian semi-arid region presents natural factors of direct influence on agricultural production, and it is necessary to adopt strategies to minimize the impacts of water scarcity, such as irrigation and adapted species. However, irrigation management depends on technical data on the water requirement of the crop. Thus, the objective was to obtain the evapotranspiration and cultivation coefficient of the forage cactus, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., during the fourth productive cycle. The experiment was conducted in Serra Talhada, PE, at the Experimental Station of the Institute Agronomic de Pernambuco. The plots were arranged in a randomized block design, with four replications, where the forage cactus was irrigated based on the 75% fraction of the reference evapotranspiration (ET_o). The experimental period comprised January to September 2015, being subdivided into five periods. The plant material used was cv. Orelha de Elefante Mexicana. The actual crop evapotranspiration (ET) was calculated by the residue of the soil water balance method. The coefficient of culture (kc) was estimated by ET/ET_o^{-1} ratio. It was verified that ET differed between the evaluated periods ($p < 0.05$), with higher values occurring in period 2, when it totaled 151 mm and mean 3.08 mm day⁻¹ ($p > 0.05$). The accumulated real evapotranspiration of

the forage palm during its fourth productive cycle was 645 mm (2.63 mm dia^{-1}) and the kc was 0.57.

KEY-WORDS: irrigation, forage cactus, semi-arid.

INTRODUÇÃO

No Semiárido brasileiro, a produção agrícola está frequentemente sujeita a adversidades climáticas, as quais podem comprometer o crescimento e desenvolvimento das culturas e conferir baixos rendimentos à atividade pecuária (BALDO; MARTINS; NERY, 2001; FERREIRA; URBANO, 2013). Além dos prejuízos ocasionados pelo déficit hídrico, as altas concentrações de sais solúveis nos solos e cursos de água superficiais acarretam em água de qualidade marginal, o que podem comprometer o cultivo quando manejados incorretamente (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012).

Neste contexto, torna-se necessária a adoção de estratégias para minimizar os impactos da escassez de água, como uso de espécies com maior eficiência biológica de uso da água e tolerância fisiológica à seca (SANTOS; SILVA-MANN; FERREIRA, 2011). A palma (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.) é um exemplo de planta que tolera as condições climáticas dos ambientes áridos e semiáridos, proporcionando alimento aos animais mesmo em período de baixa disponibilidade hídrica local. A palma é uma das culturas mais exploradas no Semiárido brasileiro (SILVA; SANTOS, 2006).

Apesar da sua tolerância ao déficit hídrico, o uso de práticas de irrigação é essencial, mas depende de dados técnicos de exigência hídrica, como evapotranspiração (ET) e coeficiente da cultura (kc), para o sucesso do manejo (QUEIROZ et al., 2016). A ET e kc variam conforme o ciclo de produção da cultura.

Logo, objetivou-se obter a evapotranspiração e coeficiente da cultura da palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., durante o quarto ciclo produtivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA ($7^{\circ}59' \text{ S}$; $38^{\circ}15' \text{ O}$ e 431 m), no município de Serra Talhada, PE. A precipitação média é de $642,1 \text{ mm ano}^{-1}$, temperatura média anual de $24,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar próximo de 62,5%, resultando em uma demanda atmosférica de $1.800 \text{ mm ano}^{-1}$ (SILVA et al., 2015). O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. O período experimental compreendeu de janeiro de 2015 a setembro de 2015.

A palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016, foi cultivada em espaçamento $1,6 \times 0,4 \text{ m}$ (densidade de plantio de $15.625 \text{ plantas ha}^{-1}$). A cultura foi irrigada com um sistema de irrigação por gotejamento, espaçados em 0,4 m, com vazão de $1,32 \pm 0,12 \text{ L h}^{-1}$ à uma pressão de 100 kPa e um coeficiente de distribuição médio de 93%. As parcelas experimentais foram dispostas em delineamento em blocos ao acaso, onde a palma foi irrigada com base na fração de 75% da evapotranspiração de referência (ET_o), calculada a partir de dados meteorológicos coletados diariamente de uma plataforma de coleta de dados automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, localizada a 1.500 m da área experimental. A água proveniente da irrigação foi adquirida de um açude próximo da área experimental.

O conteúdo de água no solo foi monitorado ao longo do tempo, utilizando uma sonda de capacitância (Diviner 2000[®]), calibrada em condições locais de acordo com

procedimentos descritos por Araújo Primo et al. (2015). Foram instalados 8 tubos de acesso de PVC na área experimental, com 0,70 m de profundidade, sendo as leituras realizadas a cada 0,10 m de profundidades semanalmente em três dias da semana, antes dos eventos de irrigação.

Com os dados do conteúdo de água no solo e das propriedades físico-hídricas do solo (ARAÚJO PRIMO et al., 2015), aplicou-se o método do BAS (LIBARDI, 2005), para quantificar a evapotranspiração real da palma forrageira, conforme a expressão: $ET = P + I \pm R \pm Q \pm \Delta A$, em que: ET = evapotranspiração real (mm); P = precipitação (mm); I = irrigação (mm); R = escoamento superficial (mm); Q = fluxo vertical de água no solo (mm); ΔA = variação de armazenamento de água no solo (mm).

Para análise do BAS, realizou-se a subdivisão do período experimental em cinco intervalos, sendo eles: I = 16/01/15 à 05/03/15; II = 06/03/15 à 23/04/15; III = 24/04/15 à 11/06/15; IV = 12/06/15 à 30/07/15; V = 31/07/15 à 18/09/15.

Os dados foram submetidos à estatística descritiva. Em seguida, por causa da ausência de normalidade nos dados, optou-se pela estatística não paramétrica, aplicando-se assim, o teste de Kruskal-Wallis, Mann-Whitney e o teste de Comparações Múltiplas de Dunn ($p < 0,05$), com auxílio o aplicativo computacional XLStat[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os períodos I (01/2015 à 03/2015) e II (03/2015 à 04/2015), os eventos de precipitação pluvial foram bem similares (77,20 e 79,40 mm, respectivamente) (Figura 1); já para os períodos III (04/2015 à 06/2015) e IV (06/2015 à 07/2015) houve diminuição, logo os eventos de irrigação foram mais predominantes. No período V (07/2015 à 09/2015), não houve eventos de chuva, ficando a irrigação como única fonte de disponibilidade hídrica na cultura (Figura 1).

Com relação a ET, houve diferença entre os períodos avaliados ($p < 0,05$). O período II apresentou maiores magnitudes da ET (151 mm, 3,08 mm dia⁻¹), apesar de não se diferenciar dos períodos I, III e V. O período IV proporcionou menores valores da ET (107 mm, 2,18 mm dia⁻¹), diferenciando-se significativamente apenas do período II ($p < 0,05$) (Figura 1).

A palma forrageira apresentou uma ET acumulada de 645 mm (2,63 mm dia⁻¹), corroborando com os valores obtidos por Queiroz et al. (2016) em trabalho realizado com a mesma cultura e nas condições semiáridas, durante o segundo ciclo produtivo.

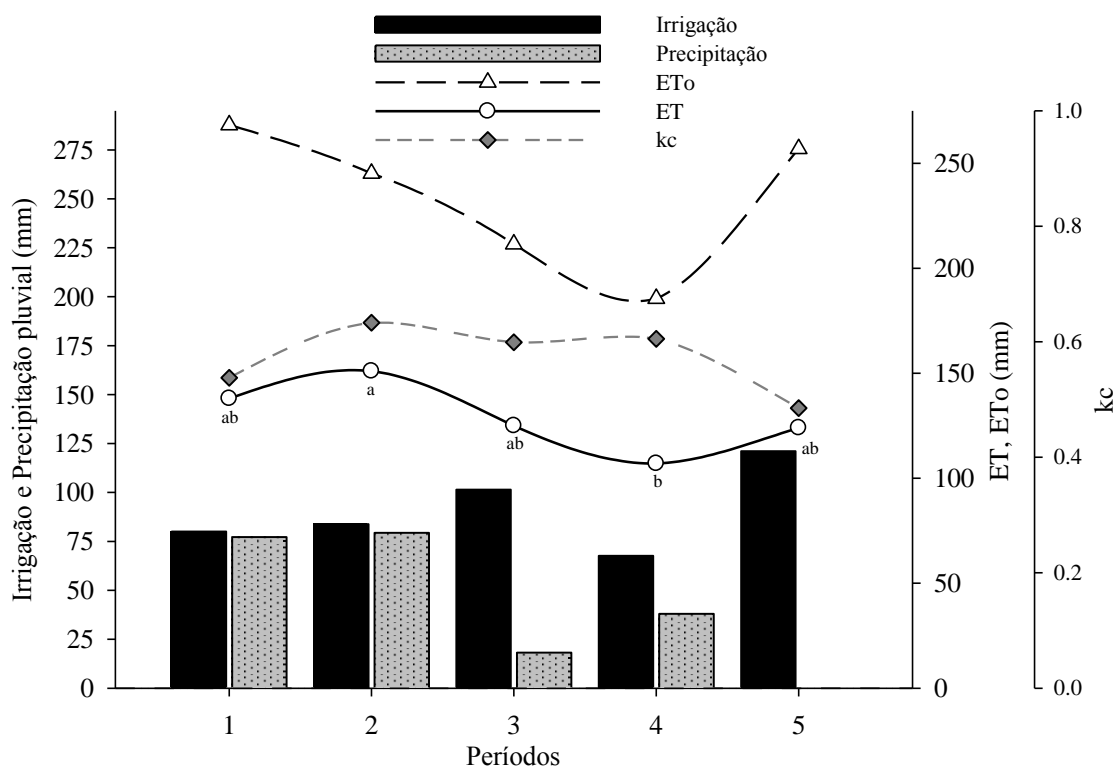


Figura 1. Irrigação e precipitação pluvial, e médias da evapotranspiração de referência (ETo), real da cultura (ET) e coeficiente da cultura (kc) da palma forrageira. Médias seguidas pelas mesmas letras não se diferem entre si (Kruskal-Wallis e Dunn ($p < 0,05$)).

Os valores da ET obtidos no presente estudo foram superiores aos citados por Har e Felker (1997), em estudo conduzido com a *Opuntia ellisiana* L. cultivada em condições de sequeiro ($1,53 \text{ mm dia}^{-1}$ e $1,73 \text{ mm dia}^{-1}$, nesta ordem). Consoli, Inglese e Inglese (2013) encontraram evapotranspiração de $2,5 \text{ mm dia}^{-1}$ para a espécie do gênero *Opuntia*, com dez anos de idade, na região do Mediterrâneo da Itália, bem próximo ao valor aqui obtido.

O coeficiente de cultura da palma forrageira, conforme exposto na Figura 1, apresentou variação similar à ET, sendo em média igual a 0,57. Este valor é próximo ao encontrado por Queiroz et al. (2016) para a mesma variedade do presente estudo, durante o segundo ciclo produtivo da cultura ($kc = 0,52$), e abaixo do valor sugerido por Arba et al. (2016), os quais afirmam que, para o manejo de cultivos de palma do gênero *Opuntia* com fins à produção de frutos, adota-se o kc de 0,7. Para este tipo de cultivo de palma frutífera, com dez anos de idade, Consoli, Inglese e Inglese (2013) obtiveram kc médio de 0,40.

CONCLUSÕES

A palma forrageira, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., apresentou evapotranspiração acumulada de 645 mm ao longo do quarto ciclo produtivo, com média de $2,63 \text{ mm dia}^{-1}$, resultando em coeficiente da cultura de 0,57.

REFERÊNCIAS

ARBA, M. et al. Effects of irrigation at critical crop stages on fruit yield and quality of cactus pear (*Opuntia* spp.). **Scientific Journal of Crop Science**, Iran, v. 5, n. 3, p. 73-81, 2016.

BALDO, M. C.; MARTINS, M. L. O. F.; NERY, J. T. Análise da estrutura da precipitação pluviométrica na região sul do Brasil. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 19, n. 1, p. 71-98, 2001.

CONSOLI, S.; INGLESE, G.; INGLESE, P. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear [*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.)] orchard in a Semiarid Environment. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 139, n. 8, p. 680-690, 2013.

FERREIRA, M. A.; URBANO, S. A. Novas tecnologias para alimentação de bovinos leiteiros na seca. **Revista Científica de Produção Animal**, Areia, v. 15, n. 1, p. 42-52, 2013.

HAN, H.; FELKER, P. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 133-148, 1997.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da Água no Solo**. 1.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 61, 2005. 329 p.

MONTENEGRO, A. A. A; MONTENEGRO, S. M. G. L. **Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. In: GHEYI, H. R. et al. (Eds.). Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: UFRB, 2012. 282 p.

QUEIROZ, M. G. et al. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.

SANTOS, A. R. F.; SILVA-MANN, R.; FERREIRA, R. A. Restrição hídrica em sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 213-220, 2011.

SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Andalucía, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PELO DOSEL DE ESPÉCIES ARBOREAS DO BIOMA CAATINGA

Maria Gabriela de Queiroz¹, Carlos André Alves de Souza², Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim², Marcelo José da Silva³, Thieres George Freire da Silva⁴

¹Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG mg.gabi@hotmail.com; ²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, carlosandre08_msn.com; alexandremrfj@gmail.com; ³Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, marcelosilva145@hotmail.com; ⁴Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thigeoprofissional@hotmail.com.

RESUMO: O processo de interceptação da água da chuva pela vegetação influencia de forma direta a distribuição de água infiltrada na superfície do solo, variando de acordo com a cobertura vegetal. Assim, objetivou-se analisar a precipitação interna e o armazenamento de água pelo dossel de cinco espécies arbóreas do bioma Caatinga. O estudo foi desenvolvido numa área de caatinga, no município de Floresta, Pernambuco. Durante quatro eventos de chuva ocorridos no mês de março de 2017, foram medidas as precipitações externas (P, acima do dossel vegetativo), e instalados 16 pluviômetros (PI, precipitação interna) abaixo do dossel vegetativo das seguintes espécies: Umbuzeiro; Imburana-de-cambão; Pereiro; Faveleira e, Catingueira. Os dados de P e PI foram submetidos a análises de regressão linear, utilizando o programa SigmaPlot, a fim de verificar suas interdependências, e estimar o armazenamento do dossel. Os resultados indicaram que as correlações entre P e PI das cinco espécies apresentaram alta interdependência, com coeficientes de determinação superiores a 0,95. Por meio dos modelos matemáticos originados, estimou-se que, volumes precipitados inferiores a 0,8; 1,7; 1,7; 3,0 e, 4,2 mm para as espécies Faveleira; Pereiro; Catingueira; Umbuzeiro e, Imburana-de-cambão, respectivamente, são interceptados pelo dossel vegetativo. Conclui-se que, as espécies da caatinga possuem diferentes quantidades de PI e armazenamento de água do dossel, devido às características estruturais das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico, Chuva, Cobertura vegetal, Pluviômetros.

WATER STORAGE BY DOSEL OF TREE SPECIES OF CAATINGA BIOMA

ABSTRACT: The process of interception of rainwater by vegetation directly influences the distribution of water infiltrated at the soil surface, varying according to the vegetation cover. Thus, the objective was to analyze the internal precipitation and water storage by the canopy of five tree species of the caatinga biome. The study was developed in an area of caatinga, in the municipality of Floresta, Pernambuco. During four rain events in March 2017, was measured the external precipitation (P, above the vegetative canopy), and 16 pluviometers (IP, internal precipitation) were installed below the vegetative canopy of the following species: Umbuzeiro; Imburana-de-cambão; Pereiro; Faveleira e, Catingueira. The P and IP data were submitted to linear regression analysis using the SigmaPlot program to verify their interdependencies and to estimate the canopy storage. The results indicated that the correlations between P and IP of the five species showed high interdependence, with coefficients of determination higher than 0.95. Through the mathematical models originated, it was estimated that, precipitated volumes less than 0.8; 1.7; 1.7; 3.0 and 4.2 mm for Faveleira species;

Pereiro; Catingueira; Umbuzeiro and, Imburana-de-cambão, respectively, are intercepted by the vegetative canopy. It is concluded that the caatinga species have different amounts of PI and canopy water storage due to the structural characteristics of the plants.

KEY-WORDS: Water balance, Rain, Vegetation cover, Pluviometers.

INTRODUÇÃO

O entendimento da utilização da água da chuva pela vegetação nativa de um bioma é uma importante informação para entendimento do processo erosivo e infiltração de água no solo, sendo significativa dentro da conjuntura do balanço hídrico local, regional e global (OLIVEIRA et al., 2008; MOURA et al., 2009).

Dentro do bioma caatinga, a vegetação distribui-se de maneira desigual, com significativa biodiversidade, e diferentes arranjos fitossociológicos, tornando-a excessivamente complexa (SOUTO, 2006; SILVA; SOUTO; SOUTO, 2014), interferindo expressivamente nos mecanismos de entrada de água na superfície do solo, a exemplo das frações da partição das chuvas, as quais sejam a interceptação, precipitação interna e escoamento pelo tronco (MOURA et al., 2009; HE et al., 2014).

A quantificação das componentes de interceptação de água permite validar modelos matemáticos de uso da água em diferentes espécies vegetais, e assim, verificar as relações entre precipitação acima e abaixo do dossel das plantas.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo analisar a precipitação interna e o armazenamento de água pelo dossel de cinco espécies arbóreas do bioma caatinga, durante quatro eventos chuvosos, em ambiente Semiárido.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na fazenda Algodões, em Floresta, Pernambuco (latitude -8,30°; longitude -38,51°; altitude 378 m). O aparato experimental foi instalado em uma área de Caatinga, a qual tem como característica importante, a manutenção de atividade pecuária, com pastoreio extensivo de espécies caprinas, ovinas e bovinas.

Os dados de precipitação acima do dossel vegetativo, ou externa (P) foram coletados a partir de um pluviômetro (CS700-L, Hydrological Services Rain Gage, Liverpool, Austrália) instalado em uma torre micrometeorológica, a 8 metros de altura. A precipitação interna (PI) é a chuva que atinge o solo em forma de gotejamento, e para a coleta de dados foram instalados 16 pluviômetros fixos, de maneira aleatória, abaixo do dossel vegetativo de cinco espécies arbóreas representativas do bioma Caatinga: Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*); Imburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*); Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*); Faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*) e, Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*).

Foram analisados os resultados referentes a quatro coletas de eventos individuais de precipitação, ocorridos durante o mês de março de 2017. Os dados de P e PI foram submetidos a análises de regressão linear, com as significâncias das equações e dos seus respectivos coeficientes avaliados com base no teste F e t de Student, respectivamente. Para tal, utilizou-se o programa SigmaPlot®11 (Systat Software Inc.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As correlações entre a precipitação externa e interna das cinco espécies da vegetação de caatinga para o mês de março/2017 são apresentadas na Figura 1.

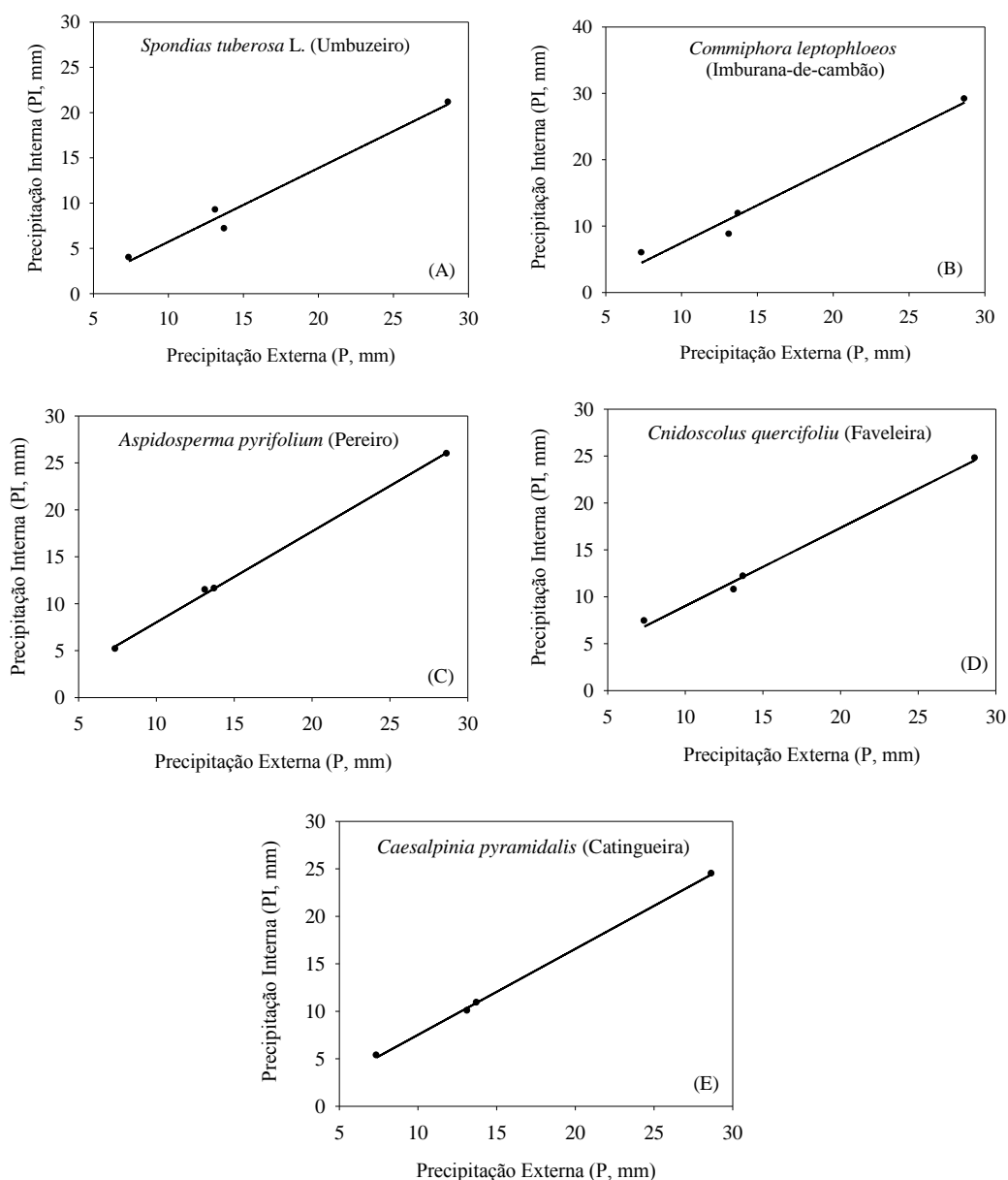


Figura 1. Correlação entre a precipitação externa (P) e a precipitação interna (PI), de cinco espécies do bioma caatinga, no município de Floresta, Pernambuco, durante quatro eventos de chuva ocorridos no mês de março de 2017.

Verifica-se que houve tendência crescente dos valores de PI em relação a P para as cinco espécies avaliadas, além de ótimo ajuste (forte interdependência) entre estas variáveis, com coeficientes de determinação superiores a 0,95 (Tabela 1).

As fortes correlações entre a precipitação externa e a interna indicam que por meio dos modelos matemáticos originados das regressões lineares é possível estimar, com certo grau de confiabilidade os seus valores a partir da precipitação total acima do dossel (Tabela 1).

Tabela 1 - Modelos matemáticos obtidos pelas regressões lineares entre a precipitação externa (P) e Precipitação interna (PI) de cinco espécies do bioma caatinga no município de Floresta, Pernambuco, em quatro eventos de chuva ocorridos no mês de março de 2017,

Espécies vegetais (nomenclatura binária e popular)	Modelos matemáticos	R²
<i>Spondias tuberosa</i> L, (Umbuzeiro)	PI = 0,8148.P – 2,4253	0,9671
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Imburana-de-cambão)	PI = 1,2737.P – 5,4027	0,9597
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> (Pereiro)	PI = 0,9685.P – 1,6736	0,9983
<i>Cnidocolus quercifolius</i> (Faveleira)	PI = 0,8327.P + 0,6886	0,9989
<i>Caesalpinia pyramidalis</i> (Catingueira)	PI = 0,9052.P – 1,5345	0,9989

Quando a chuva atinge o dossel das plantas, algumas gotas alcançam o solo diretamente através da abertura do dossel das árvores, a qual é denominada de precipitação interna livre, e outra parte da chuva pode ficar retida nas copas das árvores, chamado de armazenamento pelo dossel (HE et al., 2014). Esse armazenamento depende de inúmeros fatores relacionados às características estruturais das plantas.

Por meio dos modelos matemáticos, estimou-se que, a espécie *Commiphora leptophloeos* (Imburana-de-cambão), é aquela que possui um maior valor de armazenamento do dossel, uma vez que o processo de precipitação interna só inicia após volumes precipitados de 4,2 mm. Já para a espécie Umbuzeiro, este valor é de 3,0 mm.

Ambas as espécies Pereiro e Catingueira, apresentaram valores de armazenamento iguais a 1,7 mm, e para a espécie Faveleira, este valor foi igual a 0,8 mm. Nota-se que, as características estruturais do dossel dessas 3 últimas espécies se diferenciam da Imburana-de-cambão e do Umbuzeiro, sendo plantas de dosséis mais espaçados (abertos), com porte menor, e caule e troncos menos espessos, o que provavelmente foi responsável pelos menores valores de armazenamento de água.

Silva, Souto e Souto (2008) avaliando a precipitação interna das espécies Jurema preta e catingueira, e verificaram que no período de dezembro/2010 a março/2011, a jurema preta, por apresentar copa aberta e presença de folíolos, houve uma maior ocorrência de precipitação interna.

CONCLUSÕES

A precipitação interna e o armazenamento de água pelo dossel das cinco espécies arbóreas do bioma caatinga avaliadas foram distintas, devido à arquitetura, estrutura e forma de seus dosséis vegetativos, estando altamente dependentes do volume precipitado acima do dossel.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo GAS (Grupo de Agrometeorologia no Semiárido) pela dedicação e apoio na condução do experimento.

REFERÊNCIAS

HE, Z.-B. et al. Spatial variability of canopy interception in a spruce forest of the semiarid mountain regions of China. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, n. 188, p. 58-63, 2014.

OLIVEIRA, L. L. et al. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 38, n. 4, p. 723-732, 2008.

MOURA, A. E. S. S. et al. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 461-469, 2009.

SILVA, A. C. F. da; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Repartição da água de chuva em espécies da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó/Paraíba. In: I SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE POTENCIALIDADES DO BIOMA CAATINGA, 1, 2014, Sumé, Anais... Sumé: SERPEC, 2014. p. 318-325.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição de serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil**. 2006. 150 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

QUANTIFICAÇÃO MENSAL DA INTERCEPTAÇÃO DE ÁGUA PELO DOSEL VEGETATIVO DA CAATINGA

Maria Gabriela de Queiroz¹, Carlos André Alves de Souza², Kaique Renan da Silva Salvador³, Jandis Ferreira Nunes de Araújo⁴ Thieres George Freire da Silva⁵

¹Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG mg.gabi@hotmail.com; ²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, carlosandre08_@msn.com; ³Graduando em Zootecnia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, kaiquersalvador@gmail.com; ⁴Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, jandis_araujo@hotmail.com; ⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thi geoprofissional@hotmail.com.

RESUMO: A interceptação representa o processo pelo qual a chuva que cai sobre uma superfície vegetada é particionada e redistribuída pela vegetação. O presente trabalho teve como objetivo quantificar a partição das chuvas em processos de interceptação de água pelo dossel (I) e de precipitação interna (PI), para a vegetação do bioma caatinga. O estudo foi realizado numa área de caatinga no município de Floresta, Pernambuco. No período de 02 a 25 março de 2017 foram realizadas 4 coletas individuais de eventos de chuva (P). Para medição da precipitação interna foram utilizados 16 interceptômetros, distribuídos abaixo de espécies representativas da vegetação. Os dados de P, PI e I foram submetidos a análises de regressão linear, utilizando o programa SigmaPlot, a fim de verificar suas interdependências. O estudo revelou uma precipitação interna igual a 52 mm e uma interceptação de 11 mm, correspondendo, a 82,6% e 17,4% da precipitação acima do dossel, que foi igual a 63 mm, no período de estudo, nesta ordem. Registrou-se alta relação de dependência entre P e PI ($R^2=0,99$), enquanto para P e I foi apenas regular ($R^2=0,55$), indicando que a interceptação de água pelo dossel não dependendo diretamente do total precipitado. A precipitação interna e a interceptação de água pelo dossel da vegetação caatinga são relevantes e não deve ser negligenciadas na quantificação do balanço hídrico local.

PALAVRAS-CHAVE: Coeficiente de determinação, eventos de chuva, precipitação interna.

MONTHLY QUANTIFICATION OF WATER INTERCEPTION BY THE CAATINGA VEGETATIVE DOSEL

ABSTRACT: Interception represents the process by which rain falling on a vegetated surface is partitioned and redistributed by vegetation. This study aimed to quantify the partition of rain in the canopy water interception processes (I) and internal precipitation (IP) for the vegetation of the caatinga biome. The study was carried out in a caatinga area in the municipality of Floresta, Pernambuco. From March 2 to 25, 2017, 4 individual rainfall events were collected (P). To measure the internal precipitation, 16 interceptors were used, distributed below representative species of vegetation. The P, IP and I data were submitted to linear regression analysis using the SigmaPlot program in order to verify their interdependencies. The study revealed an internal precipitation of 52 mm and an intercept of 11 mm, corresponding to 82.6% and 17.4% of the precipitation above the canopy, which was 63 mm in the study period, in that order. There was a high dependence ratio between P and PI ($R^2 = 0.99$), while for P and I it was only regular ($R^2 = 0.55$), indicating that the interception of water through the

canopy did not depend directly on the total precipitate. The internal precipitation and interception of water by the caatinga vegetation canopy are relevant and should not be neglected in the quantification of the local water balance.

KEY-WORDS: Coefficient of determination, rainfall events, internal precipitation.

INTRODUÇÃO

Em áreas de vegetação caatinga, o processo de degradação iniciou-se com a expansão da pecuária, sobrepastejo, atividade agropastorial extensiva, extrativismos predatório, queimadas, além da substituição de vegetação nativa por culturas agrícolas (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009), interferindo diretamente na preservação deste bioma exclusivamente brasileiro.

A cobertura vegetal de uma floresta tem forte impacto no balanço hídrico local, regional e global, logo, as consequências hidrológicas da conversão de ambientes naturais em áreas degradadas são sentidas em termos de alterações na precipitação, evapotranspiração, escoamento e conteúdo de água no solo (SUN et al. 2010; DENG et al., 2015), além de afetar o processo de interceptação de água pela vegetação.

A interceptação destaca-se como um importante processo hidrológico (HE et al., 2014). Assim, a arquitetura do dossel, área foliar, diversidade e idade de espécies, tipo, tamanho e forma da folha e irregularidades no tronco, são fatores primordiais na determinação da capacidade de armazenamento de água pela vegetação e os demais componentes do balanço hídrico (JÚNIOR; DIAS, 2005; MOURA et al., 2009).

Face ao exposto, o objetivo deste trabalho foi quantificar durante um mês chuvoso, a partição das chuvas em processos de interceptação de água pelo dossel e de precipitação interna, para a vegetação do bioma caatinga.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na fazenda Algodões, numa área de vegetação de Caatinga, município de Floresta, Pernambuco, Semiárido nordestino. A região de estudo apresenta distribuição irregular da chuva, com as estações de inverno e primavera relativamente secas, e, verão e outono relativamente úmidos, com destaque para o mês de março.

A coleta de dados foi realizada entre os dias 02 a 25 de março de 2017, quando foram registrados quatro eventos de chuva.

Para determinar a interceptação florestal foram coletados dados de precipitação externa (P, precipitação total acima do dossel), e precipitação interna (PI, chuva que atravessa o dossel vegetativo e atinge o solo). No primeiro caso, foi utilizado um pluviômetro automático (CS700-L, Hydrological Services Rain Gage, Liverpool, Austrália) instalado no topo de uma torre micrometeorológica, e para medição da PI, foram utilizados 16 pluviômetros de PVC, localizados abaixo de árvores representativas do bioma Caatinga, posicionados de forma sistemática a uma altura de 0,9 m, conforme sugerido por Izidio et al., 2003.

A quantidade de água interceptada (I) é o resultado da diferença entre a quantidade de precipitação que atinge o topo das plantas, subtraída pela parcela que atinge o solo (equivalente à média aritmética da chuva nos 16 pluviômetros internos). Foram realizadas análises de regressão linear entre P, PI e I, com análise da significância das equações e dos seus respectivos coeficientes avaliados com base no teste F e t de Student, respectivamente, admitindo-se como válidos desde que $p < 0,10$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os eventos 1, 2, 3 e 4, foram registrados valores de precipitação externa iguais a 13,1; 13,7; 28,7, e 7,4 mm, precipitação interna de 10,6; 10,75; 25,64; e 5,58 mm, e de interceptação iguais a 3,0; 3,0; 3,1; e 1,8 mm, respectivamente (Figura 1).

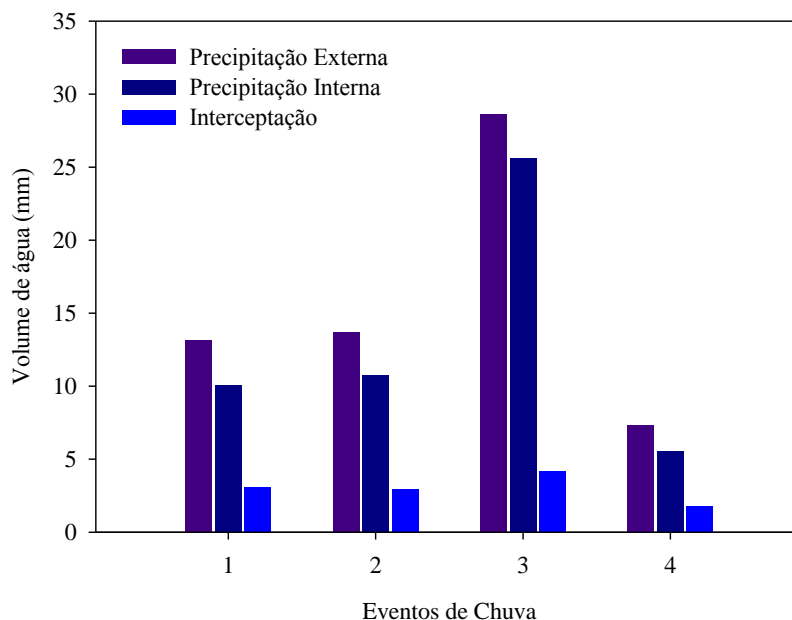


Figura 1. Volume de água acumulados (mm) da precipitação externa, precipitação interna e interceptação total da vegetação do bioma caatinga, no município de Floresta, Pernambuco, durante quatro eventos de chuva ocorridos em março de 2017.

Observa-se que, houve pouca variação nos valores de interceptação vegetal entre os 3 primeiros eventos de chuva (3,0 mm), independentemente do volume de água precipitado acima do dossel. Vale ressaltar que estes eventos de chuva estiveram contidos em um intervalo de 15 dias (chuvas ocorridas nos dias 2, 9 e 18/03/2017), e que provavelmente não houve tempo hábil de formar maior biomassa vegetal, que por ventura, seriam responsáveis por armazenar maiores volumes de água no dossel.

A precipitação externa acumulada nos quatro eventos de chuva foi igual a 63 mm, resultando em um percentual de precipitação interna igual a 82,6% (52 mm), enquanto a interceptação da chuva pela vegetação foi de 11 mm, o que representou 17,4% da precipitação total (Figura 1). Este valor é significativo para região, uma vez que esse volume de água interceptado pela cobertura vegetal da caatinga retorna à atmosfera para compor a massa de vapor d'água da região.

Oliveira et al. (2008), encontraram para uma floresta tropical úmida, localizada em Melgaço, Pará, um valor de interceptação equivalente a 21,5% da P. Estes autores destacam que a vegetação contribui na redução do impacto das gotas de água no solo, diminuindo os danos causados pela erosão e assoreamento dos leitos dos rios. Trabalhos sobre interceptação em diferentes florestas encontraram valores de I iguais a 12,7% em Mata Atlântica Pernambucana (MOURA et al., 2009) e 14% para a Caatinga, no semiárido cearense (IZIDIO et al., 2003).

As regressões utilizadas mostraram que a precipitação externa explica em 99% a precipitação interna, e em 55% a interceptação de água da chuva (Figura 2).

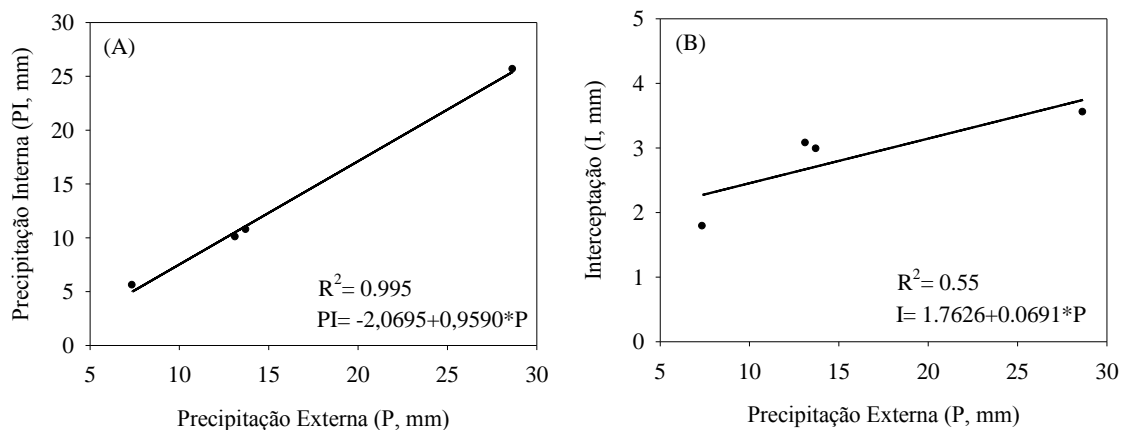


Figura 2. Correlações entre a precipitação externa (P) e as variáveis: (A) precipitação interna (PI) e Interceptação (I), para a vegetação de Caatinga, no município de Floresta, Pernambuco, durante quatro eventos de chuva ocorridos no mês de março de 2017.

Este resultado indica que a PI está altamente correlacionada com a P, conforme modelo de regressão linear (Figura 2A), o qual estimou que, volumes precipitados inferiores a 2,1 mm são interceptados pelo dossel vegetativo da caatinga, e retorna a atmosfera pelo processo de evaporação. Oliveira et al. (2008), verificaram que, precipitações menores que 1,6 mm são totalmente interceptadas pela cobertura vegetal de uma floresta de terra firme, com vegetação densa e dossel com altura média de 35 m.

Houve correlações moderadas entre a interceptação e a precipitação total, indicando estimativas regulares dos valores de interceptação apenas com base em dados de precipitação acima do dossel vegetativo (Figura 2B). A análise da significância da equação e dos seus coeficientes não foi significativa ($p > 0,10$), logo, não é seguro afirmar que o modelo de estimativa da Interceptação irá representar com confiabilidade este processo. As correlações entre P e I, mostraram que a I pela vegetação tem sua capacidade máxima de retenção, não dependendo diretamente das características da precipitação (grandes volumes e/ou chuvas mais irregulares e menores).

CONCLUSÕES

A precipitação interna e a interceptação de água pelo dossel da vegetação caatinga são relevantes e não devem ser negligenciadas na quantificação do balanço hídrico local. Logo, estudos direcionados à partição da chuva em processos de interceptação pela vegetação de caatinga devem ser incentivados, a fim de fomentar ações de preservação deste bioma.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo GAS (Grupo de Agrometeorologia no Semiárido).

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- DENG, X. et al, F. Impacts of land use and land cover changes on surface energy and water balance in the Heihe River Basin of China, 2000-2010. **Physics and Chemistry of the Earth**, Amsterdam, n. 79, p. 2-10, 2015.
- HE, Z.-B. et al. Spatial variability of canopy interception in a spruce forest of the semiarid mountain regions of China. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, n. 188, p. 58-63, 2014.
- IZIDIO, N. S. de C. et al. Intercepção da chuva pela vegetação da caatinga em microbacia no semiárido cearense. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 44-52, 2003.
- MOURA, A. E. S. S. et al. Intercepção das chuvas em um fragmento de floresta da mata atlântica na bacia do prata, Recife, PE. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 461-469, 2009.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da mata atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 9-15, 2005.
- OLIVEIRA, L. L. et al. Precipitação efetiva e intercepção em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 38, n. 4, p. 723-732, 2008.
- SUN, G. et al. Energy and water balance of two contrasting loblolly pine plantations on the lower coastal plain of North Carolina, USA. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 259, p.1299-1310, 2010.

EXIGÊNCIA TÉRMICA FENOLÓGICA E ANUAL DA PALMA FORRAGEIRA EM CONSÓRCIO COM O SORGO

George do Nascimento Araújo Júnior¹, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim¹, Hygor Kristoph Muniz Nunes Alves², Cleber Pereira Alves², Thieres George Freire da Silva³

¹Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, georgejunior_91@hotmail.com; ²Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ³Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE.

RESUMO: A temperatura do ar é um dos fatores ambientais que mais influenciam no desenvolvimento das plantas. A adoção de práticas de manejo pode afetar a fenologia e, conseqüentemente, o potencial produtivo da palma forrageira. Objetivou-se estabelecer a exigência térmica fenológica e anual da palma forrageira em cultivo consorciado com sorgo. A espécie *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. foi avaliada em sistema consorciado com sorgo, cv. IPA 2501, no município de Serra Talhada, PE. Durante maio de 2012 a junho de 2013 foram realizadas dez campanhas biométricas, onde foram analisadas a emissão e o número total de cladódios. Os valores diários de temperatura do ar foram utilizados no cálculo da soma térmica diária (STdia) e acumulada (STac.). A STac. entre duas fases sucessivas foi usada para determinar a exigência térmica fenológica da cultura, enquanto que, a STac. ao longo do ciclo representou a exigência térmica anual. Como resultados foi possível identificar cinco fenofases vegetativas (FV1, FV2, FV3, FV4 e FV5). A necessidade térmica para o progresso das fenofases foi: FV0 = 492°Cdia; FV1 = 412°Cdia; FV2 = 422°Cdia; FV3 = 30°Cdia; FV4 = 872°Cdia e FV5 = 950°Cdia, ao passo que, em um ano produtivo a soma térmica foi de 3178°Cdia. Conclui-se que, o consórcio com sorgo retarda o desenvolvimento da *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.

PALAVRAS-CHAVE: Fenofase, Irrigação, Temperatura base.

PHENOLOGICAL AND ANNUAL THERMAL REQUIREMENT OF FORAGE CACTUS AND SORGHUM IN INTERCROPPING

ABSTRACT: Air temperature is one of the environmental factors that most influence the development of plants. The adoption of management practices can affect the phenology and, consequently, the productive potential of forage cactus. The objective was to establish the phenological and annual thermal requirement of the forage cactus in intercropping with sorghum. The species *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. was evaluated in a system intercropping with sorghum, cv. IPA 2501, in the municipality of Serra Talhada, PE. During May 2012 to June 2013 ten biometric campaigns were carried out, where the emission and the cladode total number were analyzed. The daily values of air temperature were used in the calculation of the daily thermal sum (STdia) and accumulated (STac.). The STac. between two successive phases was used to determine the phenological thermal requirement of the crop, whereas, STac. throughout the cycle represented the annual thermal requirement. As results, it was possible to identify five vegetative phenotypes (FV1, FV2, FV3, FV4 and FV5). The thermal need for the progress of the phenophases was: FV0 = 492°Cday; FV1 = 412°Cday; FV2 = 422°Cday; FV3 = 30°Cday; and, FV4 = 1,822°Cday, whereas in a productive year the thermal sum was 3,178 ° C. It is concluded that the intercropping with sorghum delays the development of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.

KEY-WORDS: Phenophase, Irrigation, Base temperature.

INTRODUÇÃO

A temperatura do ar é um dos fatores que mais afetam o desenvolvimento das plantas, principalmente em condições sem restrição hídrica (RODRIGUES; SOUZA; LIMA, 2013). Arelado a isso, a adoção de práticas de manejo pode afetar a fenologia e, consequentemente, o potencial produtivo da palma forrageira (AMORIM et al., 2017).

Dentre as práticas utilizadas nos sistemas produtivos, o consórcio palma-sorgo é bastante adotado pelos produtores, uma vez que, proporciona o manejo sustentável da pecuária local, permitindo a obtenção de maior produção de forragem por área (maior eficiência no uso da terra), além de incrementar os lucros dos produtores (FURTADO et al., 2012; DINIZ, 2016).

Uma maneira bastante utilizada para estimar o tempo necessário para o avanço fenológico é o uso das unidades térmicas (graus-dia) ou exigência térmica da cultura, que representa a necessidade de energia, acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta (RODRIGUES; SOUZA; LIMA, 2013).

O conhecimento da necessidade térmica da palma pode auxiliar no planejamento de suas atividades agrícolas, como o plantio, colheita e tratos culturais, assim como indicar o potencial climático de uma região para seu cultivo.

Com base no exposto, objetivou-se estabelecer a exigência térmica fenológica e anual da palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) em cultivo consorciado com sorgo no Semiárido pernambucano.

MATERIAL E MÉTODOS

A palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. foi disposta no espaçamento 1,6 x 0,2 m, no município de Serra Talhada, PE, (latitude: 7°59' S, longitude: 38°15' O e altitude 431 m), situado no Vale do Pajeú. A região possui, segundo a classificação de Köppen, clima do tipo BSw^h (incidência de chuva nos meses mais quentes, e seco nos meses frios do ano) (SILVA et al., 2015a).

A área experimental foi implantada em março de 2011, quando se realizou gradagem e sulcagem, e os cladódios foram plantados com 50% de seus comprimentos enterrados. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos compostos por diferentes lâminas de irrigação: 0%, 8,5%, 17,5%, 26,25% e 35% da evapotranspiração de referência (ET_o), e quatro repetições. Para aplicação das lâminas de irrigação foi usado um sistema pressurizado de irrigação localizada (gotejo) com vazão nominal de 1,35 L h⁻¹ sob a pressão de 1,0 atm. Cada parcela foi composta por quatro fileiras com seis metros de comprimento, cada uma contendo 15 plantas, totalizando 60 plantas numa área total de 28,8 m². O ciclo da palma durou 380 dias, entre os meses de maio de 2012 e junho de 2013.

O sistema consorciado foi implantado em novembro de 2012, com a inserção de uma fileira de sorgo forrageiro de dupla aptidão, cv. IPA2501, espaçado em 0,25 m da palma, com densidade de 18 plantas por metro linear. O sorgo foi conduzido durante dois ciclos produtivos (planta e rebrota), sendo o primeiro colhido em fevereiro de 2013, e o segundo em junho de 2013, que somados totalizaram 246 dias de ciclo.

Durante o período experimental foram realizadas 10 campanhas de medições biométricas em três plantas por tratamento, com o intuito de monitorar a emissão dos cladódios por ordem de surgimento (1° ordem, 2° ordem, etc.), assim como quantificar o número total de cladódios por planta (NTC).

Na ocasião da colheita foi obtido o rendimento da cultura e, consequentemente, identificar o tratamento que proporcionou uma maior emissão de cladódio pela palma.

A condição de 988 mm ano⁻¹ foi o tratamento que resultou um melhor desempenho da cultura. Portanto, os dados resultantes desse tratamento foram utilizados na delimitação das fases fenológicas e quantificação da exigência térmica fenológica e anual da cultura.

A soma térmica diária (STd, °C dia) e soma térmica acumulada (STac., °C dia) foram calculadas por: $STd = T_m - T_b$ e $STac. = \sum STdia$, considerando os dados de temperatura média do ar (T_m , °C), obtida a partir de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (www.inmet.gov.br), e a temperatura base inferior de 22°C. A STac. até o momento da mudança entre duas fases sucessivas foi utilizada para determinar a exigência térmica fenológica da cultura. Por outro lado, a STac. ao longo do ciclo representou a exigência térmica anual.

A determinação da fenologia, assim como a duração de cada fenofase da palma foi baseada na metodologia descrita por Amorim et al. (2017).

Todos os procedimentos de manipulação de dados foram efetuados no programa computacional Microsoft Excel. As regressões e as significâncias das equações da relação do número de cladódios por ordem de surgimento e STac., e de seus respectivos parâmetros, usados na definição das fenofases, foram avaliadas no programa Sigmaplot, versão 10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cinco fenofases vegetativas (FV0, FV1, FV2, FV3 e FV4) foram observadas na palma forrageira (Figura 1). Enquanto a emissão de cladódios de 1º ordem era crescente, a cultura estava na fenofase zero (FV0) do seu desenvolvimento vegetativo. A partir do momento que essa taxa foi máxima, a cultura passou à fenofase I (FV1). Esta fase persistiu até quando a taxa de emissão de cladódios de 2ª ordem superou a taxa dos cladódios de 1º ordem, atingindo assim a fenofase II (FV2). Neste período, percebe-se as maiores taxas de emissão, o que resultou em maior quantidade de cladódios de 2ª ordem (dados não mostrados). Silva et al. (2015a) relatam que essa característica é peculiar da espécie *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. A fenofase III (FV3) foi caracterizada pelo aumento da taxa de emissão dos cladódios de ordem 3ª, subsequente ao declínio da taxa de emissão dos cladódios de 2º ordem.

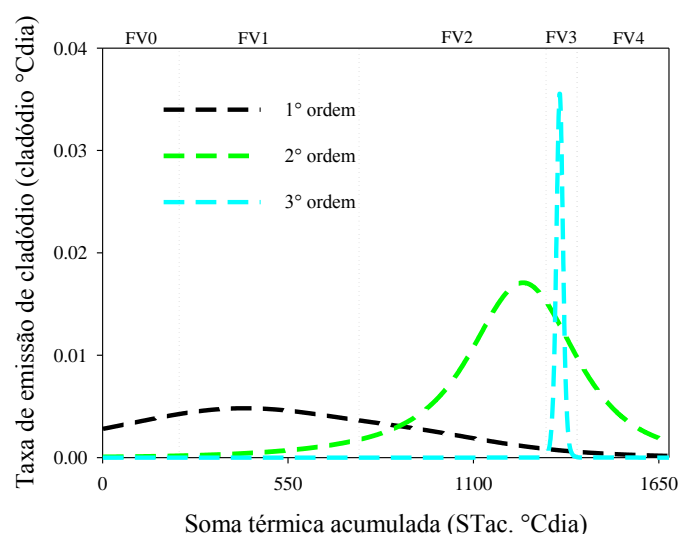


Figura 1. Emissão de cladódios por ordem de surgimento na planta (cladódios °C dia⁻¹)

¹⁾ e delimitação fenológica da palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw) Haw).

A fenofase III teve baixa duração, uma vez que a taxa de emissão de cladódios de 3º ordem não foi prolongada. A persistência da emissão de cladódios de 2º ordem indicou que até o momento da colheita, com um ano cronológico, a planta ainda emitiu cladódios de 2º ordem, mesmo que em taxa reduzida, resultou a fenofase IV (FV4).

A necessidade de energia térmica para o progresso das fenofases é descrita na Tabela 1. Nesta, percebe-se que a finalização de um ciclo produtivo ocorre com o acúmulo de 3.178°Cdia (Tabela 1). Este valor é superior ao encontrado por Silva et al. (2015b), que ao avaliarem a exigência térmica da palma forrageira em cultivo exclusivo, obtiveram uma exigência térmica anual igual 2.767°Cdia. Nesse caso, pode-se afirmar que o consórcio palma-sorgo resultou em desenvolvimento mais lento da palma, quando comparado ao cultivo exclusivo, provavelmente ocasionado pela competição por luz e nutrientes, comumente observadas em plantios consorciados (SOUZA et al., 2014).

Tabela 1. Exigência térmica fenológica e anual *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. consorciada com o sorgo, durante 380 dias, em Serra Talhada, PE.

Fase fenológica (FV)	Início	Término	Incremento	Caracterização
FV0	> 1°Cdia	≤ 492°Cdia	492°Cdia	Formação do cladódio de 1º ordem
FV1	> 492°Cdia	≤ 904°Cdia	412°Cdia	A emissão de cladódio de 1º ordem supera as taxas das demais ordens
FV2	> 904°Cdia	≤ 1326°Cdia	422°Cdia	A emissão de cladódio de 2º ordem supera as taxas das demais ordens
FV3	> 1326°Cdia	≤ 1356°Cdia	30°Cdia	A emissão de cladódio de 3º ordem supera as taxas das demais ordens
FV4	> 1356°Cdia	≤ 3178°Cdia	1822°Cdia	Diminuição da taxa de emissão de cladódios de 3º ordem
Exigência anual	> 1°Cdia	≤ 3178°Cdia	3178°Cdia	Duração entre dois ciclos

CONCLUSÕES

O consórcio com sorgo retarda o desenvolvimento da palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), sendo necessário 3.178°Cdia para finalização de um ciclo.

REFERÊNCIAS

AMORIM, D. M. et al. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 1, p. 62-71, 2017.

FURTADO, G. F. et al. Produtividade e uso eficiente da terra no consórcio de mamona com gergelim e feijão-caupi no Semiárido Paraibano. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 2, p. 156-162, 2012.

RODRIGUES, J. C.; SOUZA de, P. J. O.; LIMA, R. T. Estimativa de temperaturas basais e exigência térmica em mangueiras no nordeste do estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 143-150, 2013.

SILVA, A. G. et al. Consórcio sorgo e braquiária na entrelinha para produção de grãos, forragem e palhada na entressafra. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 5, p. 697-705, 2014.

SILVA, T. G. F. et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015a.

SILVA, T. G. F. et al. Exigência térmica e filocrono da emissão de cladódios da cactácea forrageira mais cultivada no mundo. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2015, **Anais...** Lavras: CBAGRO, 2015b. p. 942-946.

SOUZA, L. S. B. et al. Crescimento e produtividade do milho e feijão-caupi em diferentes sistemas e disponibilidade hídrica no semiárido. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 3, 2014.

RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL EM SUPERFÍCIES INCLINADAS NA REGIÃO DE RIO LARGO - AL

L. F. Tavares da Silva¹, L. V. Da Silva², J. A. Feitosa³, R. A. Ferreira Júnior⁴

¹Graduando em Engenharia de Energias Renováveis, UFAL, Rio Largo, Alagoas, engfelpetav@gmail.com; ² Graduação em Engenharia de Energias Renováveis, UFAL, Rio Largo, Alagoas, leandrovinicius97@outlook.com ³ Graduando em agronomia, UFAL, Rio Largo, Alagoas, jailtonaciole1046@hotmail.com ⁴ Professor adjunto, UFAL, Rio Largo, Alagoas, ricardo.junior@ceca.ufal.br.

RESUMO: As análises de irradiação solar em superfícies inclinadas são fundamentais para os setores de agronomia, energia e meio ambiente. Com isso, objetivou-se analisar a variação da irradiação solar global no plano horizontal (Hg) e nas superfícies inclinadas a 45° das quatro direções cardiais, durante o período de 2014 a 2015 na região de Rio Largo, Alagoas. As observações do fluxo de radiação incidente nos planos inclinados foram realizadas por piranômetros. Os dados de irradiância serviram para obtenção das irradiações solar em escala temporal diária. Nos anos de 2014 e 2015 a irradiação solar global diária média foi de 19,06 MJ m⁻² dia⁻¹. Entre os planos inclinados (45°) a irradiação solar média foi maior na direção norte (15,96 MJ m⁻² dia⁻¹), sendo a irradiação solar no plano inclinado de 45° na direção sul a menor média (13,53 MJ m⁻² dia⁻¹). Já a irradiação solar no plano inclinado de 45° na direção leste, teve média de 15,04 MJ m⁻² dia⁻¹. Na direção oeste a irradiação solar média foi 15,81 MJ m⁻² dia⁻¹. As correlações entre a irradiação solar global na horizontal e nos planos inclinados tiveram melhores ajustes nas direções leste e oeste.

PALAVRAS-CHAVE: energia solar, correlações, Alagoas

GLOBAL SOLAR RADIATION ON TILTED SURFACES IN THE REGION OF RIO LARGO - AL

ABSTRACT: The analysis of solar irradiation on tilted surfaces are fundamental for the agronomy, energy and environment sectors. The aim of this study was to analyze the variation of global solar irradiation in the horizontal plane (Hg) and the tilted surfaces at 45° of the four cardiac directions, during the period from 2014 to 2015 in the region of Rio Largo, Alagoas. The observations of the radiation flux incident on the tilted planes were performed by pyranometers. The irradiance data were used to obtain solar irradiations on a daily time scale. In the years 2014 and 2015 the average daily global solar irradiation was 19.06 MJ m⁻² day⁻¹. Among the tilted planes (45°) the mean solar irradiance was higher in the north direction (15.96 MJ m⁻² day⁻¹), with the solar irradiance in the tilted plane of 45 ° in the south direction, the lowest average (13.53 MJ m⁻² day⁻¹). The solar irradiation in the tilted plane of 45 ° in the eastern direction averaged 15.04 MJ m⁻² day⁻¹. In the western direction the average solar irradiance was 15.81 MJ m⁻² day⁻¹. The correlations between global solar irradiance in the horizontal and in the tilted planes had better adjustments in the east and west directions.

KEY-WORDS: solar energy, correlations, Alagoas

INTRODUÇÃO

A radiação solar, sendo a principal fonte de energia da Terra, tem suma importância para diversos processos naturais que possibilita a vida no planeta. Suas medidas destacam-se em estudos científicos que visam quantificar o rendimento de conversão de energia solar em outros tipos de energia, tais como: a energia química armazenada na biomassa de cultivos agrícolas e florestais (SINCLAIR & MUCHOW, 1999) a energia fototérmica (KRATZENBERG et al., 2006) e a energia fotovoltaica (GRAETZEL, 2007). Neste trabalho o objetivo foi observar a densidade de fluxo de radiação solar global em superfícies inclinadas (há 45° com a horizontal) nas direções cardiais (Norte, Sul, Leste e Oeste) na região de Rio Largo, Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação das densidades de fluxos de radiação solar global nos planos inclinados foi baseada em observações de quadro piranômetros (Eppley, modelo 848, B&W) posicionados a um ângulo de 45° em relação ao plano horizontal, sendo cada direcionado para um ponto cardinal (Norte, Sul, Leste, Oeste). Também tinha um quinto piranômetro no plano horizontal. O local das medidas foi na Estação Agrometeorológica Automática (EAA) da Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus Delza Gitaí, localizada no município de Rio Largo, Alagoas, com coordenadas geodésicas 09°28'02"S; 35°49'43"W e 127 metros (Figura 1). Após a determinações das irradiâncias através da tensão elétrica geradas nos piranômetros e suas respectivas sensibilidades, foram obtidas as irradiâncias (H) pela a integrações das irradiâncias no tempo (em escala diária). Foram realizadas relações entre as irradiações solar nos planos inclinados (H_{45_Norte} , H_{45_Sul} , H_{45_Leste} , H_{45_Oeste}) e a irradiação solar global (H_g) mediante análises de regressão linear simples.



Figura 1. Piranômetros instalados na Estação Agrometeorológica Automática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A irradiação solar global diária média, entre o ano de 2014 e 2015, foi de $19,06 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 2E). Nos planos inclinados (45 graus) a irradiação média foi maior na direção norte ($H_{45_Norte} = 15,96 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) (Figura 2B), sendo a irradiação no plano inclinado de 45° na direção sul (H_{45_Sul}) a menor média (Figura 2D), com valor de $13,53 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Já a irradiação no plano inclinado de 45° na direção leste (H_{45_Leste}), no período, teve média de $15,04 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 2A). Na direção oeste a irradiação (H_{45_Oeste}) média foi $15,81 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 2C).

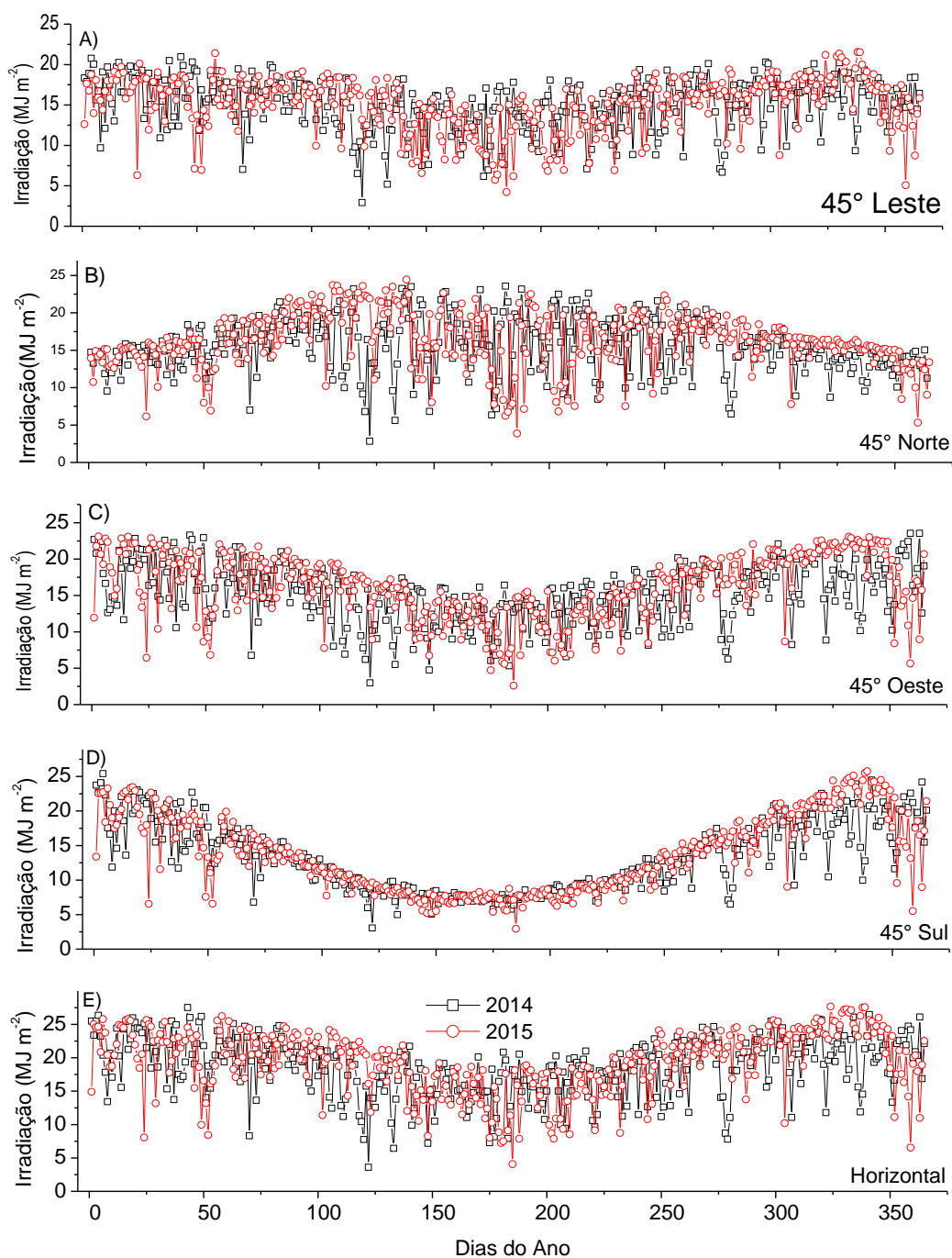


Figura 2. Irradiação solar global diária no plano inclinado de 45° Leste (A), Norte (B), Oeste (C) e Sul (D) e a irradiação solar global diária em um plano horizontal (E) na região de Rio Largo Alagoas, ano 2014 e 2015.

A correlação linear entre a Hg e o H_{45_Leste} resultou em um coeficiente angular (□ □) igual a 0,782 com coeficiente de correção (R^2) de 0,92 (Figura 3A). Nessa correlação o □ □ □ representa fração média da energiaradiante incidente no plano inclinado em relação a do plano horizontal, ou seja, a H_{45_Leste} tem, em média, 78,2% da Hg nos anos de 2014 e 2015. Já a regressão linear entre a Hg e o H_{45_Oeste} obteve-se □ □ de 0,833 e R^2 igual 0,95 (Figura 3C). E o □ □ □ da correlação linear entre a Hg e o H_{45_Norte} (Figura 3B) foi de 0,818 e R^2 igual 0,59. Já na correlação linear entre a Hg e o H_{45_Sul} , tem-se □ □ □ equivalente a 0,722 e R^2 foi similar a 0,80 (Figura 3D).

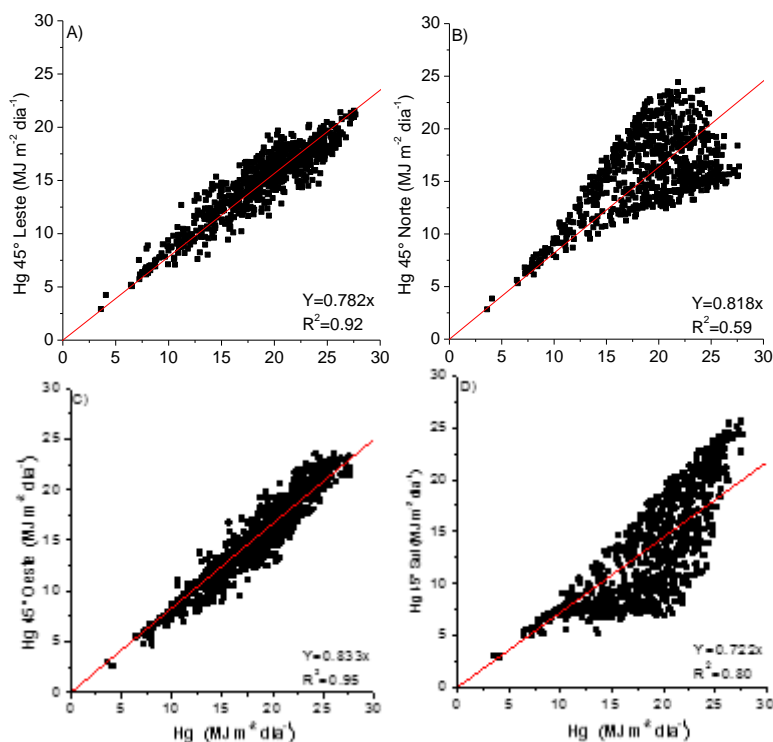


Figura 3. Regressões lineares entre as irradiações solar global (Hg) diária nos planos inclinados de 45° Leste, Oeste, Norte e Sul e a irradiação solar global diária um plano horizontal na região de Rio Largo - Alagoas, ano de 2014 e 2015.

CONCLUSÕES

As observações das irradiações nos planos inclinados apresentaram tendências específicas em cada direção. Essas medidas são parâmetros de aferição de equação que estima a radiação em planos inclinados através de medidas na horizontal.

As correlações entre as irradiações solar global no plano horizontal e nos planos inclinados tiveram melhores ajustes nas direções leste e oeste.

REFERÊNCIAS

SINCLAIR, T. R.; MUCHOW, R. C. Radiation use efficiency. **Advances Agronomy**, New York, v.65, p.215-265, 1999.

KRATZENBERG, M. G., BEYER, H. G., COLLE, S. Uncertainty Calculation Applied to Different Regression Methods in the Quasi-dynamic Collector Test, **Solar Energy**, v. 80, p.1453 - 1462, 2006.

GRAETZEL M. Photovoltaic and photoelectrochemical conversion of solar energy. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, v. 365, p. 993-1005, 2007.

DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTURA (ETc) PARA AVALIAR O USO DA ÁGUA EM ITABAIANA/SE

Inajá Francisco de Sousa¹, Rafael de Oliveira Farrapeira², Gregorio Guirado Faccioli³, Antenor de Oliveira Aguiar Netto¹

¹Prof. Dr. Departamento de Engenharia Agrônômica - UFS, São Cristóvão, Sergipe, inajafrancisco@gmail.com; ²MSc. em Recursos Hídricos-PRORH-UFS, São Cristóvão, Sergipe, rafaelfarrapeira92@gmail.com; ³Prof. Dr. Departamento de engenharia Agrícola - UFS, São Cristóvão, Sergipe, gregorioufs@gmail.com

RESUMO: A água é um dos recursos naturais indispensáveis à manutenção das diversas formas de vidas existentes no planeta. Com intuito de avaliar o sistema de irrigação do perímetro irrigado de Poção da Ribeira (PIPR) no ano de 2016, localizado no município de Itabaiana/SE, o presente estudo tem como objetivo geral determinar a eficiência do uso da água, em doze lotes. Para determinar o uso da água, foram obtidos os dados meteorológicos, junto à COHIDRO, e calculados a evapotranspiração de referência (ET_o), pelo método padrão de Penman-Monteith, e da evapotranspiração da cultura (ET_c). Por fim, com o intuito de descobrir a real necessidade das culturas, houve uma comparação de lâmina aplicada pelos agricultores nas culturas com a ET_c. Os resultados encontrados mostram que o maior valor de ET_o foi de 5,4 mm dia⁻¹ e o menor de 3,1 mm dia⁻¹. Já a ET_c teve seu maior valor em 5,86 mm dia⁻¹ e menor de 1,44 mm dia⁻¹. Em comparação com a lâmina aplicada, ficou claro o déficit hídrico, entre -1,61% a -72,51%, nas irrigações da maioria dos lotes.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura irrigada, Eficiência do uso d'água, Poção da Ribeira

DETERMINATION OF THE CROP EVAPOTRANSPIRATION (ETc) FOR EVALUATION OF THE USE OF WATER IN ITABAIANA/ SE

ABSTRACT: The Water is one of the natural resources indispensable for the maintenance of the various forms of life on the planet. In order to evaluate the irrigation system of the Poção of Ribeira irrigated perimeter (PRIP) in 2016, located in the city of Itabaiana/SE, the present study has as general objective to determine the efficiency of its use of water, in twelve lots. To determine the water use, the meteorological data were obtained with the COHIDRO, and the reference evapotranspiration (ET_o) was calculated by the standard Penman-Monteith method and crop evapotranspiration (ET_c). Finally, in order to discover the real need of the crops, there was a comparison of the water depth applied by the farmers in the crops with ET_c. The results show that the highest value of ET_o was 5.4 mm day⁻¹ and the lowest value was 3.1 mm day⁻¹. The ET_c had its highest value in 5.86 mm day⁻¹ and the lowest in 1.44 mm day⁻¹. Compared with the applied water depth, it's evident the water deficit, between -1.61% and -72.51%, in the irrigations of the most of lots.

KEY-WORDS: Irrigated Agriculture, Use and Efficiency of Water, Poção da Ribeira

INTRODUÇÃO

No Brasil, segundo informações da ANA (2014), a distribuição percentual do volume consumido entre os setores da sociedade são: agricultura irrigada 46%, consumo urbano 27% e indústria 18%.

Para determinar qual a quantidade de água que deve ser utilizada na cultura, é necessário saber a quantidade consumida pela cultura, dividida pela eficiência de aplicação. A quantificação do consumo hídrico de determinada cultura pode ser calculada pela evapotranspiração real. Entretanto é importante salientar que a quantidade de água que será irrigada deve ser suportável a capacidade de retenção de água na zona radicular da planta. (BERNARDO et al., 2006)

JENSEN et al. (1990), estimam a evapotranspiração de referência por uma série de métodos teóricos e empíricos, como os de Penman-Monteith, considerado modelo padrão pela FAO 56. A utilização de determinado método depende de informações climáticas da região em estudo e da precisão de cada uma das informações para as condições específicas de uso

Com o intuito de determinar a evapotranspiração de referência e da cultura e comparar com a lâmina de água que é aplicada pelos agricultores nas culturas, o presente trabalho tem como objetivo determinar a eficiência do uso da água no perímetro irrigado de Poção da Ribeira em Itabaina/SE.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa de campo foi realizada no Perímetro Irrigado Poção da Ribeira-PIPR, localizado no agreste do estado de Sergipe. As coletas de dados de volume e vazão dos emissores foram realizadas nos dias 08/08; 05/09; 13/09; 21/09; 23/09; 30/09; 07/10; 10/10; 12/10; 14/10; 17/10 e 19/10. Para calcular a evapotranspiração de referência (ET_o) e comparar com a quantidade de água coletada dos lotes, foi utilizados dados meteorológicos do dia anterior à coleta, visando descobrir a real necessidade da cultura.

A partir dos dados meteorológicos obtidos da estação agrometeorológica instalada no Perímetro, foi calculado, com o auxílio do software ET_oCalc criado por Allen et al. (1998), a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método padrão de Penman-Monteith, recomendado pela FAO 56, representado pela equação 1.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \left(\frac{900 U_2}{T + 237}\right)(e_a - e_s)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Onde:

Rn= o saldo de radiação (MJ.m⁻² d⁻¹), G refere-se ao fluxo de calor no solo(MJ.m⁻² d⁻¹), T a temperatura média diária do ar (°C), U₂ representa a velocidade do vento média diária a dois metros de altura (m.s⁻¹), e_a = pressão atual de vapor média diária (kPa), e_s= pressão da saturação do vapor média diária (kPa), Δ simboliza a declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹), e γ representa o coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹).

Os dados meteorológicos utilizados para o cálculo da evapotranspiração de referência são sempre do dia anterior à coleta. Ao se obter o valor da (ET_o), calculou-se a evapotranspiração da cultura (ET_c), representada pela equação 2:

$$KL \times ETc = Kc \times ETo \quad (2)$$

Onde:

KL = Fator de localização igual a 1, quando não houver espaços secos nas faixas de irrigação das culturas; ETc = Evapotranspiração da cultura; ETo = Evapotranspiração de referência; Kc= Coeficiente da cultura.

O valor do coeficiente da cultura varia de acordo com o tipo cultura e da fase (inicial, desenvolvimento, maturação e amadurecimento) em que ela se encontra. Esses dados são fornecidos por Allen et. al (1998). A cultura escolhida para esse cálculo dependerá de qual cultura o irrigante mais produz, fator este que irá variar de um lote para outro.

Ao final do cálculo da evapotranspiração da cultura, foi possível comparar a quantidade de água que é utilizada para a irrigação de uma cultura com a necessidade hídrica da própria cultura e obter o resultado final da eficiência do uso da água.

Para o cálculo de lâmina de água dos lotes, foi realizada uma média do volume total, em litros, de todos os emissores de cada setor de irrigação, dividido pela área. Percebeu-se que em todos os lotes, os espaçamentos entre aspersores e fileiras não respeitavam os padrões presentes em literatura para cálculo da área, eram muito curtos, ocorrendo que um aspersor molhava a área de irrigação de outro aspersor. Deste modo, não se calculou a área do setor multiplicando os espaçamentos. Foi considerada para o cálculo da área circular do aspersor a equação 3.

$$A = \pi(D/2)^2 \quad (3)$$

Onde:

A = área de um círculo, em m² ; π = proporção numérica de valor adotado 3,14; D= Diâmetro do círculo molhado do aspersor;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos, coletados da estação do perímetro irrigado de Poção da Ribeira, foram disponibilizados pela COHIDRO para o cálculo da evapotranspiração de referência (ETo), evapotranspiração da cultura (ETc) e comparar com a lâmina aplicada pelos agricultores, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Dados meteorológicos dos dias anteriores as coletas do Perímetro de Irrigação Porção da Ribeira-PIPR do ano de 2016 em Itabaiana/SE.

Dia/mês	Tmín (°C)	Tmáx(°C)	Tméd(°C)	UR(%)	Insolação (horas)	VV(m/s)
07/08	20	28	24	50	-	0,66
04/09	21	29	25	51	9,09	0,95
12/09	22	28	25	50	9,42	0,78
20/09	23	30	27	49	10,05	1,38
22/09	24	30	27	54	8,18	0,89
29/09	24	30	27	44	9,07	0,24
06/10	21	28	25	44	9,50	1,10
09/10	22	28	25	49	9,41	0,49
11/10	22	28	25	44	8,50	1,59
13/10	21	28	25	49	7,30	1,81
16/10	21	29	25	49	5,48	1,25
18/10	22	28	25	36	9,25	1,11

Fonte: COHIDRO (2016)

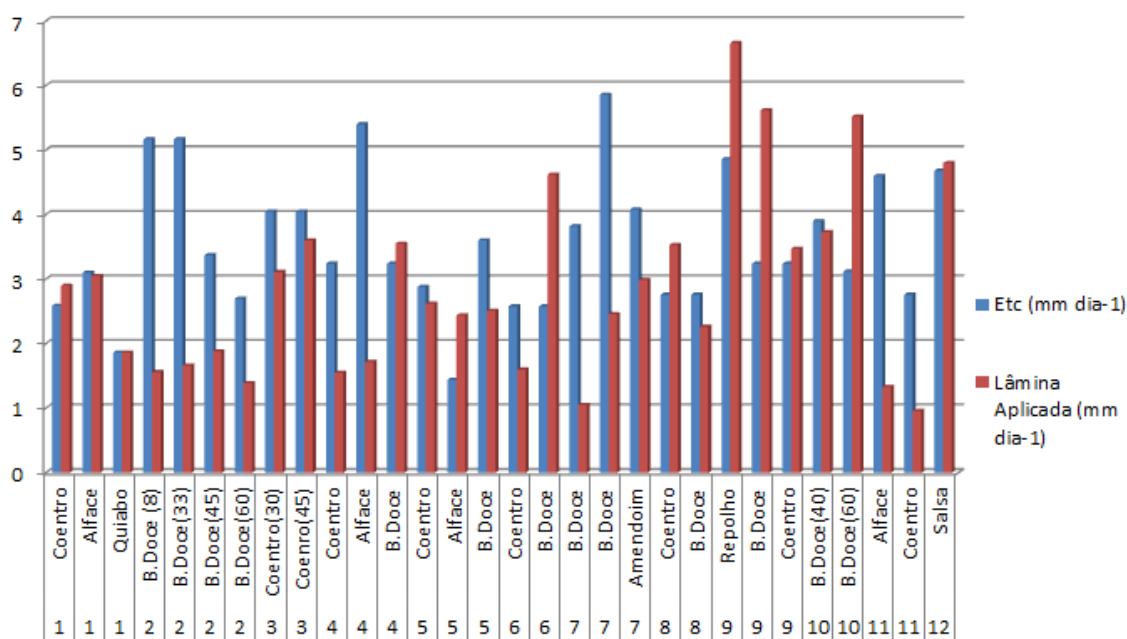
O maior valor encontrado de ETo foi de 5,4 mm dia⁻¹ nos dias 20/09 e 11/10, e o menor valor encontrado foi de 3,1 mm dia⁻¹ no dia 07/08. A média de valores de todos os dias foi de 4,72 mm dia⁻¹.

Diversos estudos determinam e comparam o cálculo da ETo em diversos perímetros e estados do Brasil, mas não foi possível fazer essa comparação dos estudos com o realizado no PIPR por conta da ETo ser calculada durante meses ou até anos e assim determinar as médias, máximas e mínimas. Para o caso específico do presente estudo no PIPR foi necessário, apenas, determinar a ETo do dia anterior a coleta e descobrir posteriormente a ETc.

A Figura 1 faz uma comparação de todos os valores de ETc, em mm dia⁻¹, encontrados nos lotes de PIPR para as culturas com as lâminas aplicadas pelos agricultores. Nos dados apresentado na Figura 1, se observa que o maior e menor valor

de (ETc), foram de 5,86 mm dia⁻¹ para a cultura da batata doce de quinze dias no lote 7 e 1,44 mm dia⁻¹ na alface de sessenta dias no lote 5. Esse valor de ETc baixo para a alface é explicado pelo fato da cultura já estar em colheita e, por isso, apresentar baixo valor de coeficiente de cultura.

Figura 1: Valores de Evapotranspiração da cultura (ETc) e Lâmina aplicada pelos agricultores do Perímetro de Irrigação Porção da Ribeira -PIPR em Itabaiana/SE.



Ainda de acordo com a Figura 1 é possível perceber que dos trinta setores dos doze lotes, apenas oito setores irrigaram a quantidade superior a necessidade hídrica das culturas. Entretanto, esse dado não deve ser levado em consideração caso a lâmina de irrigação aplicada tenha sido muito maior que a real necessidade da cultura porque haverá um excesso grande de aplicação não ocorrendo eficiência do uso da água, como acontece no lote número 9, em especial no setor do repolho, onde a ETc foi de 4,86 mm dia⁻¹ e a lâmina aplicada foi de 6,6 mm dia⁻¹, a maior lâmina aplicada entre todos os lotes. É importante observar que o lote 1, irrigou exatamente a quantidade de água que o setor de quiabo necessitava e os demais setores ficaram com valores comparativos bem próximos. Entre todos os lotes, o que apresentou um maior déficit foi o lote número 7, no setores da batata doce de quarenta dias, com um déficit superior a -72%.

No estudo feito por Ferreira (2012), pelo fato de não possuírem metodologias de manejos adequados para controlar a irrigação, a maioria dos agricultores irrigaram baseados no empirismo da experiência de campo. Os déficits variaram entre - 2% e - 33%, enquanto no PIPR, chegaram a déficits que variaram entre -1,61% e -72,51%.

CONCLUSÕES

Para os valores de uso da água, ficou claro que os agricultores, em grande maioria, desconhecem a real necessidade hídrica de suas culturas, irrigando sempre volumes de água que não correspondem com evapotranspiração da cultura, ocasionando, na maior parte dos lotes, um déficit hídrico nas culturas ou aplicando uma lâmina de água superior ao que a cultura necessita.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements.** FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Roma, 1998. 300p

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil** / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. – Brasília: ANA, SPR, 2014.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação.** 8 ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E IRRIGAÇÃO DO ESTADO DE SERGIPE (COHIDRO-SE). **Relatório Técnico Anual.** Aracaju: Cohidro, 2016.

FERREIRA, G. H., **Avaliação do manejo de irrigação na cultura da bananeira no perímetro irrigado Gorutuba no estado de Minas Gerais.** 2012. 83 f. Dissertação (Pós graduação em Engenharia Agrícola). VIÇOSA, Minas Gerais, 2012.

JENSEN, M.E., BURMAN, R.D., ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements.** New York. ASCE, 1990. 332p.

TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO SOLO CULTIVADO COM PALMA FORRAGEIRA SOB DISTINTOS MANEJOS

Gabriel Ítalo Novaes da Silva¹, Rayles Mayara Moreira Chagas¹, Renan Matheus Cordeiro Leite¹, George do Nascimento Araújo Júnior², Thieres George Freire da Silva²

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, gabrielitalo.novaes@gmail.com, raylesmoreira@hotmail.com, renanmatheuscl@gmail.com, ²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, georgejunior_91@hotmail.com, ³Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: A temperatura da superfície do solo é um dos elementos do ambiente de cultivo que atua no crescimento e no desenvolvimento das plantas. Diversos manejos de resiliência agrícola vêm sendo utilizados no sistema de cultivo da palma forrageira, que incluem a cobertura morta e irrigação; ambos importantes no regime térmico do solo. Assim, objetivou-se avaliar o efeito de sistemas de cultivo e de clones na temperatura da superfície do solo cultivado com palma forrageira. O experimento foi disposto em bloco ao acaso, com quatro repetições e doze tratamentos, em arranjo fatorial 4x3. Os sistemas de cultivo avaliados foram: sequeiro sem e com cobertura morta, e irrigado sem e com cobertura morta. Três clones foram estudados: IPA Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana. A temperatura da superfície do solo (TSS) foi medida durante três dias consecutivos, em intervalo de uma hora entre 7 as 17 h. Dados meteorológicos foram coletados concomitantemente. Não houve efeito do fator clone na TSS ($p > 0,05$). A TSS média foi de $27,0\text{ °C} \pm 5,1$, $23,9\text{ °C} \pm 3,1$, $25,9\text{ °C} \pm 4,7$ e $25,4\text{ °C} \pm 4,0$, nessa ordem, no sistema de cultivo sequeiro sem cobertura, sequeiro com cobertura, irrigado sem cobertura e irrigado com cobertura. Conclui-se que, a temperatura da superfície do solo cultivado com palma forrageira independe do clone e do regime hídrico (sequeiro e irrigado), respondendo apenas ao manejo de adoção da cobertura morta sobre o solo.

PALAVRAS-CHAVE: clones, resiliência agrícola, sistemas de cultivo.

SOIL SURFACE TEMPERATURE CULTIVATED WITH FORAGE CACTUS UNDER DIFFERENT CROP MANAGEMENT

ABSTRACT: The soil surface temperature is one of the elements of the growing environment that acts on the growth and development of plants. Several agricultural resilience management has been used in the forage cactus crop system, which includes mulching and irrigation; both important in the soil thermal regime. The objective of this study was to evaluate the effect of cultivation systems and clones on soil surface temperature cultivated with forage cactus. The experiment was arranged in a randomized block with four replications and twelve treatments, in 4x3 factorial arrangements. The crop systems evaluated were: rainfed without and with mulch, irrigated without and with mulch. Three clones were studied: IPA Sertânia, Miúda and 'Orelha de Elefante Mexicana'. The soil surface temperature (TSS) was measured for three consecutive days, at an interval of one hour between 7 AM to 5 PM. Meteorological data were collected concomitantly. There was no effect of clone factor on TSS ($p > 0.05$). The mean TSS was 27.0 ± 5.1 , 23.9 ± 3.1 , 25.9 ± 4.7 and 25.4 ± 4.0 , in that order, in the rainfed without mulch, rainfed with mulch, irrigated without mulch and irrigated with mulch. It was concluded that the temperature of the soil surface

cultivated with forage cactus is independent of the clone and the water regime (rainfed and irrigated), responding only to the management of adoption of the mulch on the soil.

KEY-WORDS: clones, agricultural resilience, cropping systems.

INTRODUÇÃO

A palma forrageira pertence à família cactácea e constitui uma importante cultura agrícola em zonas árida e semiárida. No Nordeste brasileiro, destaca-se como o principal recurso forrageiro. É uma espécie que possui características morfofisiológicas, como o Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC), estômatos de tamanho reduzido, cutículas espessas, vacúolos grandes, alta eficiência no uso da água, que garantem a oferta de alimentos aos animais durante os longos períodos de estiagem e, adapta-se muito bem a condições deficitárias (SILVA et al., 2015a).

A temperatura da superfície do solo é um dos elementos mais importante dentro da caracterização de um microclima. Logo, o uso de cobertura morta no sistema de produção agrícola se mostra relevante para o bloqueio da incidência direta da radiação solar e redução do fluxo de calor no solo. A superfície do solo quando desnuda fica suscetível a grandes variações térmicas diárias. Já solos com cobertura morta há diminuição da incidência de radiação direta sobre a superfície, acarretando redução na amplitude térmica, o que favorece o rendimento agrícola. Logo, a cobertura reduz a evaporação e aumenta a conservação da umidade no solo (TORRES et al., 2006).

Objetivou-se avaliar o efeito de manejos em sistemas de cultivo e de clones na temperatura da superfície do solo cultivado com palma forrageira no Semiárido.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Serra Talhada, PE (7°59' S; 38°15' O e 431 m), na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), dentro do Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Plantas Forrageiras. A área está situada em uma região com clima predominante do tipo BSw^h, conforme a classificação climática de Köppen, que se enquadra como tropical seco, com umidade relativa do ar de 62,5%, precipitação pluvial média de 642,1 mm ano⁻¹, demanda atmosférica acima de 1.800 mm ano⁻¹ e temperatura média do ar de 24,8 °C (SILVA et al., 2015b). O solo da área experimental foi classificado como um Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico.

A área foi implantada em janeiro de 2016 com os clones espaçados em 1,0 x 0,2 m, totalizando uma área ocupada de 960 m², com as fileiras de cultivo na direção nordeste-sudoeste. A área foi composta por quatro blocos, cada um com quatro parcelas, e estas com três subparcelas, contendo quatro fileiras de 25 plantas, totalizando 100 plantas por subparcela. A cultura foi mantida até janeiro de 2017 em sequeiro.

As parcelas foram compostas por quatro sistemas de cultivos: sequeiro sem e com cobertura morta; e, irrigado sem e com cobertura morta. Por sua vez, as subparcelas foram constituídas por três clones de palma forrageira: IPA-Sertânia (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), Miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.).

Nas parcelas foram usados o equivalente a 7 t ha⁻¹ de cobertura morta por subparcela. As irrigações foram realizadas a partir de fevereiro de 2017 com base no coeficiente de cultura (kc) de 0,52 e da evapotranspiração de referência (ET_o), conforme proposto por Queiroz et al. (2016). Os eventos de irrigação foram aplicados

segunda, quarta e sexta-feira, com água de poço artesiano com condutividade elétrica de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, com auxílio de um sistema de irrigação por gotejamento.

A temperatura da superfície do solo foi monitorada em abril de 2017, em três réplicas de cada subparcela, por três dias consecutivos (18/04/2017 ao dia 20/04/2017), em intervalo de uma hora, no período das 7 as 17 h, utilizando-se um termômetro de infravermelho MINIPA (MT-350), faixa de $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ a $550 \text{ }^\circ\text{C}$ e, precisão de $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. As medidas da temperatura da superfície do solo foram sempre obtidas entre as fileiras de cultivo. As variáveis meteorológicas, tais como: temperatura do ar (Tar), radiação solar global (Rg) e precipitação pluvial (P) foram obtidos de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada a 20 m do campo experimental.

Após a coleta dos dados, os mesmos foram tabulados em planilha eletrônica do *software* Microsoft Office Excel[®], onde foram geradas médias diurnas e diárias da temperatura do solo nos diferentes tratamentos. Nas médias diurnas foram considerados os valores de temperatura da superfície do solo de 11, 12 e 13 h. Considerou-se os dias monitorados como repetições das leituras. Posteriormente, os dados foram submetidos ao teste de normalidade, homocedasticidade, e análise de variância (ANOVA), com auxílio do aplicativo computacional XLSTAT, 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de precipitação pluvial (P), assim como os dados médios diurnos da radiação solar global (Rg) e temperatura do ar (Tar) estão expressos no Figura 1.

No período do experimento, a média diurna da temperatura do ar foi $27,4 \pm 2,9 \text{ }^\circ\text{C}$. A precipitação acumulada no mês de abril até o último dia de coleta de dados foi de 142,4 mm. Importante ressaltar que se tratando de um mês chuvoso, além da diminuição da radiação incidente, também predomina a maior conversão de energia no fluxo de calor latente, logo é de se esperar que as temperaturas da superfície do solo fiquem menores em relação aos meses menos chuvosos.

Não houve efeito do fator clone sobre a temperatura da superfície do solo ($p > 0,05$). Por outro lado, quando se analisou a temperatura da superfície do solo sob os sistemas de cultivo, CC e SC, independentemente da disponibilidade hídrica, foi possível observar que a cobertura do solo proporcionou menores valores (Tabela 1), principalmente nas horas de maior incidência de radiação.

O regime hídrico, irrigado ou sequeiro, não afetou a temperatura da superfície do solo provavelmente devido a maior umidade do solo, uma vez que as medidas foram obtidas em um mês com vários eventos de chuva.

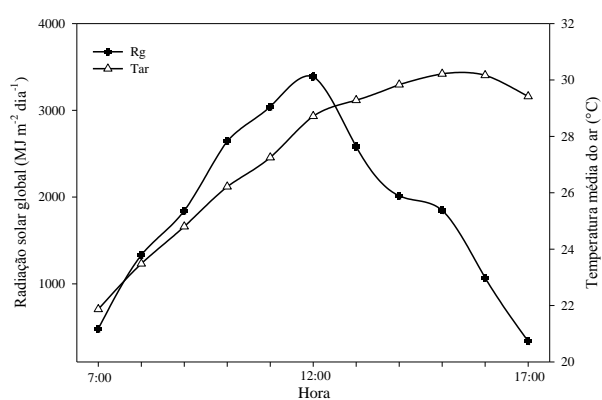
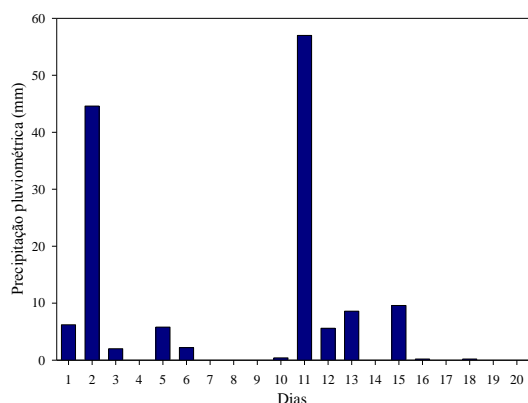


Figura 1. Precipitação pluvial do mês de abril de 2017, e radiação solar global e temperatura do ar médias dos dias 18/04 a 20/04/2017, no município de Serra Talhada, PE.

Tabela 1. Valores médios diurnos da temperatura da superfície do solo cultivado com palma forrageira sob quatro manejos em sistemas de cultivo.

Horas	Tratamentos			
	SSC	SCC	ISC	ICC
7	15,8	17,1	14,6	16,4
8	22,1	20,4	21,5	20,1
9	25,7	21,5	25,2	24,4
10	28,6	22,8	27,2	24,7
11	33,1	25,2	30,4	27,1
12	32,4	26,2	32,2	28,1
13	32,4	25,7	27,9	29,5
14	29,1	25,8	28,8	28,2
15	25,9	26,2	25,5	27,5
16	26,3	26,5	26,3	27,9
17	25,2	25,7	25,0	25,4
Médias	27,0	23,9	25,9	25,4
DP	5,1	3,1	4,7	4,0
C.V (%)	18,88	12,97	18,14	15,74

DP = Desvio padrão; C.V = Coeficiente de variação; SSC = Sequeiro sem cobertura; SCC = Sequeiro com cobertura; ISC = Irrigado sem cobertura e ICC = Irrigado com cobertura.

Ribas et al. (2015) citam que, mesmo em sistema de sequeiro, a cobertura do solo pode diminuir a temperatura do solo. Estes autores notaram, na profundidade de 0,05 m, médias de 33,4 °C, 29,2 °C e 27 °C, nessa ordem, nos cultivos de sequeiro sem cobertura (SSC), irrigado sem cobertura (ISC) e sequeiro com cobertura (SCC).

Dentro da mesma hora, verificou-se que não houve diferença entre os sistemas de cultivo ($p > 0,05$), mas observa-se que as maiores médias foram nos tratamentos sem cobertura morta sobre solo (SSC e ISC). Torres et al. (2006) reportam que solos com cobertura morta são bastante eficazes no desenvolvimento de culturas agrícolas, pois o isolamento térmico promovido reduz a evaporação e mantém a umidade por tempo mais prolongado, diminuindo as oscilações de temperatura.

A marcha diária da temperatura da superfície do solo é destacada na Figura 2, onde se observa que a máxima magnitude ocorreu em torno do meio-dia, resultando em média de $28,8 \pm 3,8$ °C (média de 11 as 13 h). Neste momento, em dias de céu claro, há maior incidência de raios solares, causando aquecimento quase que instantâneo da TSS.

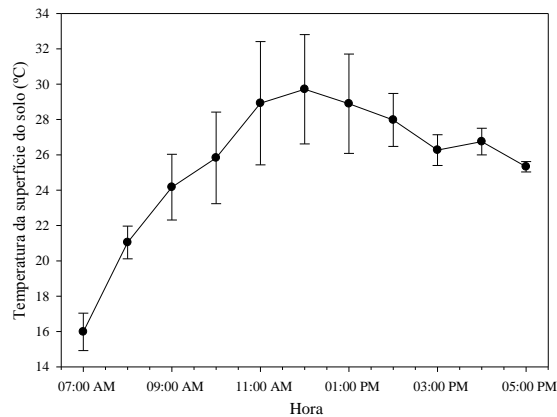


Figura 2: Marcha diurna da temperatura da superfície do solo cultivado com palma forrageira no município de Serra Talhada, PE.

CONCLUSÕES

A temperatura da superfície do solo cultivado com palma forrageira independe do clone e do regime hídrico, mas responde à adoção da cobertura morta sobre o solo.

REFERÊNCIAS

- QUEIROZ, M. G. et al. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.
- RIBAS, G. G et al. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 5, p. 817-828, 2015.
- SILVA, T. G. F. da et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no Semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015a.
- SILVA, T. G. F. et al. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 515-525, 2015b.
- TORRES, J. R. et al. Influência de plantas de cobertura na temperatura e umidade do solo na rotação milho-soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p.107-113, 2006.

A DINÂMICA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR NÃO SOFRE EFEITO DA MANUTENÇÃO DA PALHADA NO CAMPO

Kaique Renan da Silva Salvador¹, Maria Gabriela de Queiroz², Matheus Phelippe Santos Tolêdo³, Magna Soelma Beserra de Moura⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Graduando em Zootecnia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, kaiquesalvador@gmail.com, ²Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, mg.gabi@hotmail.com, ³Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, matheustoledo@hotmail.com.br, ⁴Pesquisadora, Agrometeorologia, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, magna.moura@embrapa.br, ⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito da manutenção da palhada na dinâmica foliar da cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido na Agroindústria do Vale do São Francisco, Semiárido brasileiro. A cultivar VAT 90-212, no 3º ciclo produtivo, foi submetida a dois sistemas de cultivo, sem e com manutenção da palhada em campo. Medidas biométricas foram feitas em 12 plantas por talhão, onde se registrou: número de folhas completamente expandidas (NFVE), emergentes (NFE) e mortas (NFM), assim como comprimento e largura da folha +3. Cinco plantas por talhão foram coletadas para medição da área individual da folha, das folhas emergentes (AFoEM) e área foliar total (AFoTot). Não houve efeito da manutenção da palhada em campo no NFVE, NFE, NFM, área individual das folhas, AFoEM e AFoTot ($p > 0,05$). As médias do NFVE, NFE e NFM foram 7,8 unidades, 3,2 unidades e 3,1 unidades por colmo. A largura e comprimento foliar foram 39,9 mm e 165,1 mm, em média, e a área individual da folha de 553,2 cm², 1.105,2 cm² de folhas emergentes, que representaram 27% da AFoTot de 4.243,8 cm². Conclui-se que, o microclima promovido pela manutenção da palhada em campo não alterou a dinâmica do número, dimensões lineares e área foliar da cana-de-açúcar no Semiárido brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: área foliar, comprimento e largura foliar, número de folhas.

THE FOLIAR DYNAMICS OF SUGARCANE DOES NOT HAVE THE EFFECT OF STRAW MAINTENANCE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of straw maintenance on sugarcane leaf dynamics. The experiment was conducted in the Agroindustry of the São Francisco Valley, Brazilian semi-arid region. The cultivar VAT 90-212, in the third crop cycle, was submitted to two cultivation systems, without and with field straw maintenance. Biometric measurements were made on 12 plants per plot: numbers of fully expanded (NFVE), emergent (NFE) and dead (NFM) leaves, as well as leaf length and leaf width of leaf +3 were recorded. Five plants per plot were collected to measure individual leaf area, emergent leaves (AFoEM) and total leaf area (AFoTot). There was no effect of field maintenance on NFVE, NFE, NFM, individual leaf area, AFoEM and AFoTot ($p > 0.05$). The mean NFVE, NFE and NFM were 7.8 units, 3.2 units and 3.1 units per stem. Leaf width and length were 39.9 mm and 165.1 mm, on average, and the individual leaf area of 553.2 cm², 1,105.2 cm² of the emergent leaves, which represented 27% of AFoTot of 4,243.8 cm². It was concluded that the microclimate promoted by field straw maintenance did not change the number dynamics, linear dimensions and leaf area of sugarcane in the Brazilian semi-arid region.

KEY-WORDS: leaf area, leaf length and width, number of leaves.

INTRODUÇÃO

O Submédio do Vale do São Francisco está inserido no Semiárido brasileiro, e se destaca pelo cultivo da cana-de-açúcar irrigada com aumento produtivo e melhoria na qualidade (SILVA et al., 2012).

Nos últimos anos, a colheita tem avançado para o método mecanizado. Logo, um grande volume de palhada é depositado acima da superfície do solo, o qual apresenta como vantagens a manutenção da umidade do solo, aumento da matéria orgânica, menor incidência de radiação solar e redução de infestações por plantas daninhas (CAMPOS et al., 2010). Devido alterar o balanço de radiação acima da superfície, o microclima do ambiente de cultivo é modificado, o que pode afetar a dinâmica foliar da cultura.

Uma forma de avaliar os efeitos da palhada em campo sob a cultura é por meio da análise da dinâmica foliar, que representa o desenvolvimento e crescimento vegetal, por meio de variáveis como comprimento, largura e número de folhas, e área foliar (HANAUER et al., 2014).

Com isso, objetivou-se avaliar o efeito da manutenção da palhada na dinâmica foliar da cana-de-açúcar em ambiente Semiárido.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Agroindústria do Vale do São Francisco S.A. (9°28'07"S; 40°22'43"O; 386,5 m), localizada no município de Juazeiro-BA, Semiárido brasileiro. Durante o período entre 21/08/2015 e 28/07/2016 foi monitorada a cultivar VAT 90-212, em seu 3º ciclo produtivo, disposta em fileira dupla, espaçadas em 0,70 x 1,30 m. Dois talhões experimentais foram conduzidos, cada um com 5,0 ha, um com 100% de cobertura de resíduo vegetal oriundo do corte da “cana crua”, resultando em palhada de 27,2 Mg ha⁻¹, e o outro talhão sem a manutenção da palhada, queimada antes da colheita.

A irrigação foi realizada com base na evapotranspiração, por meio de um sistema de gotejo subsuperficial com profundidade de 0,20 m localizada no meio de cada fileira dupla. A cultura foi adubada, via fertirrigação, com 420 kg N ha⁻¹, 6,1 kg P₂O₅ ha⁻¹, 3,7 kg K₂O ha⁻¹ e 2,5 kg ha⁻¹ de produto comercial à base de micronutrientes. O tratamento fitossanitário foi realizado por meio da aplicação de 0,22 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo *Thiamethoxam*. Para controle de plantas daninhas, utilizou-se doses de herbicidas com 1,2 L do ingrediente ativo *Tebuthiuron*, 0,51 L do ingrediente ativo *Trifluralina*, 0,17 kg do ingrediente ativo *Isoxaflutol*, 0,13 kg do ingrediente ativo *Imazapique* e 1,3 kg do ingrediente ativo *Amicarbazona*.

O monitoramento das variáveis meteorológicas foi feito por meio de uma torre micrometeorológica instalada nos talhões, com sensores eletrônicos conectados a um sistema de aquisição de dados (CR1000, Campbell Scientific, Logan, UT, USA). A temperatura do ar foi medida por meio do sensor HMP155A (Vaisala Inc., Helsinki, Finland). A partir destes dados foram calculados os graus dias acumulados (GDA, °Cdia). O GDA foi calculado a partir da integração dos valores de GD diário (graus dia, GD diário = $t_m - t_b$), sendo t_m , a temperatura média do ar e t_b é a temperatura base da cultura igual a 10°C (SINCLAIR et al., 2004).

Medições biométricas foram realizadas aos 104, 147, 194, 232, 257, 278, 306 e 341 dias após os corte (DAC), em 12 plantas por talhão, onde se registrou as seguintes variáveis: número de folhas completamente expandidas (NFVE), emergentes (NFE) e

mortas (NFM), assim como comprimento (C+3) e largura (L+3) da folha +3. Cinco plantas por talhão foram coletadas, nas mesmas datas, para medição da área individual da folha, das folhas emergentes (AFoEM) e área foliar total (AFoTot), por meio de um de um integrador de área foliar (Modelo LAI 3000, LI-COR Inc., Lincoln, NE).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homocedasticidade, e ao teste paramétrico F de Fisher ao nível de 5% de significância, usando o aplicativo computacional XLSTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito da manutenção da palhada em campo no número de folhas completamente expandidas (NFVE) da cana-de-açúcar ($p > 0,05$) (Figura 1A). O mesmo foi observado para o número de folhas completamente expandidas mortas (NFM) e do número de folhas emergentes (NFE), com exceção das datas 232 e 278 DAC, nessa ordem (Figura 1B e 1C).

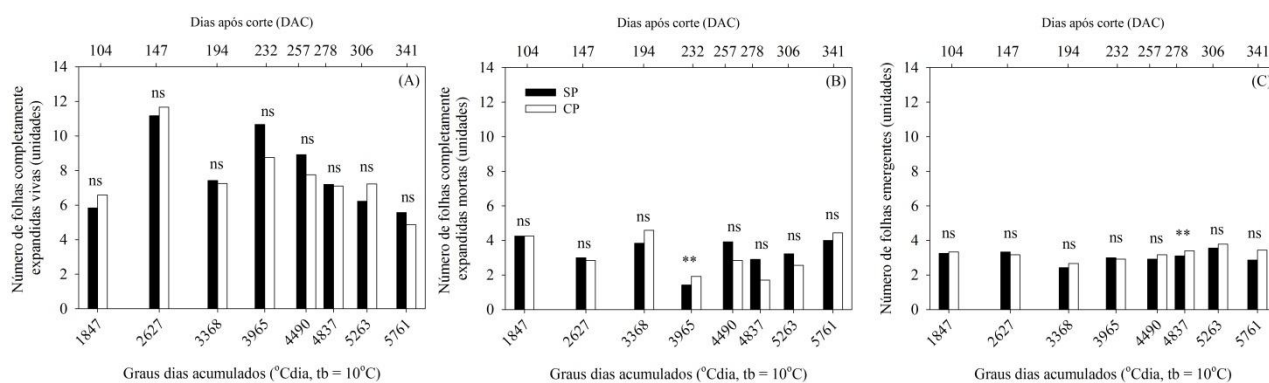


Figura 1. Número de folhas completamente expandidas vivas (A), de folhas completamente expandidas mortas (B) e de folhas emergentes (C) da cana-de-açúcar sob cultivos sem e com manutenção da palhada acima do solo, em Juazeiro, BA, Semiárido brasileiro. ** - indica diferença significativa, dentro da mesma data, ao nível de significância de 5% pelo teste paramétrico F de Fisher (comparação entre duas amostras). ns - diferença não significativa.

O NFVE médio, independentemente do sistema de cultivo, foi de 7,8 unidades, com picos de emissão ocorrendo aos 147 e 232 DAC. Observou-se que houve uma redução desta variável até o final do ciclo (Figura 1), atingindo 5,2 unidades. Para a variedade RB 92-579 sob irrigação por sulco no Semiárido brasileiro, Silva et al. (2012) verificaram variação do NFVE de 6 a 8 unidades por colmo, com redução do número de folhas no final do ciclo decorrente da diminuição da taxa de emissão foliar e aumento da taxa de senescência.

O número de folhas completamente expandidas mortas (NFM) foi em média de 3,2 folhas por colmo, com poucas variações ao longo do ciclo (Figura 1B).

Por sua vez, o número de folhas emergentes (NFE) foi em média 3,1 unidades por colmo. Silva et al. (2012) observaram durante ciclo da cana-de-açúcar, var. RB 92-579, pouca variação do NFE, com magnitudes variando de 2 a 4 unidades.

Igualmente ao número de folhas a largura das folhas completamente expandidas não foi afetada pela presença da palhada em campo (Figura 2A). Para o comprimento, na maioria das datas também não foram verificadas diferenças entre os sistemas de cultivo, com exceção dos 278 e 306 DAC. A largura foliar média foi 39,9 mm,

enquanto, o comprimento foi de 165,1 mm. Embora não tenha sido observado efeito da presença da palhada na largura e comprimento foliares, Pincelli e Silva (2012) citam que essas variáveis são sensíveis ao ambiente do cultivo, por exemplo, estresse hídrico.

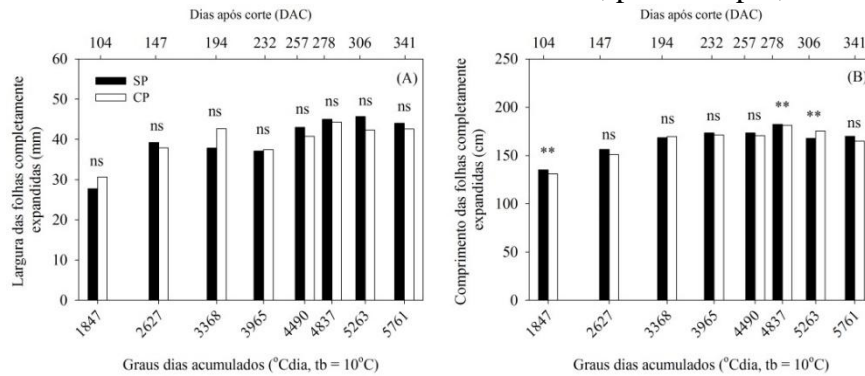


Figura 2. Largura (A) e comprimento (B) das folhas completamente expandidas da cana-de-açúcar sob cultivos sem e com manutenção da palha acima do solo, em Juazeiro, BA, Semiárido brasileiro. ** - indica diferença significativa, dentro da mesma data, ao nível de significância de 5% pelo teste paramétrico F de Fisher (comparação entre duas amostras). ns - diferença não significativa.

A área individual da folha, das folhas emergentes e área foliar total da cana-de-açúcar também não foram diferentes entre os dois sistemas de cultivo (Figura 3). A área foliar da cultura foi crescente dos 104 DAC (324,3 cm²) até o período de 232 e 306 DAC (647,8 cm²), com média para o ciclo de 553,2 cm², independentemente do sistema de cultivo (Figura 3A). Silva et al. (2012) encontraram valor da área individual da folha de 423 cm², dependente do aumento do C+3 e estabilização da L+3, com valores máximos da área individual da folha ocorrendo entre os 250 e 300 DAC.

A área das folhas emergentes (AFoEM) pouco variou ao longo do ciclo, similar ao número de folhas emergentes (Figura 1C), com média de 1.105,2 cm², representando 27% da área foliar total (AFoTot), que foi 4.243,8 cm². A variação da AFoEM é similar à dinâmica da área individual da folha, indicando que a AFoEM está mais associada ao tamanho foliar do que ao número de folhas. Silva et al. (2012) observaram para a variedade RB 92-579 correlação entre o IAF, área individual das folhas e o número de folhas completamente expandidas, a medida que o índice de área foliar aumenta o NFVE também acompanha esse crescimento.

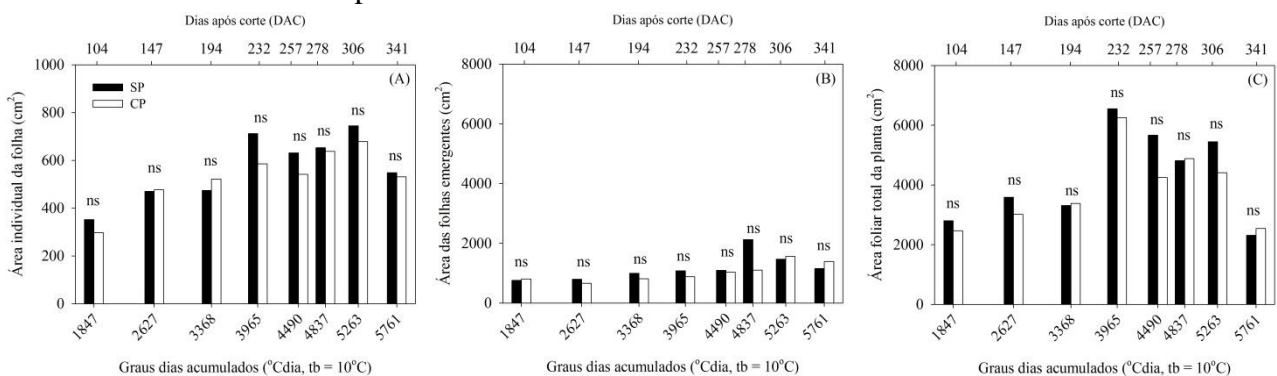


Figura 3. Área individual da folha (A), área das folhas emergentes (B) e área foliar total do colmo (C) da cana-de-açúcar sob cultivos sem e com manutenção da palha acima do solo, em Juazeiro, BA, Semiárido brasileiro. ** - indica diferença significativa, dentro da mesma data, ao nível de

significância de 5% pelo teste paramétrico F de Fisher (comparação entre duas amostras). ns - diferença não significativa.

CONCLUSÕES

O microclima promovido pela manutenção da palhada em campo não alterou a dinâmica do número, dimensões lineares e área foliar da cana-de-açúcar no Semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, L. H. F. de et al. Sistemas de manejo da palhada influenciam acúmulo de biomassa e produtividade da cana-de-açúcar (var. RB855453), **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 345-350, 2010.

HANAUER, J. G. et al. Desenvolvimento e crescimento foliar e produtividade de cana-de-açúcar em cultivo de cana-planta e de cana-soca, **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 1077-1086, 2014.

PINCELLI, R.P.; SILVA, M. A. de. Alterações morfológicas foliares em cultivares de cana-de-açúcar em resposta à deficiência hídrica, **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 546-556, 2012.

SILVA, T. G. F. da et al. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 64-71, 2012.

COBERTURA MORTA NA REDUÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA

Carlos André Alves de Souza¹, Marcelo José da Silva², Luciana Sandra Bastos de Souza³, Magna Soelma Beserra de Moura⁴, Thieres George Freire da Silva³

¹Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, carlosandre08_@msn.com, ²Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, marcelosilva123@hotmail.com, ³Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, sandrabastos@yahoo.com.br, thieres_freire@yahoo.com.br,

⁴Pesquisadora, Agrometeorologia, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, magna.moura@embrapa.br

RESUMO: Objetivou-se avaliar a redução da evapotranspiração da palma forrageira irrigada com o uso de cobertura morta, nas condições climáticas do semiárido brasileiro. O experimento foi conduzido no Instituto Agrônomo de Pernambuco, em Serra Talhada, PE. O clone Orelha de Elefante Mexicana foi disposto em delineamento em blocos casualizados, sob dois sistemas de cultivo (sem e com cobertura morta, equivalente a 8,2 t ha⁻¹ colocada no início do ciclo e sem reposição ao longo do tempo). A palma foi irrigada com base em 50% da evapotranspiração de referência (ET_o), por meio de um sistema de gotejamento. A ET_o foi estimada usando o método de Penman Monteith parametrizado no boletim 56 da FAO. O monitoramento da umidade do solo foi feito por meio de um sensor capacitivo com leituras a cada três dias. A evapotranspiração real da cultura (ET) foi quantificada pelo método do balanço de água no solo, em intervalos de 14 dias, para um volume de controle de 0,60 m. Não houve efeito significativo da cobertura nos valores de ET ($p > 0,05$), mas no sistema de cultivo com cobertura a ET foi menor 6%. A ET acumulada durante o estudo foi de 1006 mm ano⁻¹, com média diária de 2,69 mm dia⁻¹. Conclui-se que, a inserção de 8,2 t ha⁻¹ de cobertura morta no início do ciclo da palma forrageira e sem reposição ao longo do tempo não promoveu redução significativa na evapotranspiração real da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: balanço de água, manejo de água, semiárido brasileiro.

MULCHING IN THE REDUCTION OF THE EVAPOTRANSPIRATION OF FORAGE CACTUS IRRIGATED

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the reduction of evapotranspiration of forage cactus irrigated with the use of mulch, in the climatic conditions of the Brazilian semi-arid region. The experiment was conducted at the Agronomic Institute of Pernambuco, in Serra Talhada, PE. The clone 'Orelha de Elefante Mexicana' was arranged in a randomized block design, under two crop systems (without and with mulching, equivalent to 8.2 t ha⁻¹ placed at the beginning of the cycle and without replacement over time). The forage cactus was irrigated based on 50% of the reference evapotranspiration (ET_o), by means of a drip system. The ET_o was estimated using the Penman Monteith method parameterized in FAO Bulletin 56. Soil moisture monitoring was done by means of a capacitive sensor with readings every three days. Actual crop evapotranspiration (ET) was quantified by the soil water balance method, at 14 day intervals, for a control volume of 0.60 m. There was no significant effect of the mulching on ET values ($p > 0.05$), but in the ET coverage system it was 6% lower. ET accumulated during the study was 1006 mm year⁻¹, with daily mean of 2.69 mm day⁻¹. It was concluded that the insertion of 8.2 t ha⁻¹ of dead cover at the beginning

of the forage palm cycle and without replacement over time did not promote a significant reduction in the actual evapotranspiration of the crop.

KEY-WORDS: water balance, water management, Brazilian semiarid.

INTRODUÇÃO

A produção de forragem no Semiárido é um desafio constante para o agricultor, por causa da sazonalidade climática em escala intra e interanual (QUEIROZ et al., 2016). Portanto, o uso de estratégias de manejo, como espécies adaptadas ao déficit hídrico e irrigação associada à cobertura morta do solo são essenciais para aperfeiçoar a produção e garantir a segurança alimentar dos animais.

Dentre as espécies adaptadas, a palma forrageira possui distinções anatômicas e morfofisiológicas que garantem seu cultivo em regiões com alta evaporação e baixa umidade do solo (SILVA et al., 2015). Por sua vez, o uso de irrigação é ótima opção para incrementar o rendimento da cultura (CONSOLI et al., 2013), e quando associado ao uso da cobertura morta permite melhorar a eficiência do uso de água, em decorrência do aumento da retenção de água no solo (RESENDE et al., 2005).

A evapotranspiração (ET) é uma importante informação para o manejo de água, tanto em condições irrigadas quanto em sequeiro. Para a palma, a ET foi pouco estudada em diferentes regiões do mundo, especialmente no semiárido brasileiro. Alguns autores citam valores de ET para palma forrageira, como Han e Felker (1997), Consoli et al. (2013), Silva et al. (2015) e Queiroz et al. (2016), porém para espécies, sistemas de cultivo ou condições edafoclimáticas distintas do presente estudo.

Face ao exposto, objetivou-se avaliar a redução da evapotranspiração da palma forrageira irrigada com o uso de cobertura morta, no semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área de palma forrageira pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco, no município de Serra Talhada (7°56'18"S; 38°17'31"O e 501 m de altitude). O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico franco arenoso.

A palma forrageira, cv. Orelha de Elefante Mexicana IPA-200016, do gênero *Opuntia*, foi implantada em março de 2011, com plantio em sulcos com espaçamento de 1,6 x 0,40 m, e parcelas de 28,8 m² de área total. Cada parcela foi plantada com quatro fileiras de 15 plantas, resultando em 60 plantas por parcela experimental. As parcelas foram dispostas em delineamento em blocos casualizados com quatro blocos. Em maio de 2012, a mesma foi colhida, visando à uniformização, mantendo-se apenas os cladódios primários. Neste momento se iniciou o período experimental desse estudo, sendo finalizado em junho de 2013.

A palma forrageira foi submetida a dois sistemas de cultivo, um sem e outro com cobertura morta acima do solo, equivalente a 8,2 t ha⁻¹ colocada no início do ciclo e sem reposição ao longo do tempo.

Eventos de irrigação foram submetidos a laminas de irrigação com base em 50% da evapotranspiração de referência; esta calculada a partir do método de Penman Monteith parametrizado no boletim 56 da FAO. Para isso, foram utilizados os dados de uma plataforma de coleta de dados (PCD), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 300 m da área experimental.

As irrigações foram realizadas por gotejamento, com gotejadores espaçados em 0,4 m entre si, ou seja, um por planta com vazão de 1,5 L h⁻¹.

O monitoramento da umidade solo foi feito por meio de um sensor capacitivo (Diviner@2000, Sentek Pty Ltd., Australia), calibrado localmente, e tubos de acesso instalados em cada parcela experimental, distantes em 0,10 m da fileira de cultivo. As leituras foram realizadas a cada 0,10 m até a profundidade de 0,70 m, em intervalos de três dias.

O método do balanço de água no solo (BAS), em intervalos de 14 dias, foi usado na estimativa da evapotranspiração real da cultura, considerando os ganhos e perdas de água por escoamento superficial e subsuperficial foram desprezíveis ou que se anulam.

Assim, o BAS foi descrito por meio dos processos que compõem os termos da equação 1:

$$P - ET \pm Q = \Delta A \quad (1)$$

em que, P = precipitação (mm); ET = evapotranspiração real (mm); Q = fluxo de água no solo, sendo D = drenagem profunda (mm) sinal negativo ou AC = ascensão capilar (mm) sinal positivo; e, ΔA = variação de armazenamento de água no solo (mm). A mensuração do Qz foi feita em função da umidade do solo para cada profundidade, conforme descritas por Araújo Primo et al. (2015).

Os dados de ET foram agrupados em 27 períodos de 14 dias, e seus dados foram submetidas a ANOVA, e uma vez significativa ao teste de média de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do ciclo de um ano de palma forrageira (2012-2013), os eventos de precipitação totalizaram 393 mm, correspondente a 60% da normal climatológica local (657 mm ano⁻¹, de acordo com o banco de dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima). Percebe-se, na Figura 1, que esses eventos ocorreram, sobretudo depois da primeira metade do ciclo (> 16º período do ciclo). Como consequência, os eventos de irrigação foram de 703 mm ano⁻¹, o que resultou em uma lâmina total de água recebida pela cultura de 1096 mm ano⁻¹. Em média, a entrada de água no cultivo representou 55% da demanda atmosférica (2009 mm ano⁻¹).

Não houve efeito significativo da cobertura morta na evapotranspiração real da cultura (ET) ($p > 0,05$). A magnitude dos valores de ET foi de 1006 mm ano⁻¹, sendo em escala diária igual a 2,69 mm dia⁻¹.

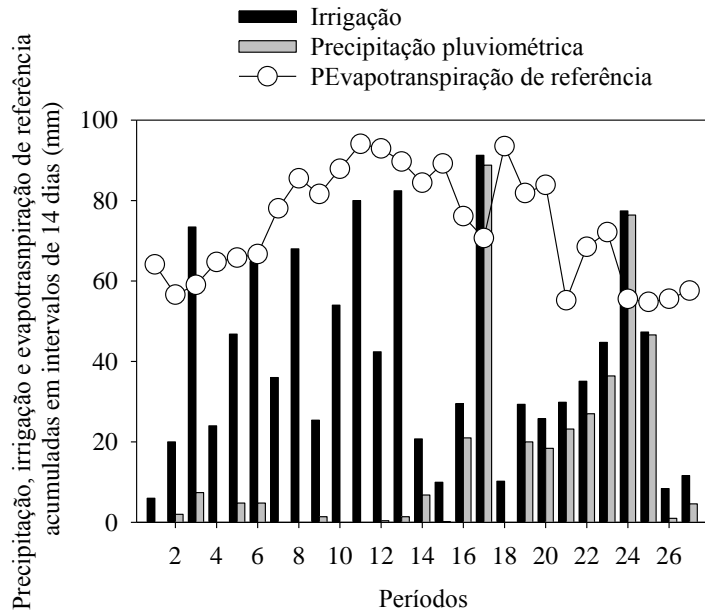


Figura 1. Precipitação pluviométrica, irrigação e evapotranspiração de referência ao longo do ciclo da palma forrageira, cv. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*), irrigada em dois sistemas de cultivo (sem e com cobertura), em Serra Talhada, PE.

Na Figura 2, verifica-se a sazonalidade dos valores diários de ET, que respondeu a variação do regime hídrico, ETo e ao controle morfofisiológico da palma.

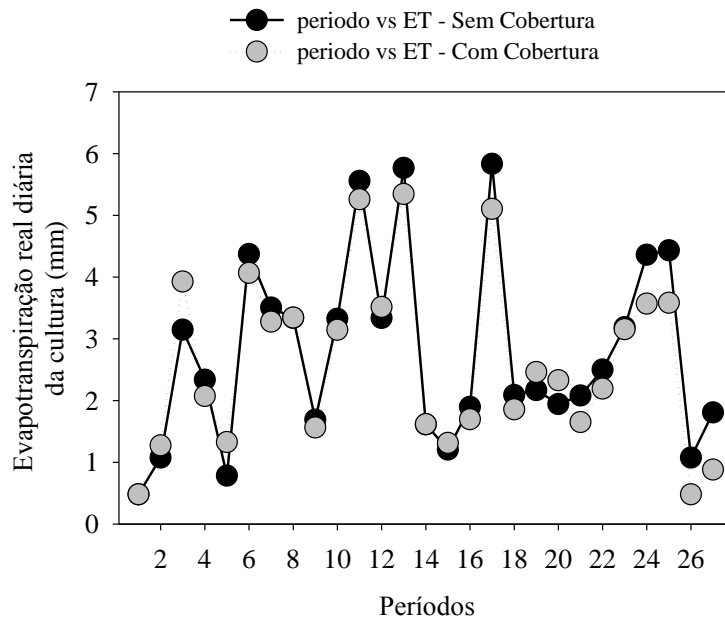


Figura 2. Evapotranspiração real diária ao longo do ciclo da palma forrageira, cv. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw. Haw.), irrigada com base em 50% ETo, em dois sistemas de cultivo (sem e com cobertura), em Serra Talhada, PE.

Os valores de ET obtidos no presente trabalho são superiores aos reportados por Consoli, et al. (2013), no Mediterrâneo, Sicily, Itália, que encontraram ET média de 2,5 mm dia⁻¹, para a palma, *Opuntia ficus indica*, com dez anos de idade, quando esta recebeu 1329,1 mm. A falta de diferença entre as condições com e sem cobertura pode está associada à quantidade de material inserido nas parcelas, que totalizou 8,2 ton. ha⁻¹, a qual não foi reposta ao longo do tempo. Em ambiente semiárido, as altas temperaturas favorecem a decomposição da cobertura morta, reduzindo, ao longo do tempo, o seu efeito no componente evaporação. Embora não tenha sido significativa, verificou-se que o uso de cobertura morta sobre o solo reduziu em 6% a ET da palma forrageira.

CONCLUSÕES

A inserção de 8,2 t ha⁻¹ de cobertura morta no início do ciclo da palma forrageira e sem reposição ao longo do tempo não promoveu redução significativa na ET.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO PRIMO, J. T. et al. Calibração de sondas capacitivas, funções físico-hídricas e variação do armazenamento de água em um argissolo cultivado com palma forrageira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.1, p. 20-29, 2015.

CONSOLI, S. et al. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) orchard in a Semi-arid Environment. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Amsterdam, v. 1, n. 8, p. 1-15, 2013.

HAN, H.; FELKER, P. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. **Journal of Arid Environments**, v.36, n. 1, p. 133-148, 1997.

QUEIROZ, M. G. de et al. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Irrigação, p. 141-154, 2016.

RESENDE, F. V. et al. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Revista Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v.29, n.1, p. 100-105, 2005.

SILVA, T. G. F. da et al. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 7, p. 515-525, 2015.

VOLUME DE CLADÓDIOS DE PALMA FORRAGEIRA SOB CULTIVO EM SEQUEIRO E IRRIGADO

José Orlando Nunes da Silva¹, Allan Rodrigues Silva², Thalyta Soares dos Santos³, George do Nascimento Araújo Júnior¹, Thieres George Freire da Silva⁴

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, joseorlanduu@hotmail.com, ²Doutor em Ciências Climáticas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, allansilva.r@gmail.com, ³Pesquisadora DCR/FACEPE/CNPq, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, tthalyssoares@gmail.com, ⁴Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, georgejunior_91@hotmail.com, ⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: O volume dos cladódios da palma é uma informação que ao longo do tempo permite entender a dinâmica de desenvolvimento da cultura. Logo, objetivou-se avaliar o volume de cladódios de clones de palma forrageira em função das unidades térmicas acumuladas pela cultura, sob condições de sequeiro e irrigada. O estudo foi conduzido no município de Serra Talhada, PE, no período de 01 de março de 2012 a 27 de julho de 2013. O experimento foi disposto em delineamento de blocos casualizados, em arranjo 2x3, com parcela subdividida e três repetições. As parcelas compuseram dois regimes hídricos, sequeiro e irrigado, e as subparcelas três clones (IPA Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana). A condição irrigada foi resultante da aplicação de 7,5 mm a cada 7 dias. O crescimento foi monitorado por meio medidas biométricas. A partir destes dados, obteve-se o volume do cladódio. O volume total da planta foi calculado pela soma dos volumes dos cladódios, os quais foram relacionados aos graus dias acumulados. Os clones exibiram maior volume de cladódios no sistema irrigado, quando comparado ao cultivo em sequeiro. Na condição de sequeiro, a relação entre o volume total de cladódios e os graus dias acumulados é baixa, uma vez que o estresse hídrico foi pronunciado. Enquanto, no cultivo irrigado a relação destas variáveis foi elevada ($r^2 > 0,91$). Conclui-se que, o regime hídrico alterou a dinâmica do volume de plantas de palma forrageira ao longo do tempo, com comportamento de resposta semelhante entre os clones.

PALAVRAS-CHAVE: biometria, clones, regressão.

CLADODE VOLUME OF FORAGE CACTUS UNDER CULTIVATION IN RAINFED AND IRRIGATED

ABSTRACT: The volume of cladodes of the palm is information that over time allows understanding the dynamics of development of the crop. The objective of this study was to evaluate the cladodes volume of forage cactus clones as a function of the thermal units accumulated by the crop under rainfed and irrigated conditions. The study was conducted in the municipality of Serra Talhada, PE, from March 1, 2012 to July 27, 2013. The experiment was arranged in a randomized block design, in a 2x3 arrangement, with a subdivided plot and three replicates. The plots consisted of two water regimes, rainfed and irrigated, and the subplots three clones (IPA Sertânia, Miúda and Orelha de Elefante Mexicana). The irrigated condition resulted from the application of 7.5 mm every 7 days. Growth was monitored by means of biometric measurements. From these data, the volume of the cladode was obtained. The total volume of the plant was calculated by the sum of the volumes of the cladodes, which were related to the degrees accumulated days. The clones showed a higher volume of cladodes in the

irrigated system, when compared to the cultivation in the rainy season. In the rainfed condition, the relation between the total volume of cladodes and the days degrees accumulated is low, once the water stress was pronounced. In irrigated cultivation, the relationship ones were high ($r^2 > 0.91$). It was concluded that the water regime altered the volume dynamics of forage cactus plants over time, with a similar response behavior among the clones.

KEY-WORDS: biometry, clones, regression

INTRODUÇÃO

A palma é utilizada como recurso forrageiro em ambiente semiárido. Essa planta tolera altas temperaturas e déficit hídrico, tornando-se alternativa para alimentação, sobretudo em períodos de longa estiagem (SILVA et al., 2015). Embora muito adaptada a essa região, o seu desempenho produtivo depende de práticas de manejo adequadas, como irrigação, que máxima a capacidade produtiva da cultura (QUEIROZ et al., 2015).

Segundo Pinheiro et al. (2014), a interação entre planta e ambiente determina a produção vegetal, que está associada ao aproveitamento da radiação solar, a qual é usada como energia química no processo fotossintético nas folhas. No caso da palma, as folhas caducam com o desenvolvimento dos cladódios, os quais se tornam responsáveis pelas funções fotossintéticas da planta (SILVA et al., 2015).

O volume do cladódio pode apresentar relação com a capacidade fotossintética do mesmo e, conseqüentemente, o seu acúmulo de biomassa. Esta informação ao longo do tempo permite entender a dinâmica de desenvolvimento da cultura. Para isso, deve-se associar este desenvolvimento com a temperatura do ar, ou seja, unidades térmicas (RODRIGUES; SOUZA; LIMA, 2013).

Silva et al. (2015) citam diferenças morfológicas entre clones de palma. Além disso, a condição hídrica do ambiente de cultivo pode alterar algumas características dos cladódios (QUEIROZ et al., 2015). Logo, objetivou-se avaliar o volume de cladódios de clones de palma forrageira em função das unidades térmicas acumuladas pela cultura ao longo do ciclo, sob condições de sequeiro e irrigada.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Instituto Agrônomo de Pernambuco, no município de Serra Talhada, PE (Lat. 7° 59' S, Long. 38° 15' O e Alt. 461 m), no período de 01 de março de 2012 a 27 de julho de 2013, totalizando 513 dias. A região apresenta um clima do tipo BSw^h, com ocorrência de chuvas no período mais quente, e seco no período frio do ano, conforme caracterização proposta por Köppen.

Os clones analisados foram IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), dispostos no espaçamento 1,6 x 0,2 m, resultando em densidade populacional de plantas de 31.250 plantas ha⁻¹.

O experimento foi disposto em delineamento em blocos ao acaso, em arranjo de parcela subdividida, com três repetições. As parcelas compuseram dois regimes hídricos, sequeiro e irrigado, e as subparcelas pelos clones, resultando seis tratamentos. A condição irrigada foi resultante da aplicação de 7,5 mm a cada 7 dias.

O crescimento foi monitorado a cada 30 dias, por meio de campanhas biométricas, quando se mensurou as seguintes variáveis: comprimento (CC, cm), largura (LC, cm), espessura (EC, mm) e perímetro do cladódio (PC, cm). A partir destes

dados, obteve-se a área do cladódio (AC , cm^2), conforme metodologia proposta por Silva et al. (2014). O volume do cladódio (VC , cm^3) foi calculado pelo produto da AC com EC . O volume total da planta foi calculado pela soma dos volumes dos cladódios.

Os dados de VC foram relacionados aos graus dias acumulados (GDA). O GDA foi estimado a partir do somatório do grau-dia (GD , $^{\circ}Cdia$), calculado pela expressão: $GD = [(Tx+Tn)/2]-Tb$, em que Tx e Tn são a temperatura máxima (Tx) e mínima (Tn) do ar, e tb é temperatura base inferior ($Tb= 22^{\circ}C$). Os dados de temperatura do ar foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (www.inmet.gov.br), referente à estação automática situada a 1500 m da área experimental. Além disso, chuva, em mm.

As regressões entre VC e GDA foram realizadas e as equações significativas a 5% de probabilidade pelo teste F foram ajustadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, a temperatura média foi igual a $26,8^{\circ}C$, valor este acima da média do município de Serra Talhada, PE ($24,5^{\circ}C$) (Figura 1).

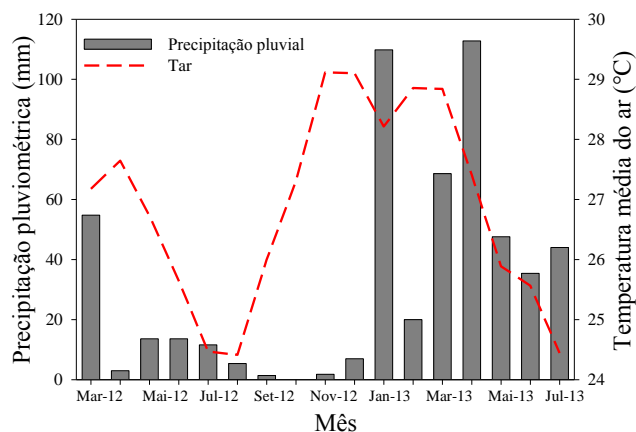


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média do ar durante o ciclo de clones de palma forrageira, em Serra Talhada, PE.

A quantidade de água recebida via precipitação pluviométrica foi de 528 mm, com maiores valores concentrando-se nos períodos de janeiro a julho de 2013. Esse valor de precipitação se encontra abaixo da média histórica da região (642 mm ano^{-1}), o que destaca a importância do uso de irrigação complementar para atender à necessidade hídrica da cultura. No sistema irrigado, o total de água recebida pela cultura foi de 756 mm ano^{-1} , totalizando 1102 mm ano^{-1} , quando somado a precipitação.

Os clones de IPA, MIU e OEM exibiram maior volume total de cladódios no sistema irrigado, quando comparado ao cultivo em sequeiro (Figura 2 e 3). A sua relação ao longo do tempo com os graus dias acumulados apresentou elevado coeficiente de determinação ($r^2 > 0,91$) (Figura 2), indicando que, sob condições irrigadas, a temperatura do ar regula o desenvolvimento da cultura.

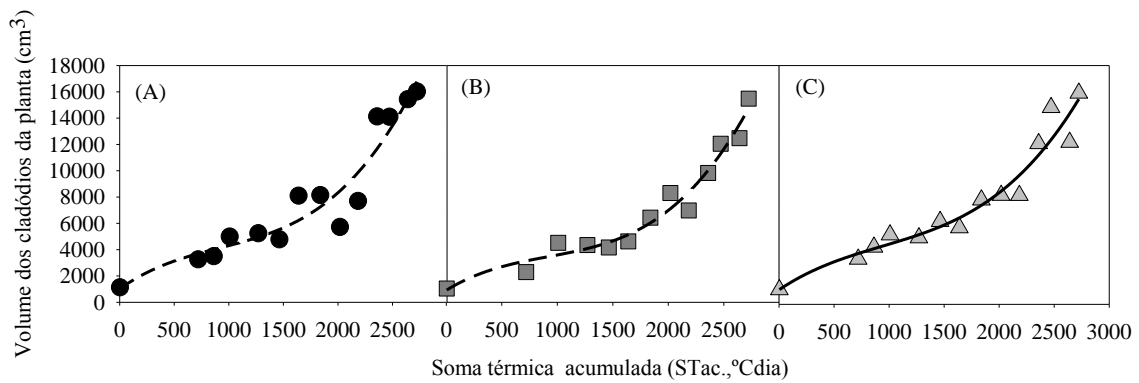


Figura 2. Volume de plantas da palma forrageira irrigada em função dos graus dias acumulados. (A) IPA Sertânia, (B) Miúda, e, (C) Orelha de Elefante Mexicana.

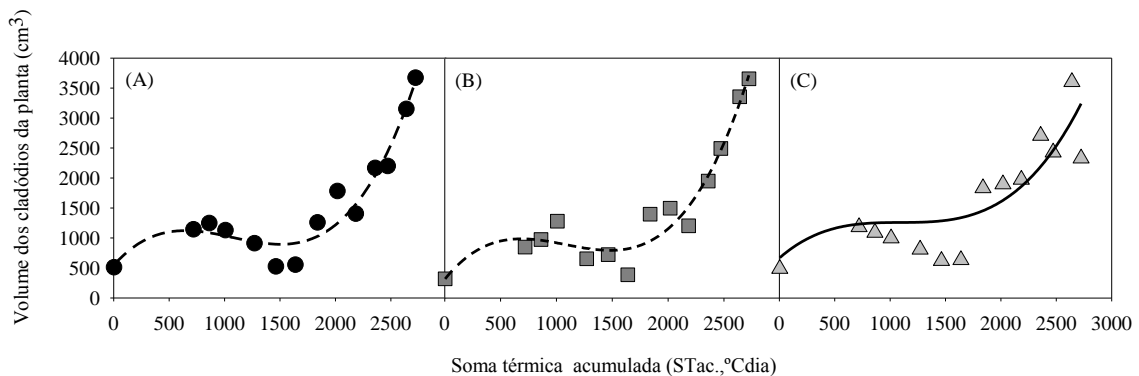


Figura 3. Volume de plantas de clones de palma forrageira em sequeiro em função dos graus dias acumulados. (A) IPA Sertânia, (B) Miúda, (C) Orelha de Elefante Mexicana.

Os graus dias acumulados pela palma forrageira, calculados com a temperatura base de 22 °C foram de 2724 °Cdia, mostrando o lento desenvolvimento da cultura comparada a outras espécies, como cana-de-açúcar, 1250 a 1700°Cdia (PEREIRA et al 2015); e, milho, 1086 °Cdia (KUNZ et al., 2007). A alta temperatura influencia no desenvolvimento da planta, assim como destacado por Bezerra et al. (2015), que realizando simulações para o desenvolvimento da palma, mostraram que o aumento da temperatura do ar reduziu em média 15% a duração do ciclo cultura.

Do volume dos cladódios, 95% são compostos por água, em condição hídrica adequada. No entanto, este conteúdo pode ser alterado a depender dos tratos culturais e o ambiente de cultivo (LOPES et al. 2009). Exemplo disto, no sistema sequeiro, entre os meses de abril e dezembro houve uma grande restrição hídrica, acarretando diminuição do volume total dos cladódios dos três clones (Figura 3), o que influencia de forma direta na produtividade de massa verde. Nesta condição, a relação entre o volume total de cladódios e os graus dias acumulados é baixa ($r^2 < 0,90$), uma vez que o estresse hídrico foi pronunciado. Scalisi et al. (2016) afirmam que, sob condições hídricas plenas, a temperatura do ar governa o acúmulo de biomassa pela palma, mas sobre restrição hídrica é o conteúdo de água nos cladódios.

CONCLUSÕES

O regime hídrico alterou a dinâmica do volume de plantas de palma forrageira ao longo do tempo, com comportamento de resposta semelhante entre os clones.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, S. A. de F. et al. Demanda hídrica bruta da palma forrageira em cenários futuros de mudanças climáticas no estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 6, p. 1628-1643, 2016.

PEREIRA, J. A.; AGOSTINHO, E.; ISLER, P. R. Método de Graus-dias para estimar o Desenvolvimento da cana-de-açúcar. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação**, v. 1, p. 217-224, 2015.

KUNZ, J. H. et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LOPES, E. B.; BRITO, C. H. de; BATISTA, I. J. de L. Efeito de formas de plantio na produção de cladódios em palma doce. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 303-308, 2009.

PINHEIRO, K. M. et al. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 12, p. 939-947, 2014.

SCALISI, A. et al. Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus indica* under drought. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 122, p. 158-167, 2016.

SILVA, T. G. F. et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.

SILVA, T. G. F. da et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 633-641, 2014.

A MANUTENÇÃO DA PALHADA EM CAMPO MODIFICA O FILOCRONO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Kaique Renan da Silva Salvador¹, Matheus Phelippe Santos Tolêdo¹, Maria Gabriela de Queiroz³, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim³, Thieres George Freire da Silva⁴

¹Graduando, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE
kaiquesalvador@gmail.com, matheustoledo@hotmail.com.br, ²Doutoranda em Meteorologia Agrícola,
Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, mg.gabi@hotmail.com, ³Mestrando em Produção Vegetal,
Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, alexandremrfj@gmail.com,
⁴Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,
thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: Objetivou-se avaliar a influência da palhada sobre o filocrono da cana-de-açúcar no Semiárido brasileiro. O experimento foi conduzido na Agroindústria do Vale do São Francisco, Juazeiro, BA. A cultivar avaliada a VAT 90-212, em seu 3º ciclo produtivo, foi submetida a dois sistemas de cultivo, com e sem manutenção da palhada em campo. Ao longo do tempo foram realizadas medições biométricas em 12 plantas por talhão. Por meio da relação entre o número de folhas completamente expandidas e graus dias acumulados foi calculada a taxa de aparecimento foliar (folhas °Cdia⁻¹). O inverso desta taxa resultou no filocrono (°C dia folha⁻¹). A temperatura do ar no cultivo com palhada foi, em média, 0,6°C maior do que no sistema sem palhada. O filocrono, na Fase I, da cana-de-açúcar do sistema sem palha foi maior em relação ao sistema com palha. Na Fase II, essa tendência foi inversa. Independente do sistema, o filocrono foi em média 147 °C dia folhas⁻¹, na Fase I, e 170 °C dia folhas⁻¹, na Fase II. Nesta mesma ordem, o filocrono da senescência foliar apresentou a mesma magnitude nos dois sistemas de cultivo, com média de 263 °C dia folhas⁻¹ e 227 °C dia folhas⁻¹. Conclui-se que, o aumento da temperatura no ambiente de cultivo da cana-de-açúcar promovido pela manutenção da palha em campo diminuiu o filocrono da cultura durante a primeira fase de emissão das folhas, mas não modificou a senescência foliar.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, Senescência foliar, Taxa de aparecimento foliar.

THE MAINTENANCE OF THE STRAW MODIFIES THE PHYLLOCHRON OF THE SUGARCANE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the influence of straw on the phyllochron of sugarcane in the Brazilian semi-arid region. The experiment was conducted at the Agroindustry of the São Francisco Valley, Juazeiro, BA. The cultivar evaluated the VAT 90-212, in its 3rd productive cycle, was submitted to two cultivation systems, with and without field straw maintenance. Over time, biometric measurements were performed on 12 plants per plot. By means of the relation between the number of fully expanded leaves and accumulated degree days, the leaf appearance rate (leaves °Cday⁻¹) was calculated. The inverse of this rate resulted in the phyllochron (°C day leaf⁻¹). The air temperature in straw culture was, on average, 0.6°C higher than in the system without field straw. In Phase I, the sugarcane phyllochron of the system without straw was greater than system with straw. In Phase II, this trend was reversed. Independent of the system, the phyllochron was on average 147 °Cday⁻¹ leaves in Phase I, and 170 °Cday leaves⁻¹ in Phase II. In the same order, the leaf senescence phyllochron presented the same magnitude in the two crop systems, with a mean of 263 °Cday⁻¹ and 227 °Cday⁻¹ leaves. It was concluded that the increase in temperature in the sugarcane

cultivation environment promoted by field straw maintenance decreased the phyllochron of the crop during the first leaf emission phase, but did not modify leaf senescence.

KEYWORDS: Irrigation, Leaf senescence, Leaf appearance rate.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura que possui importância na economia brasileira. Atualmente, o Brasil é considerado o maior produtor desta cultura, a qual é utilizada na produção de açúcar e o álcool, sendo o último de extrema importância para atender a demanda do mercado interno (PICOLI et al., 2009; COELHO, 2015).

Várias regiões do Brasil, que cultivam a cana-de-açúcar, vêm adotando novas tecnologias, entre elas, a colheita mecanizada. Quando se realiza a colheita, as folhas e os ponteiros são depositados na superfície do solo, formando-se a cobertura morta denominada de palhada (AQUINO et al., 2015). Quando a mesma permanece sobre o solo apresenta capacidade de modificar as estruturas físicas, químicas e biológicas, mantendo por mais tempo a umidade no solo. Além disso, diminui a incidência de radiação solar sobre o solo e a germinação e desenvolvimento de ervas espontâneas, e sua decomposição libera matéria orgânica ao longo do tempo (CAMPOS et al., 2010).

Todavia, a manutenção da palhada modifica o microclima do ambiente de cultivo, o qual pode alterar a velocidade de desenvolvimento da cana-de-açúcar (OLIVIER; SINGELS, 2015). Esta hipótese pode ser analisada por meio do conceito de filocrono, que consiste no intervalo de tempo entre o surgimento de duas folhas sucessivas (HANAUER et al., 2014). Objetivou-se avaliar a influência da palhada sobre o filocrono da cana-de-açúcar irrigada no Semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Agroindústria do Vale do São Francisco S.A. (9°28'07" S; 40°22'43" O; 386,5 m), no município de Juazeiro, BA, Semiárido brasileiro. Durante o período entre 21/08/2015 e 28/07/2016, a cultivar VAT 90-212 foi monitorada, em seu 3º ciclo produtivo, disposta em fileira dupla, espaçadas em 0,70 x 1,30 m.

Dois talhões experimentais foram conduzidos, cada um com 5,0 ha, um com 100% de cobertura de resíduo vegetal oriundo do corte da “cana crua”, resultando em palhada de 27,2 Mg ha⁻¹, e o outro talhão sem a manutenção da palhada, queimada antes da colheita. O clima da região, é do tipo BSw^h, de acordo com classificação climática de Köppen. O solo da área foi classificado como Vertissolo.

A irrigação foi realizada por gotejamento subsuperficial com profundidade de 0,20 m inserido no centro da linha principal. A reposição de água era com base nos dados da evapotranspiração da cultura. A adubação foi realizada via fertirrigação, com 420 kg N ha⁻¹, 6,1 kg P₂O₅ ha⁻¹, 3,7 kg K₂O ha⁻¹ e 2,5 kg ha⁻¹ de produto comercial à base de micronutrientes. O tratamento fitossanitário foi realizado por meio da aplicação de 0,22 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo *Thiamethoxam*. Para controle de plantas daninhas, utilizou-se doses de herbicidas com 1,2 L do ingrediente ativo *Tebutiurum*, 0,51 L do ingrediente ativo *Trifuralina*, 0,17 kg do ingrediente ativo *Isoxaflutol*, 0,13 kg do ingrediente ativo *Imazapique* e 1,3 kg do ingrediente ativo *Amicarbazona*.

O monitoramento das variáveis meteorológicas foi feito por meio de uma torre micrometeorológica instalada nos talhões, com sensores eletrônicos conectados a um

sistema de aquisição de dados (CR1000, Campbell Scientific, Logan, UT, USA). A temperatura do ar foi medida por meio do sensor HMP155A (Vaisala Inc., Helsinki, Finland).

A partir destes dados foram calculados os graus dias acumulados (GDA, °Cdia). O GDA foi calculado a partir da integração dos valores de GD diário (graus dia, GD diário = $t_m - t_b$), sendo t_m , a temperatura média do ar e t_b é a temperatura base da cultura igual a 10°C.

Ao longo do tempo, realizou-se medidas biométricas em 12 plantas por talhão, onde se registrou as seguintes variáveis: número de folhas completamente expandidas vivas (NFVE), emergentes (NFE) e mortas (NFM), assim como comprimento (C+3) e largura (L+3) da folha +3.

O coeficiente angular da regressão linear entre o número de folhas completamente expandidas acumuladas e GDA gerou a taxa de aparecimento foliar (folhas °Cdia⁻¹), enquanto FIL (°Cdia folha⁻¹) é equivalente a TAF⁻¹ (SINCLAIR et al., 2004). O FIL da cana-de-açúcar foi dividido em duas fases de emissão, Fase I e Fase II.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homocedasticidade, e ao teste paramétrico F de Fisher ao nível de 5% de significância, usando o aplicativo computacional XLSTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média do ar no sistema com palha foi maior do que o sem palha (Tabela 1), devido a permanência da palha observou-se uma mudança no microclima do ambiente de cultivo, e apresentou uma diferença média de 0,6°C entre os sistemas. Almeida et al. (2008) relatam que a temperatura média do ar deve estar em torno de 24 °C a 30 °C, para que o maior desenvolvimento da cana-de-açúcar, tanto no surgimento quanto na expansão foliar.

Como resultado, a taxa de aparecimento foliar no sistema com palha foi maior do que o sistema sem palha durante a Fase I de emissão foliar. O mesmo não foi observado na Fase II, quando a taxa de aparecimento foliar foi maior no sistema sem palha. Em média, a taxa de aparecimento foliar, independente da fase e do sistema, foi 0,0063 folhas °C dia⁻¹. Em estudo realizado por Silva et al. (2012) encontraram taxa de aparecimento foliar de 0,0079 folhas °C dia⁻¹ para cana-de-açúcar irrigada, var. RB 92-579, no semiárido brasileiro.

Tabela 1. Taxa de aparecimento foliar e filocrono da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.) sob cultivos com e sem manutenção da palha acima do solo, em Juazeiro, BA, Semiárido brasileiro. Temperatura média do ar obtida acima da cultura.

Temperatura média do ar	Sem palha	Fase I*	°C	27,1
		Fase II**	°C	25,7
	Com palha	Fase I*	°C	27,4
		Fase II**	°C	26,7
Taxa de aparecimento foliar	Sem palha	Fase I	folhas °C dia ⁻¹	0,0067
		Fase II	folhas °C dia ⁻¹	0,0060
	Com palha	Fase I	folhas °C dia ⁻¹	0,0069
		Fase II	folhas °C dia ⁻¹	0,0058
Filocrono - surgimento foliar	Sem palha	Fase I	°C dia folhas ⁻¹	149
		Fase II	°C dia folhas ⁻¹	167
	Com palha	Fase I	°C dia folhas ⁻¹	145
		Fase II	°C dia folhas ⁻¹	172
Taxa de senescência foliar	Sem palha	Fase I	folhas °C dia ⁻¹	0,0038
		Fase II	folhas °C dia ⁻¹	0,0044
	Com palha	Fase I	folhas °C dia ⁻¹	0,0038
		Fase II	folhas °C dia ⁻¹	0,0044
Filocrono - senescência foliar	Sem palha	Fase I	°C dia folhas ⁻¹	263
		Fase II	°C dia folhas ⁻¹	227
	Com palha	Fase I	°C dia folhas ⁻¹	263
		Fase II	°C dia folhas ⁻¹	227

* - Até 194 dias após corte; ** - Entre 195 e 342 dias após corte.

O filocrono, na Fase I, da cana-de-açúcar no sistema sem palha foi maior em relação ao sistema com palha. Na Fase II, essa tendência foi inversa, indicando que, embora a manutenção da palhada em campo promova benefícios físico-químico-biológicos e hídricos (MACHADO; ASSIS, 2010), o aumento da temperatura do ar não incrementou proporcionalmente a emissão foliar, logo o filocrono nesta fase foi maior no cultivo com a palhada. Independente do sistema, o filocrono foi em média 147 °C dia folhas⁻¹ e 170 °C dia folhas⁻¹.

A taxa e filocrono de senescência foliar e filocrono não variaram entre os dois sistemas de cultivo, resultando média de 0,0038 folhas °Cdia⁻¹ e 0,0044 folhas °Cdia⁻¹, e 263 °C dia folhas⁻¹ e 227 °C dia folhas⁻¹, respectivamente. Segundo Abreu et al. (2013), tanto a taxa de aparecimento foliar quanto de senescência são características genéticas das variedades de cana-de-açúcar, mas as suas magnitudes variam conforme a condição do ambiente de cultivo.

CONCLUSÕES

O aumento da temperatura do ar foi promovido pela modificação do microclima imposto pela permanência da palha em campo, diminuindo o filocrono da cana-de-açúcar durante a primeira fase de emissão das folhas, mas não modificou a senescência foliar.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L. et al. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p. 262-270, 2013.
- ALMEIDA, A. C. dos S. et al. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.
- AQUINO, G. S. Sistema radicular e produtividade de soqueiras de cana- de- açúcar sob diferentes quantidades de palhada. Brasília. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.50, n.12, p.1150-1159, 2015.
- CAMPOS, L. H. F. et al. Sistemas de manejo da palhada influenciam acúmulo de biomassa e produtividade da cana-de-açúcar (var. RB855453). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 345-350, 2010.
- COELHO, M. C. **Efeitos da remoção do palhico residual na ciclagem de nutrientes e no desempenho agrônomico da cana de açúcar**. 2015, 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2015.
- HANAUER, J. G. et al. Desenvolvimento e crescimento foliar e produtividade de cana-de-açúcar em cultivo de cana-planta e de cana-soca. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 1077-1086, 2014.
- MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 415-422, 2010.
- OLIVIER, F. C.; SINGELS, A. Increasing water use efficiency of irrigated sugarcane production in South Africa through better agronomic practices. **Field Crops Research**, v. 176, p. 87-98, 2015.
- PICOLI, M. C. A. et al. Índice de vegetação do sensor MODIS na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 789-795, set. 2009.
- SILVA, T. G. F. da et al. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco, **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 500-509, 2012.

MEDIDAS LINEARES E VOLUMÉTRICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR EM CULTIVO SEM E COM DA PALHADA EM CAMPO

Matheus Phelippe Santos Tolêdo¹, Kaique Renan da Silva Salvador¹, Carlos André Alves de Souza², Herica Fernanda de Sousa Carvalho⁴, Thieres George Freire da Silva⁵
¹Graduando, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, matheustoledo@hotmail.com.br, kaiquesalvador@gmail.com, ²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, carlosandre08_@msn.com, ⁴Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade do Vale do São Francisco, Juazeiro, BA, hericafernanda17@hotmail.com, ⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: A cana-de-açúcar no Submédio do Vale do São Francisco tem grande destaque no cenário nacional devido à irrigação. Associado a essa técnica, os canaviais se encontram em processo de transição do método de colheita, passando da queimada para cana crua, o que tem promovido a deposição de grande quantidade de palhada. A sua manutenção em campo pode modificar as variáveis biométricas da cana-de-açúcar. Objetivou-se avaliar o efeito físico da palhada nas medidas lineares e volumétricas de colmos da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. O experimento foi conduzido na Empresa Agroindústrias do Vale do São Francisco S.A, em Juazeiro-BA, com a variedade VAT 90-212, no ciclo de 3^a soca. Dois talhões foram monitorados, um com e o outro sem a manutenção da palhada. Medidas biométricas do comprimento, largura, volume e número de internódio do colmo da cana-de-açúcar foram realizados aos 104, 147, 194, 232, 257, 278, 306 e 341 dias após os corte (DAC). Observou-se efeito da palhada na largura, comprimento e volume do internódio da cana-de-açúcar apenas aos 104 DAC, e no volume também aos 278 DAC ($p < 0,05$). Não houve influência da palhada no número de internódios. Conclui-se que, a palhada em campo promove influência nas medidas lineares e volumétricas dos colmos da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco, apenas no início do ciclo.

PALAVRAS-CHAVE: Biometria; Cana crua; Gotejamento subsuperficial.

LINEAR AND VOLUMETRIC MEASURES OF SUGARCANE ON CULTIVATION WITHOUT AND WITH STRAW

ABSTRACT: Sugarcane in the Submedio of the São Francisco Valley has great importance in the national scenario due to irrigation. Associated with this technique, the sugarcane plantations are in the process of transition from the harvest method, from the burning to the “green sugarcane” method, which has promoted the deposition of large amounts of straw. Its field maintenance can modify the sugarcane biometric variables. The objective of this study was to evaluate the physical effect of straw in the linear and volumetric measurements of stalk of sugarcane irrigated in the Submedio of the São Francisco Valley. The experiment was conducted at the Agroindustries Company of the São Francisco Valley, in Juazeiro-BA, with the variety VAT 90-212, in the cycle of 3rd ratoon. Two plots were monitored, one with the other without maintenance of the straw. Biometric measurements of stalk length, width and volume, and internodes number were performed at 104, 147, 194, 232, 257, 278, 306 and 341 days after cutting (DAC). Effect of the straw on the width, length and volume of the sugarcane internode was only 104 DAC, and in the volume also at 278 DAC ($p < 0.05$). There was no influence of straw on the internodes number. It is concluded that, the field straw promotes influence

in the linear and volumetric measurements of the stems of the irrigated sugar cane in the Submedío of the São Francisco Valley, only at the beginning of the cycle.

KEY-WORDS: Biometry; Green sugarcane; Subsurface drip irrigation.

INTRODUÇÃO

A irrigação no Semiárido brasileiro promove alto rendimento nos canaviais, que se destacam dentre as regiões de produção do Brasil (SILVA et al., 2012).

Associado à técnica de irrigação, a colheita mecanizada (cana crua) vem sendo uma prática ultimamente adotada nos canaviais, ao qual toda parte aérea da planta, ponteiros e folhas secas são trituradas e arremessadas na superfície do solo, formando uma cobertura morta intitulada de palhada (AQUINO et al., 2015).

A cobertura morta (palhada) composta por restos vegetais mantém o solo mais úmido, diminui a lixiviação, temperatura e surgimento de plantas invasoras do solo; além disso, aumenta a matéria orgânica e modifica as propriedades físico-químicas e microbiológicas do solo (VIANA et al., 2012). Mas, a conservação da palhada em campo, mesmo contribuindo para atributos do solo pode causar problemas relacionados ao manejo da soqueira, afetando a emergência, brotação e perfilhamento da cana-de-açúcar (SOUZA et al., 2005; OLIVIER; SINGELS, 2015).

Atualmente, a maioria das variedades de cana-de-açúcar possuem características desenvolvidas para o sistema de cana queimada, de forma que, cada variedade pode apresentar comportamento diferente ao manejo com palhada (OLIVEIRA et al., 2014). Estes efeitos dependem do manejo e quantidade da palhada, ciclo da cultura e ambiente.

Diante da importância da cultura no Submédio do Vale do São Francisco, com o presente estudo, objetivou-se avaliar se a manutenção da palhada em campo influencia nas medidas lineares e volumétricas de colmos da cana-de-açúcar irrigada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um canal irrigado, contendo dois talhões experimentais de 5,0 ha cada, sendo um com a manutenção (cana crua) e outro sem a manutenção da palhada em campo (queima da palhada). Estes talhões estavam na área comercial da Empresa Agroindústrias do Vale do São Francisco S.A - AGROVALE (9° 28' 07" S; 40° 22' 43" O; 386,5 m), localizada no município de Juazeiro, Bahia.

O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo BSw^h, semiárido com chuvas de verão e irregulares, com temperatura média anual superior a 25°C. O solo da área experimental foi classificado como Vertissolo.

O período experimental compreendeu 21/08/2015 a 28/07/2016, com o canal durante o ciclo de 3ª soca. No talhão onde o solo foi recoberto 100% por resíduo vegetal da própria cultura após a colheita, o quantitativo de palhada foi de 27,2 Mg ha⁻¹, e o outro talhão cultivado com o solo descoberto, a palhada foi queimada antes da colheita.

A variedade de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) foi a VAT 90-212.

O sistema de irrigação foi por gotejamento subsuperficial colocado a 0,2 m de profundidade e a cultura plantada em fileiras duplas, espaçadas de 0,70 m x 1,30 m, estando à linha de gotejo enterrada entre as duas fileiras de plantas.

O canal foi adubado via fertirrigação, com 420 kg N ha⁻¹, 6,1 kg P₂O₅ ha⁻¹, 3,7 kg K₂O ha⁻¹ e com 2,5 kg ha⁻¹ de produto comercial à base de micronutrientes.

O tratamento fitossanitário foi realizado por meio da aplicação de 0,22 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo *Thiamethoxam*. Para controle de plantas daninhas, utilizaram-se

doses de herbicidas com 1,2 L do ingrediente ativo *Tebutiurum*, 0,51 L do ingrediente ativo *Trifluralina*, 0,17 kg do ingrediente ativo *Isoxaflutol*, 0,13 kg do ingrediente ativo *Imazapique* e 1,3 kg do ingrediente ativo *Amicarbazona*.

Registros biométricos de comprimento, largura, volume e número de internódio do colmo da cana-de-açúcar foram realizados aos 104, 147, 194, 232, 257, 278, 306 e 341 dias após o corte (DAC). O volume foi calculado com base na metodologia proposta por Silva et al. (2012). Para isso, cinco plantas por talhão foram coletadas e conduzidas ao laboratório para obtenção das medidas, mantendo sempre um padrão de plantas representativas.

Os dados foram submetidos ao teste paramétrico F de Fisher (5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 104 DAC, observa-se que houve efeito da palhada sobre a largura e comprimento do internódio da cana-de-açúcar (Figura 1A). Entretanto, nas avaliações posteriores não houve distinção entre os sistemas. Silva et al. (2012) obtiveram com a variedade RB 92-579 em sistema de cana queimada irrigada no Submédio do São Francisco, valores que variaram de 8,5 a 17,1 cm para o comprimento do internódio com média de 13,6 cm, valor esse, bem próximo ao encontrado no presente trabalho. Percebe-se ao longo do tempo, que a palhada mantida em campo não influenciou no comportamento dessas variáveis.

No presente estudo, a camada de palhada foi de 27,2 Mg ha⁻¹, dentro da faixa de valores de palhada comumente encontrados em cultivos de cana-de-açúcar, que varia de 10 a 30 Mg ha⁻¹ (AQUINO et al., 2015).

Na Figura 1B, observa-se que não houve influência da palhada sobre o volume e número de internódios ao longo do tempo sobre a variedade VAT 90-212, com exceção das avaliações aos 104 e 278 DAC para o volume do internódio.

Oliveira et al. (2016) obtiveram valores médios de número entrenós de cultivares de cana-de-açúcar (RB 96-1003; RB 94-3206; RB 72-454; RB 01-2018; VAT 90-212; RB 01-2046 e RB 92-579) sob lâmina de 80% aos 360 dias em cana planta irrigada em Petrolina, PE, com o solo sem manutenção da palha em campo, valores próximos aos encontrados no presente estudo. O número de entrenós da cana-de-açúcar pode estar intimamente relacionado com as características de cada variedade (OLIVEIRA, 2016).

No que se refere ao volume do entrenó, Silva et al. (2012) obtiveram com a variedade RB 92-579 em sistema de cana queimada irrigada no Submédio do São Francisco em sistema de queima da palha, valores que variaram na ordem de 34,6 a 95,6 cm³, com média em torno de 68,8 cm³, valor esse similar ao do presente trabalho.

Com base nos resultados, pode-se inferir que a manutenção da palhada afetou as variáveis lineares e volumétricas colmos da cana-de-açúcar apenas no início do ciclo.

Destaca-se que, o manejo com cobertura morta promove benéficos importantes aos atributos físico-hídricos, químicos, biológicos e regime térmico do solo, deposição de nutrientes e matéria orgânica, que compensam, ao longo do ciclo, a limitação física inicial promovida pela manutenção da palhada em campo. Atrelado a isso, o estoque de carbono, cogeração de energia e etanol de segunda geração e outros fatores tornam o sistema de cultivo com a palhada uma atividade atraente ao setor sucro-alcooleiro-energético (VIANA et al., 2012; ZIBRI et al., 2015).

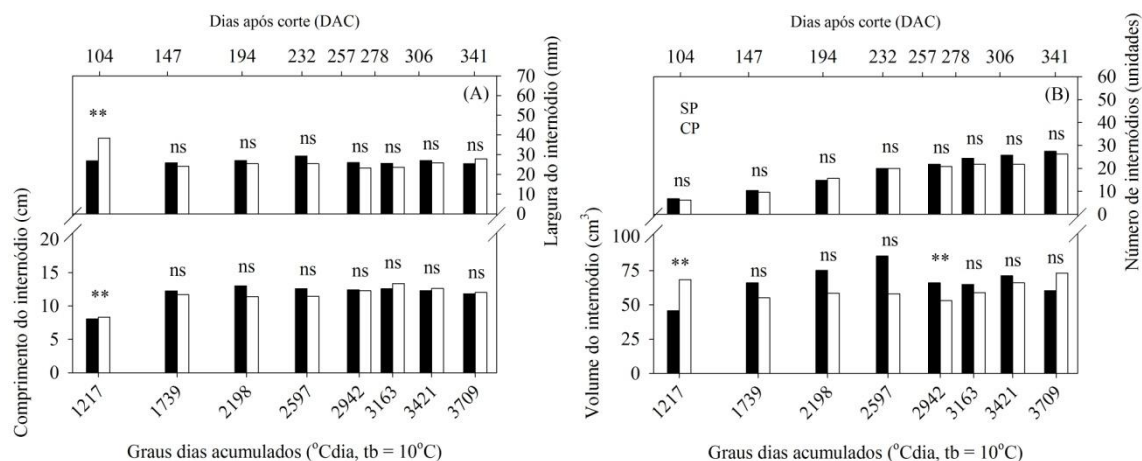


Figura 1. Comprimento e largura do internódio (A), e volume e número de internódio (B) do colmo da cana-de-açúcar sob cultivos sem e com manutenção da palha acima do solo, em Juazeiro, BA, Semiárido brasileiro. ** - indica diferença significativa, dentro da mesma data, ao nível de significância de 5% pelo teste paramétrico F de Fisher (comparação entre duas amostras). ns - diferença não significativa.

CONCLUSÕES

A palhada em campo promove influência nas medidas lineares e volumétricas dos colmos da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco apenas no início do ciclo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa. À Empresa AGROVALE, pela disponibilização da área experimental. Ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) pelo empenho e apoio na condução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AQUINO et al. Sistema radicular e produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar sob diferentes quantidades de palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1150-1159, 2015.
- OLIVEIRA, A. R. et al. Biometria de cultivares de cana-de-açúcar sob diferentes reposições hídricas no Vale do Submédio São Francisco. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 31, n. 1, p. 48-58, 2016.
- OLIVEIRA, A. R. et al. Produção de biomassa de cana-de-açúcar no Vale do São Francisco. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 29, n. 1, p.27-38, 2014.
- OLIVIER, F. C.; SINGELS, A. Increasing water use efficiency of irrigated sugarcane production in South Africa through better agronomic practices. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 176, p. 87-98, 2015.
- SILVA et al. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 500-509, 2012.
- VIANA, et al. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.

ZRIBI et al. Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 148, p. 40-45, 2015.

TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO SOLO CULTIVADO COM PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES REGIMES HIDRÍCOS

Gabriel Ítalo Novaes da Silva¹, Rayles Mayara Moreira Chagas¹, Renan Matheus Cordeiro Leite¹, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim², Thieres George Freire da Silva³

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, gabrielitalo.novaes@gmail.com, raylesmoreira@hotmail.com, renanmatheuscl@gmail.com, ²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, alexandremrfj@gmail.com, ³Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: A temperatura da superfície do solo tem efeito direto na absorção de água e de nutrientes, crescimento e desenvolvimento e, por conseguinte, na produtividade da cultura. Manejo da irrigação é importante no regime térmico do solo. Assim, objetivou-se avaliar a temperatura da superfície do solo cultivado com três clones de palma forrageira sob diferentes regimes hídricos. O experimento foi disposto em bloco ao acaso com quatro repetições e doze tratamentos, em arranjo fatorial 4x3, com parcela subdividida. As parcelas compreenderam a quatro lâminas de irrigação (25%, 50% e 75% da evapotranspiração da cultura - ETc) mais a condição de sequeiro e, as subparcelas, três clones de palma (Miúda; Orelha de Elefante Mexicana; e, IPA Sertânia). Em cada tratamento foi monitorada a temperatura da superfície do solo (TSS), por meio de um termômetro a infravermelho, durante três dias consecutivos, em intervalos de uma hora, desde as 7 h até as 17 h. Verificou-se que não houve efeito do fator clones na TSS ($p > 0,05$), mas houve efeito do regime hídrico na TSS dos horários das 16 e 17 h ($p < 0,05$), quando a TSS na lâmina de 75%.ETc exibiu menor magnitude. Conclui-se que, a temperatura da superfície do solo cultivado com palma forrageira, independe do clone, mas é governada pelas lâminas de irrigação ao longo do dia.

PALAVRAS-CHAVE: clones, irrigação, regime térmico do solo.

SURFACE TEMPERATURE OF THE SOIL CULTIVATED WITH FORAGE CACTUS UNDER DIFFERENT WATER REGIMES

ABSTRACT: Soil surface temperature has a direct effect on water and nutrient uptake, growth and development, and therefore on crop productivity. Irrigation management is important in the soil thermal regime. The objective of this study was to evaluate soil surface temperature with three forage cactus clones under different water regimes. The experiment was arranged in a randomized block with four replicates and twelve treatments, in a 4x3 factorial arrangement, with a subdivided plot. The plots comprised four irrigation depth (25%, 50% and 75% of crop evapotranspiration - ETc) plus rainfed condition, and the subplots, three forage cactus clones (IPA Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana). The soil surface temperature (TSS) was monitored by means of an infrared thermometer for three consecutive days, at one hour intervals, from 7 am to 5 pm. It was verified that there was no effect of the factor clones in the TSS ($p > 0.05$), but there was effect of the water regime in the TSS of the schedules of the 16 and 17 hours ($p < 0.05$), when the TSS in the leaf of 75 %.ETc exhibited smaller magnitude. It is concluded that the surface temperature of the cultivated with forage cactus is independent of the clone, but is governed by irrigation blades throughout the day.

KEY-WORDS: clones, irrigation, soil thermal regime.

INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro caracteriza-se pelos baixos índices de chuva, acarretando em declínio na produção agropecuária. A palma forrageira consegue se desenvolver bem nesses ambientes, por causa do seu Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC), que permitem o seu cultivo em sistema de sequeiro (PEREIRA et al., 2015).

A variável temperatura do solo é um fator de extrema importância, pois afeta o desenvolvimento da planta, sendo capaz de interferir na dinâmica do sistema radicular, comprometendo a absorção de água e de nutrientes, prejudicando o crescimento e, por conseguinte, a produtividade da cultura (GASPARIM et al., 2005).

O uso de irrigação incrementa a produtividade anual da palma forrageira (QUEIROZ et al., 2015). A utilização de práticas de irrigação auxilia na redução do aquecimento expressivo da superfície do solo, devido ao aumento do fluxo de calor latente na interface solo-atmosfera (RIBAS et al., 2015).

Diante do contexto, objetivou-se avaliar a temperatura da superfície do solo cultivado com três clones de palma forrageira sob diferentes regimes hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada, no Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Plantas Forrageiras, no município de Serra Talhada, PE (7°59' S; 38°15' O e 431 m). A área está situada em uma região de clima predominante do tipo BSw^h, conforme a classificação climática de Köppen, que enquadra como tropical seco, com precipitação pluvial média de 642,1 mm ano⁻¹, umidade relativa do ar de 62,5%, temperatura média do ar de 24,8 °C e demanda atmosférica acima de 1.800 mm ano⁻¹ (SILVA et al., 2015). O solo da área experimental foi classificado como um Cambissolo háplico Ta eutrófico típico.

A área foi implantada em janeiro de 2016, quando os clones foram plantados com espaçamento de 1,0 x 0,2 m, resultando em densidade de 50.000 plantas ha⁻¹. A área foi composta por quatro blocos, cada dividido por quatro parcelas, e estas com três subparcelas, contendo quatro fileiras de 25 plantas, totalizando 100 plantas por subparcela. As parcelas foram compostas por quatro condições de disponibilidade de água: sequeiro, e lâminas com base nas frações da evapotranspiração da cultura (25%, 50% e 75%.ETc). Por sua vez, as subparcelas foram constituídas por três clones: IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), Miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.).

As irrigações foram feitas com base no coeficiente da cultura ($k_c = 0,52$) e da evapotranspiração de referência, conforme proposto por Queiroz et al. (2016). Os eventos de irrigação foram aplicados em turnos de rega fixos, sendo na segunda, quarta e sexta-feira, com água advinda de poço artesiano, com condutividade elétrica de 1,5 dS m⁻¹, utilizando-se um sistema de irrigação por gotejamento.

A temperatura da superfície do solo foi monitorada em abril de 2017 em três réplicas de cada subparcela, por três dias consecutivos (18/04/2017 ao dia 20/04/2017), com intervalo de uma hora, no período das 7 às 17 h, utilizando-se um termômetro infravermelho MINIPA (modelo MT-350), com faixa de -30 °C a 550 °C e precisão de ± 2°C. As temperaturas sempre foram obtidas entre as fileiras de cultivo.

As variáveis meteorológicas tais como, temperatura do ar (Tar), radiação solar global (Rg) e precipitação pluvial (P) foram obtidos por meio de uma plataforma de coleta de dados automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 20 m do campo experimental.

Após a coleta dos dados, os mesmos foram tabulados em planilha eletrônica do programa Microsoft Office Excel[®], onde foram geradas médias diurnas e diárias da temperatura da superfície do solo. Em seguida, os dados foram submetidos ao teste de normalidade, homocedasticidade e análise de variância (ANOVA). As médias significativas foram analisadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do suplemento computacional XLStat[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão expressos os valores médios diurnos das variáveis Tar e Rg referentes aos três dias monitorados, assim como a P. Durante todo o experimento, a média da temperatura diurna do ar foi de $27,4 \pm 2,9$ °C, e a P acumulada foi de 142,4 mm, no mês de abril. Devido este mês ser chuvoso, a maior parte da radiação solar incidente é usada no fluxo de calor latente, logo, as temperaturas são mais amenas.

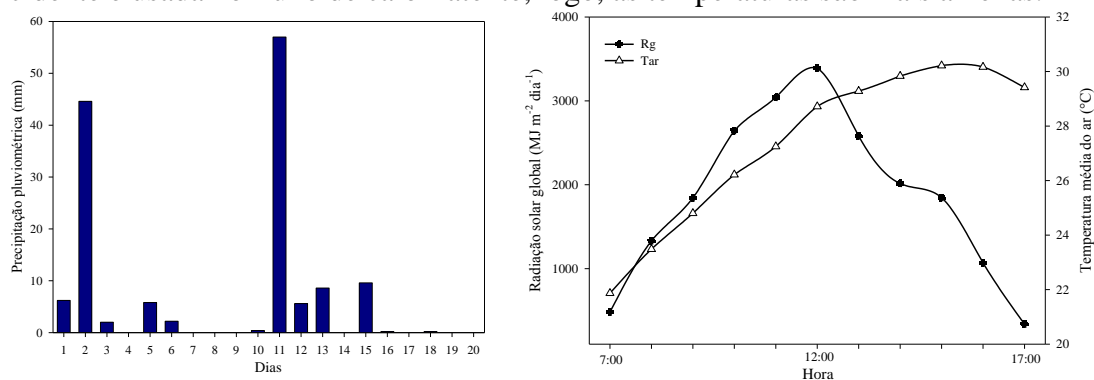


Figura 1. Precipitação pluvial do mês de abril de 2017, e radiação solar global e temperatura do ar médias dos dias 18/04 a 20/04/2017, no município de Serra Talhada, PE.

Não houve efeito do fator clones na TSS ($p > 0,05$). Por outro lado, quando se analisou a TSS sob os quatros regimes hídricos (0%, 25%, 50% e 75% da ETo) (Figura 2), observou-se que houve diferença diurna no período de 16 h e 17 h.

As diferenças ($p < 0,05$) foram notadas entre as lâminas de 25% (L25%) e de 75% (L75%), mas estas não se diferiram das lâminas de 0% (sequeiro) e 50% (50%.ETc).

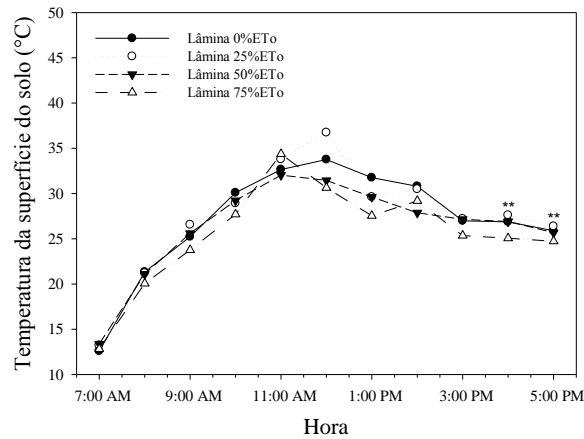


Figura 2. Temperatura diurna (média das medidas dos dias 18, 19 e 20 de abril de 2017) da superfície do solo sob quatro regimes hídricos no município de Serra Talhada, PE. ** Diferença significativa entre os tratamentos

A TSS com a L25% foi superior que a L75%. A menor quantidade de água disponível no solo favorece o aquecimento muito rápido. Ribas et al. (2015), medindo a temperatura de solos desnudos e irrigados, verificaram que aumento do fluxo de calor latente reduziu a quantidade de energia térmica no solo, diminuindo de 6 °C, em média, da sua temperatura máxima. Ainda na Figura 2, embora não tenha ocorrido diferença significativa, percebe-se que a TSS na maioria dos horários, com exceção das 11 h e 14 h, foram menores na condição de 75%.ETc.

A marcha da TSS depende da Rg (Figura 3), mas também está associada as propriedades radiativas da sua superfície e das propriedades térmicas do solo (calor específico, condutividade térmica e difusão térmica).

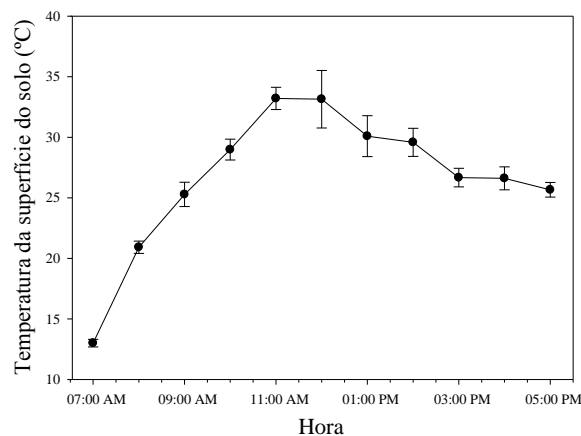


Figura 3. Marcha diurna da temperatura média da superfície do solo cultivado com palma forrageira sob diferentes sistemas hídricos no município de Serra Talhada, PE.

Para os valores diários (médias da TSS entre as 11 e 13 h) não houve diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$), sendo a média da TSS de $32,1 \pm 2,1$ °C.

CONCLUSÕES

A variação da temperatura diurna e diária da superfície do solo cultivado com palma forrageira independe do clone, mas o regime hídrico afeta a marcha diurna.

REFERÊNCIAS

GASPARIM, E. et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 107-115, 2005.

PEREIRA, P. C. et al. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184-195, 2015.

QUEIROZ, M. G. et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 19, p. 931-938, 2015.

QUEIROZ, M. G. et al. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.

RIBAS, G. G. et al. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 5, p. 817-828, 2015.

SILVA, T. G. F. et al. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 515-525, 2015.

EFICIÊNCIA DE INTERCEPTAÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA NA SOJICULTURA EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA

Luiz Gonsaga de Carvalho¹; Jodean Alves da Silva; Fabiano André Petter³; Fabrício Ribeiro Andrade⁴; Geanderson Nascimento da Silva⁵

¹ Prof. Associado, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras, MG, lgonsaga@deg.ufla.br; ² Doutorando, Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, UFLA, Lavras, MG, jodean2013@gmail.com; ³ Prof. Adjunto, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFMT, Sinop, MT, petter@ufmt.edu.br; ⁴ Prof. de Agronomia, IFMT, Juína, MT, fabricao.andrade@jna.ifmt.edu.br; ⁵ Prof. Dr. Ciência do Solo, IFPE. Petrolina, PE, gean.tecnologo@hotmail.com

RESUMO: A produção de biomassa nas plantas está relacionada à eficiência com que a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada e absorvida pelas folhas é convertida em fotoassimilados pela fotossíntese. Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência da cultura da soja em converter fitomassa em produtividade de grãos cultivada em diferentes densidades de cultivo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com os tratamentos distribuídos em arranjo fatorial (6x3), sendo seis cultivares de sojas RR (M-Soy 9056, P98Y51, TMG 132, P98Y11, TMG 133 e P98Y12) e três densidades de cultivo (20, 30 e 40 plantas m⁻²), com quatro repetições. Foram avaliados a eficiência de interceptação da RFA por índice área foliar (ϵ_{int}/IAF) e o índice de colheita de grãos (ICG) que foram influenciados significativamente em função do aumento da densidade de plantas. Antes do florescimento, à exceção do cultivar TMG 132 RR, a densidade 30 plantas m⁻², proporcionou maior (ϵ_{int}/IAF) e o máximo valor de ICG observado foi de 0,70 kg kg⁻¹ no cultivar P98Y11 RR, com maior alocação de fotoassimilados para os grãos.

PALAVRAS-CHAVE: autossombreamento, *Glycine Max* L. Merrill, índice de colheita de grãos.

EFFICIENCY OF PHOTOSYNTHETICALLY ACTIVE RADIATION INTERCEPTED BY SOYBEAN ON DIFFERENT SOWING DENSITY

ABSTRACT: The biomass production by plants is related to the efficiency with a photosynthetically active radiation (PAR) intercepted and absorbed by leaves conversion in photoassimilates by photosynthesis. This work was carried out to evaluate the efficiency of the soybean crop to convert phytomass to grain yield at different crop densities. The experimental design used was randomized blocks with treatments in a factorial arrangement (6 x 3), with six soybean cultivars RR (M-Soy 9056, P98Y51, TMG 132, P98Y11, TMG 133 and P98Y12) and three densities of cultivation (20, 30 and 40 plants m⁻²), with four replicates. Were evaluated the efficiency of interception of PAR (ϵ_{int}/LAI) by leave area index (LAI) and the grain harvest index (GHI), which were significantly influenced by the increase of plant density. Before the flowering, except for the cultivar TMG 132 RR, the density of 30 plants m⁻², provided higher (ϵ_{int}/LAI) and the maximum value of GHI observed of 0.70 kg kg⁻¹ in cultivar P98Y11 RR, with greater allocation of photoassimilates to the grains.

KEYWORDS: auto-shading, *Glycine max* L. Merrill, grain harvest index.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja responde à quantidade de luz incidente conforme o arranjo das plantas, devido as folhas naturalmente se autossombream, afetando de maneira negativa em densidades elevadas, principalmente, após o florescimento.

A distribuição da área foliar no perfil do dossel tem grande importância para a eficiência no uso da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), uma vez que a expansão da área foliar implica na interceptação da luz para a fotossíntese. Essa distribuição pode ser conseguida com um melhor arranjo das plantas, aumentando a eficiência fotossintética das folhas inferiores (REZENDE et al., 2004) no período vegetativo a partir da emissão do quinto trifólio, momento no qual a intensidade de acúmulo de fitomassa seca é alta. A densidade de semeadura das culturas é importante para otimizar o tempo necessário para o fechamento do dossel e alcançar o máximo de biomassa (LIU et al., 2013).

São escassos os trabalhos envolvendo a avaliação da eficiência no uso da RFA na cultura da soja em diferentes densidades, sendo evidenciado em outras culturas. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho avaliar a eficiência da cultura da soja em converter fitomassa em produtividade de grãos cultivada em diferentes densidades de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo, no ano agrícola 2012/2013, na Fazenda União localizada no município de Currais, PI, cujas coordenadas são 09°38'12" de latitude sul e 44°40'11" de longitude oeste e altitude média de 550 m.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico – LAd, textura franco arenosa (argila: 160; silte: 50 e areia: 790 g kg⁻¹), Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do solo Latossolo Amarelo distrófico (0-0,20 m) antes da instalação do experimento na região do Cerrado piauiense

pH	Ca	Mg	Al	¹ H+Al	² SB	³ CTC	P	K	⁴ M.O.	⁵ V
CaCl ₂	----- cmol _c dm ⁻³ -----			-----			---mg dm ⁻³ ----	--g kg ⁻¹ --%		
4,6	2,10	1,00	0,20	3,30	3,50	6,39	53,0	74,00	15,00	51,49

¹H + Al: acidez potencial; ²SB: soma de bases; ³CTC: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; ⁴M.O: matéria orgânica; ⁵V: saturação por bases.

O clima da região é do tipo Aw segundo a classificação climática de Köppen, (ALVARES et al., 2014). Na figura 1 são visualizadas, por subperíodos em dias após a emergência (DAE), a temperatura e radiação solar média (19,6 MJ m⁻²dia⁻¹ para todo o período) e a precipitação pluvial acumulada (400 mm para todo o período) durante o experimento.

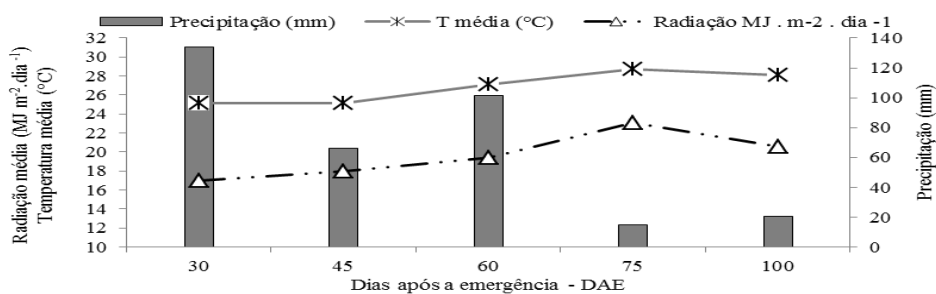


Figura 1. Temperatura, radiação solar média e precipitação pluvial acumulada por subperíodos em dias após a emergência (DAE), em Currais, PI, durante a condução do experimento no ano agrícola 2012/2013.

O delineamento experimental utilizado foi o DBC, em esquema fatorial 6x3, sendo seis cultivares de soja RR (M – Soy 9056, P98Y51, TMG 132, P98Y11, TMG 133 e P98Y12) e três densidades de cultivo (20, 30 e 40 plantas m⁻²), com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por 5 m de largura (dez linhas da cultura) e 5 m de comprimento. Para a área útil foi descartado 2 m de cada lado da parcela e 1 m nas extremidades, totalizando 3,0 m² de área útil (duas linhas centrais com 3 m).

A semeadura dos cultivares foi realizada em dezembro de 2012 de tal forma a manter as respectivas densidades populacionais dos três tratamentos, 20, 30 e 40 plantas m⁻². O espaçamento nas entre linhas foi de 0,5 m. Aos 30, 45, 60, 75 DAE foi determinado a RFA acima, ao meio e abaixo (ao nível do solo) do dossel, índice de área foliar (IAF) e índice de colheita de grãos (ICG). A RFA foi medida com o uso do “ceptômetro” AccuPAR PAR/LAI Ceptometer model LP-80 (DECAGON Devices) em três pontos por parcela entre 11 e 13 horas sob céu claro. Optou-se por medições nesse horário visando à redução da interferência do ângulo zenital. O aparelho foi colocado perpendicularmente à linha de plantio formando um ângulo de 45° em relação ao zênite.

A radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFA_{int}) pela cultura foi calculada da seguinte maneira (VARLET-GRANCHER et al., 1989): $RFA_{int} = RFA_{inc} - RFA_{ts}$, em que RFA_{inc} é a radiação fotossinteticamente ativa incidente e RFA_{ts} é a transmitida ao solo. A eficiência de interceptação (ϵ_{int}) da RFA pela cultura foi estimada considerando-se a RFA_{int} e a RFA_{inc} pela expressão: $\epsilon_{int} = RFA_{int} / RFA_{inc}$. Para a obtenção da área foliar, as folhas foram divididas em dois grupos: parte superior e inferior do dossel. Cada grupo foi rastreado separadamente pelo medidor de área foliar eletrônico modelo Li-Cor, LI-3100[®]. A razão ϵ_{int} / IAF , é a eficiência de interceptação da RFA por IAF em cada densidade populacional. O ICG, em kg kg⁻¹, foi calculado como: $ICG = MS_{grãos} / MS_{total}$, onde $MS_{grãos}$ é a massa seca da fração econômica produzida (grãos) em kg kg⁻¹ e a MS_{total} é a massa seca total.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ICG, independente do cultivar avaliado e a eficiência de interceptação da RFA por $IAF\epsilon_{int} / IAF$, antes e depois do florescimento, foi significativamente influenciada pelas densidades de plantio (Figura 2A-F). À exceção da figura 2E para a densidade de 20 plantas, a ϵ_{int} / IAF foi sempre maior antes do florescimento. Os menores valores foram verificados na densidade de 40 plantas m⁻² em todos os cultivares. Esses resultados assemelham aos obtidos por Silva et al. (2013) que verificaram nas maiores densidades de plantas por área de solo plantado que a interceptação da RFA pode chegar a 95%. Esse comportamento antes do florescimento é explicado pela ausência de autossombreamento no início do desenvolvimento da cultura em função da baixa sobreposição das folhas, aumentando, assim, o fluxo e eficiência de interceptação por unidade foliar. Contudo, à medida que há o desenvolvimento, há também o

autossombreamento, que acaba por compensar a diferença de área foliar total em função das densidades, diminuindo, assim, o fluxo e eficiência de interceptação por unidade foliar, principalmente nas maiores densidades. Assim, as maiores ϵ_{int}/IAF foram verificadas na densidade 30 plantas m^{-2} , mesmo com maiores interceptações de RFA verificadas na densidade de 40 plantas m^{-2} . Todavia, essa diferença foi significativa apenas antes do florescimento, uma vez que depois do florescimento, a exceção da densidade de 20 plantas m^{-2} , para o cultivar TMG 133 RR, figura 2C, as demais densidades proporcionaram ϵ_{int}/IAF variando de 9 a 25%, o que representa uma interceptação acima de 85% sem relacionar com IAF.

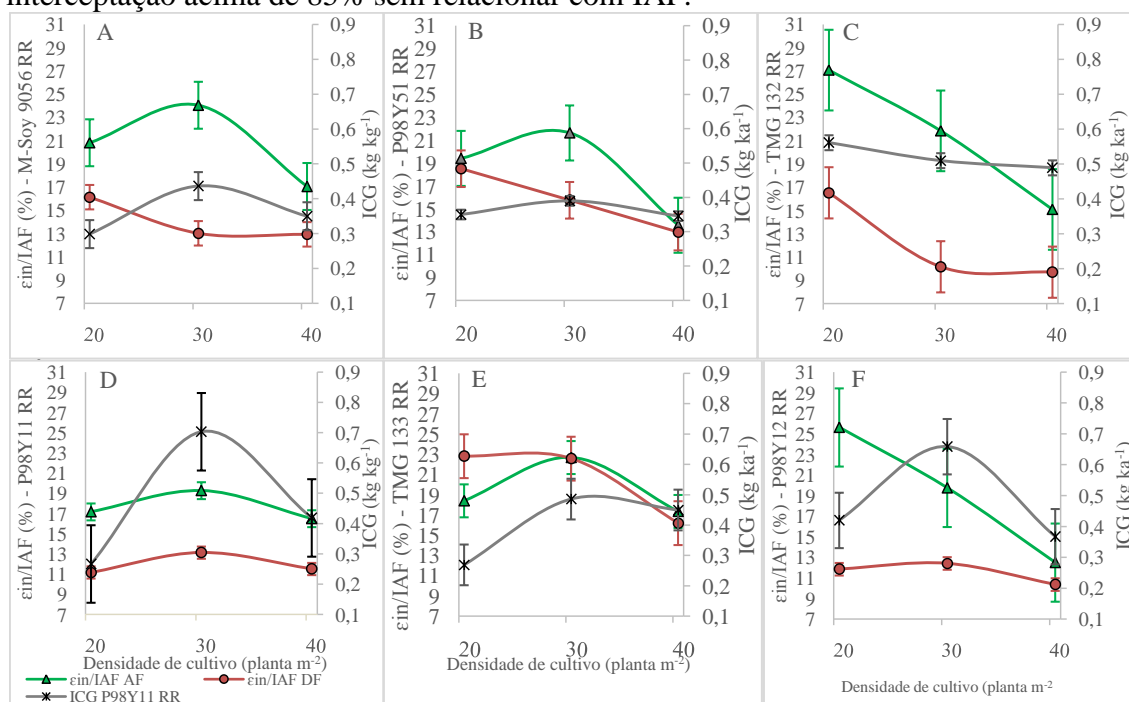


Figura 2. Eficiência de interceptação da RFA por IAF antes e depois do florescimento e índice de colheita de grãos (A, B, C, D, E e F) em três densidades de cultivo (plantas m^{-2}) com respectivo erro padrão, nos diferentes cultivares RR, em Currais (PI), safra 2012/2013. AF – antes do florescimento, DF – depois do florescimento.

O ICG foi significativamente influenciado nas densidades de plantio, independente do cultivar de soja (Figura 2). Os máximos valores de ICG observados foram de 0,65 e 0,70 $kg\ kg^{-1}$ nos cultivares P98Y11 RR e P98Y12 RR, figuras 2D e 2F, respectivamente na densidade de 30 plantas m^{-2} .

Esses resultados se assemelham aos de Petter et al. (2016) que verificaram diminuição no ICG na maior densidade avaliada e, que conferiram menor alocação de fotoassimilados para os grãos, fazendo com que a cultura acumulasse o máximo de biomassa total na planta e, que uma proporção mínima dessa biomassa foi desviada para os grãos.

CONCLUSÕES

As maiores eficiências de interceptação da RFA por IAF foi verificada antes do florescimento, devido ao menor autossombreamento. Antes do florescimento, à exceção do cultivar TMG 132 RR, a densidade de 30 plantas m^{-2} foi mais eficiente na interceptação da RFA em função do IAF, onde se acumulou biomassa total na planta. Na densidade de 40 plantas m^{-2} , os cultivares de soja foram menos eficientes na conversão de fitomassa em produtividade de grãos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e Fapemig pelos apoios financeiros concedidos.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p. 711-728, 2014.

LIU, S.; HAMMOND, S. K.; ROJAS-CHEATHAM, A. Concentrations and potential health risks of metals in lip product. **Environmental Health Perspectives**, v. 21, n. 6, 2013.

PETTER, F. A., SILVA, J. A. ZUFFO, A. M. ANDRADE, F. R. PACHECO, L. P. ALMEIDA, F. A. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 2, p.173-183, 2016.

REZENDE, P. M.; GRIS, C. F.; GOMES, L. L.; TOURINO, M. C. C.; BOTREL, É. P. Efeito da semeadura a lanço e da população de plantas no rendimento de grãos e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 499-504, 2004.

SILVA, W. B.; PETTER, F. A.; LIMA, L. B.; ANDRADE, F. R. Desenvolvimento inicial de *Urochloaruziziensis* e desempenho agrônômico da soja em diferentes arranjos espaciais no Cerrado Mato-Grossense. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.2, p. 146-153, 2013.

VARLET-GRANCHER, C., GOSSE, G., CHARTIER, M., SINOQUET, H., BONHOMME, R. E ALLIRAND, J. M.. Mise au point: rayonnementsolaireabsorbé ou intercepté par un couvertvégétal. **Agronomie**, 9, 419- 439, 1989.

CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE CULTIVO DAS CULTURAS AGRÍCOLAS E RELAÇÃO HIDROFENOLOGICA EM TRÊS PROVÍNCIAS DE ANGOLA

Manuel Agostinho Victor António¹, Jaime Fernando António², Anacleto Marito Diogo³, Nelson Pedro António Mateus⁴, Eliseu Oliveira Afonso⁵

Graduando em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas,
¹manuel.antonio@icat.ufal.br; ²jaimefernandoantonio@gmail.com; ³anacletomarito@gmail.com; ⁴mateus12es@gmail.com; ⁵eliseuafonso2011@hotmail.com

RESUMO: Angola está localizada na região subsaariana da África, é um país com grandes diversidades culturais, rico em recursos naturais, tem como fonte principal de sua economia a indústria, turismo, pesca e agropecuária. Nos últimos anos tem se verificado um amplo investimento na agricultura, que tem sido importante para a diversificação econômica. As culturas agrícolas, são inteiramente dependentes da disponibilidade de água, temperatura, umidade relativa do ar e do solo. Verificando-se assim, grande dependência das condições de tempo e clima sobre as culturas. Com isso, o presente trabalho teve o objetivo de determinar o início e final da estação de cultivo de Cabinda, Malanje e Moxico (Luena), Angola, relacionando com as condições hídricas para as culturas agrícolas de milho, feijão, tomate, cana-de-açúcar, arroz, mandioca e manga. Dispondo-se dos dados de temperatura máxima, média e mínima, foram calculados a Evapotranspiração (ETP) e pela união das curvas de ETP e de precipitação, foram obtidas as datas de início e final da estação de cultivo. As três regiões apresentam suprimentos de água favoráveis para as culturas como: milho, feijão, tomate, cana-de-açúcar, arroz, mandioca e manga. Não apresentando suprimentos para cultura da banana com necessidade hídrica acima de 1800 mm, sendo, portanto importante suprir essa necessidade com irrigação em alguns estágios fenológico da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: África Subsaariana, variabilidades, fenologia.

CHARACTERIZATION OF THE AGRICULTURAL CROP CULTIVATION SEASON AND HYDROFENOLOGICAL RELATIONSHIP IN THREE PROVINCES OF ANGOLA

ABSTRACT: Angola is located in sub-Saharan Africa, is a country with great cultural diversities, rich in natural resources, it has as main source of its economy the industry, tourism, fishing and agriculture. In recent years it has been verified a large investment in agriculture, which has been important for the diversification of agriculture. Agricultural crops are entirely dependent on the availability of water, temperature, relative humidity of the air and soil. Thus, a great dependence on weather and climate conditions on crops is verified. The aim of this study was to determine the beginning and end of the crop season of Cabinda, Malanje and Moxico (Luena), Angola, relating with the water conditions for the agricultural crops of maize, beans, tomatoes, sugar cane, rice, manioc and mango. With the maximum, average and minimum temperature data, was calculated the Evapotranspiration (ETP) and by the union of the ETP and precipitation curves, the start and end dates of the growing season were obtained. These three regions present favorable water supplies for crops such as maize, beans, tomatoes,

sugarcane, rice, manioc, mango among other crops. Not featuring water supplies favorable for banana crops with water requirements above 1800 mm, being so important to supply this need with irrigation in some phenological stages of the crop.

KEY-WORDS: Sub-Saharan Africa, variabilities, Phenology.

INTRODUÇÃO

Angola está localizada na região subsaariana da África entre as latitudes (4°05'S a 18°S) e (11°55'E a 24°02'E) de longitude. Limitada a norte e nordeste pela República Democrática do Congo, a leste pela Zâmbia, Sul pela Namíbia e a oeste pelo Oceano Atlântico. Incluindo o enclave de Cabinda, através do qual faz fronteira com a República do Congo a norte. Possui uma extensão territorial de 1.246.700 km², com mais de 25,02 milhões de habitantes. Rica em diversidades culturais, e uma população majoritariamente dedicada ao trabalho do campo (agricultura). Um país rico em recursos naturais, tem como fonte principal de sua economia a indústria, turismo, pesca e agropecuária. Nos últimos anos tem se verificado um amplo investimento na agricultura, que tem sido importante para a diversificação econômica.

As culturas agrícolas têm muita dependência das condições ambientais, com destaque para as variáveis meteorológicas (precipitação, radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa) e solo, que estabelecem a disponibilidade de energia e água para a produção vegetal (Doorembos & Kassan, 1979). O desenvolvimento das plantas cultivadas indica fases fenológicas distintas para cada espécie e por conseguinte necessidade hídrica variável (Souza e Di Pace, 1991; FAO, 2011).

A cultura do milho possui um ciclo médio compreendido entre 90 a 120 dias e necessidade hídrica entre 500 a 800 mm (Allen et al., 1998; Doorembos e Kassan, 1979). Uma cultura bastante cultivada e fonte de grande parte dos alimentos consumido em todo território nacional (Angola).

A mandioca (*Manihot sculenta Granz*), com ciclo de 365 dias tem necessidade hídrica em torno de 1200 mm, indicando assim, que a disponibilidade hídrica regional teria que suprir a necessidade de água das culturas (Camargo, 1987; Bello, 1986). Assim, objetivou-se determinar o início e final da estação de cultivo, de Cabinda, Malanje e Moxico (Luena), Angola, relacionando com as condições hídricas para as culturas agrícolas de milho, feijão, tomate, cana-de-açúcar, arroz, mandioca e manga.

MATERIAL E MÉTODOS

Os locais de estudo são as províncias de Cabinda (4° 10'S a 5°34'S, e 12°05'E a 13°E), Malanje (07°30'S a 11°45'S, e 15°15'E a 18°50'E) e Luena na província do Moxico (10°37'S a 16°04'S, e 18°E a 24°E) visto na Figura 1, localizadas nas regiões Norte, Central e Leste do país.

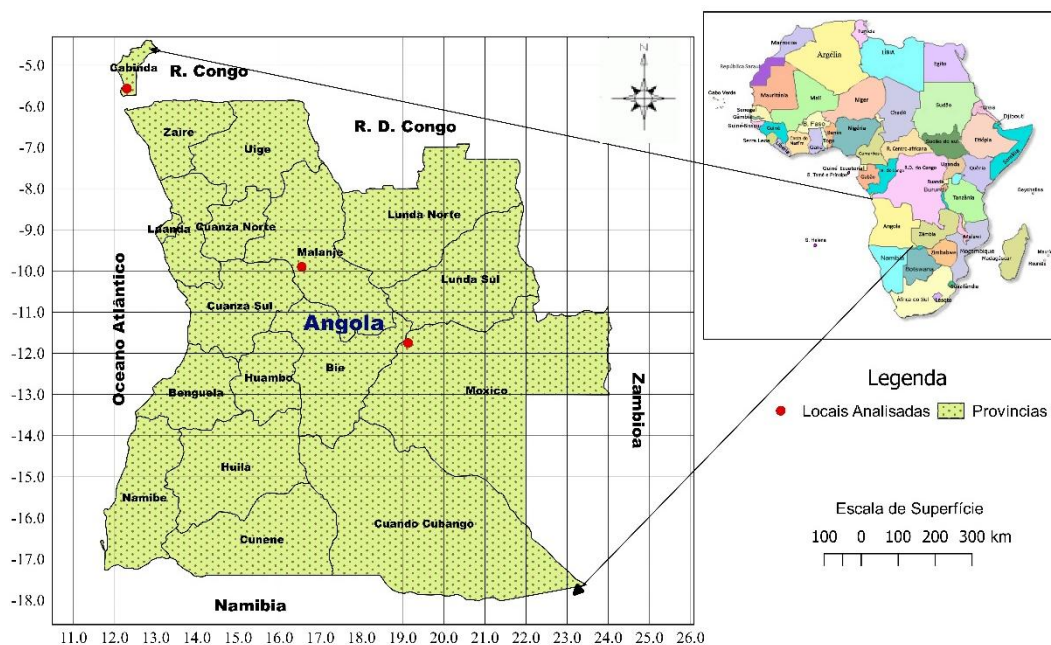


Figura 1. – Localização geográfica das regiões analisadas.

Neste trabalho foram utilizados dados mensais observacionais de temperatura (máxima, mínima e média) e precipitação, proveniente das estações convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INAMET) de Angola, no período de 1961-2016 para as cidades de Cabinda e Malanje, e de 1961-2015 para Luena. De posse dos dados fez-se o preenchimento de falhas usando os dados médio mensal referentes aos anos já existentes.

Após estes procedimentos, foram geradas as curvas das médias mensais anual das respectivas variável (Normal Climatológica), para analisar as características de temperatura e precipitação nessas regiões (Cabinda, Malanje e Luena), para relacionar com as exigências hídricas das culturas agrícolas como: milho, feijão, tomate, cana-de-açúcar, arroz, mandioca e manga. Diante disso, o passo seguinte foi de escolha do método de estimativas da evapotranspiração potencial (ETP), para serem geradas as curvas de ETP e relacionada com as de precipitação, e assim caracterizar a estação de cultivo das culturas agrícolas como proposto por Frére & Popov (1979), citado por Souza et al 1991.

Tabela 1. Radiação solar global extraterrestre (Qo, expressa em mm de evaporação equivalente por dia), no 15° dia do mês correspondente, para as localidades em análises.

Atributos		Qo mensal											
Cidades	Latitude	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Cabinda	-5,55	15,3	15,4	15,1	14,1	13,0	12,6	12,5	13,5	14,6	15,1	15,2	15,1
Malanje	-9,84	15,9	15,7	15,0	13,8	12,4	11,6	11,9	13,0	14,4	15,3	15,7	15,7
Luena	-11,75	16,1	15,8	14,9	13,5	12,0	11,2	11,5	12,7	14,2	15,3	15,8	16,0

Fonte: Adaptado de Sentelhas e Pereira, (1999).

Evapotranspiração Potencial (ETP)

A ETP foi calculada pelo método de Hargreaves & Samani, método escolhido pelos dados disponíveis e por relacionar as temperaturas máximas, médias e mínimas da região e o fluxo de radiação no topo da atmosfera (irradiância solar global extraterrestre) dada por:

$$ETP = 0,0023 Q_o (T_{max} - T_{min})^{0,5} (T_{med} + 17,8)$$

em que: Qo é a irradiância solar extraterrestre, expressa em mm de evaporação equivalente (Tabela 1), Tmax é a temperatura máxima do ar (°C), Tmin temperatura mínima do ar (°C) e Tmed a temperatura média do ar (°C) do período considerado.

Os gráficos das Figuras 2,3 e 4, foram feitos a partir do software R statistics 3.3. 2 disponível em (<https://www.r-project.org/>). E a partir dos gráficos referente a caracterização da estação de cultivo (Figuras 4a, 4b, e 4c), foi possível dividir os meses em decêndios, assim, durante o ano temos 36 decêndios, em que decêndio 1 (primeiro decêndio do ano), vai de 01/01 a 10/01, 11/01 a 20/01 para o segundo (decêndio 2) e 21/01 a 31/01 para o terceiro (decêndio 3), e o decêndio de número 36 como sendo de 21/12 a 31/12. Permitindo assim saber o decêndio mais adequado para o início e final do cultivo, bem como o ciclo total da estação em dias.

Avaliação da Estação de Cultivo

A estação de cultivo corresponde a um período onde a água no solo proveniente principalmente da precipitação pluvial está livremente disponível para as culturas agrícolas (Frère e Popov, 1979; Souza, 1989).

Por esse método, o início da estação de cultivo é marcado pela intercessão das curvas P (precipitação) e a metade de ETP (0,5*ETP) representados pelos pontos (a) na **Figura 4**. É de ressaltar ainda que na estimativa do final da estação de cultivo fez-se necessário a escolha do valor da CAD (capacidade máxima de armazenamento do solo) para determinar o dia, ou melhor, o decêndio do mês em que o suprimento de água no solo caia abaixo do zero após um período-úmido e pós-úmido. E por orientação adotou-se a CAD como sendo 100 mm para as três regiões. Em todo caso, é necessário ressaltar que não é o valor real dessas regiões.

O termo período úmido, foi usado neste trabalho para caracterizar o período em que o solo encontra-se com água suficiente para ser usada pelas culturas, e, é dado pela soma dos meses completamente úmido. Sendo no final traduzidos em dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Figura 2.**, mostra variação de temperatura para de Cabinda, Malanje e Luena. Observa-se que Cabinda, localizada na região litoranea do pais apresenta temperaturas mais elevadas durante o ano todo em relação as demais cidades analisadas, com temperatura que variam de 22,5°C em julho a 27,4°C em março. Enquanto que as cidade de Malanje/Luena, apresentaram temperaturas que variaram (de 20°C em julho a 22,6°C)/(de 18,5°C em junho a 23°C entre os meses de Setembro e Outubro) respectivamente, isso devido a fatores como latitude e altitude. Região localizada mais proximo do equador (como é o caso de Cabinda) tendo temperaturas mais altas em relação as regiões localizadas nas latitudes atltas (como Malanje e Luena) ao longo do ano. Outro fator importante para essa grande diferença entre a cidade de cabinda e as outras é a topografia, pois ela (Cabinda) localiza-se a uma altitude relativamente mais baixa (1 a 24 m) em relação as cidades de Malanje (500 a 1500 m) e Luena (457 a 1343 m).

A grande sazonalidade das características termicas ao longo do ano é refletido devido a posição relativa do Sol ao longo do ano, observando-se temperaturas relativamente altas durante o verão astronômico e mais baixa no inverno do Hemisfério Sul (HS).

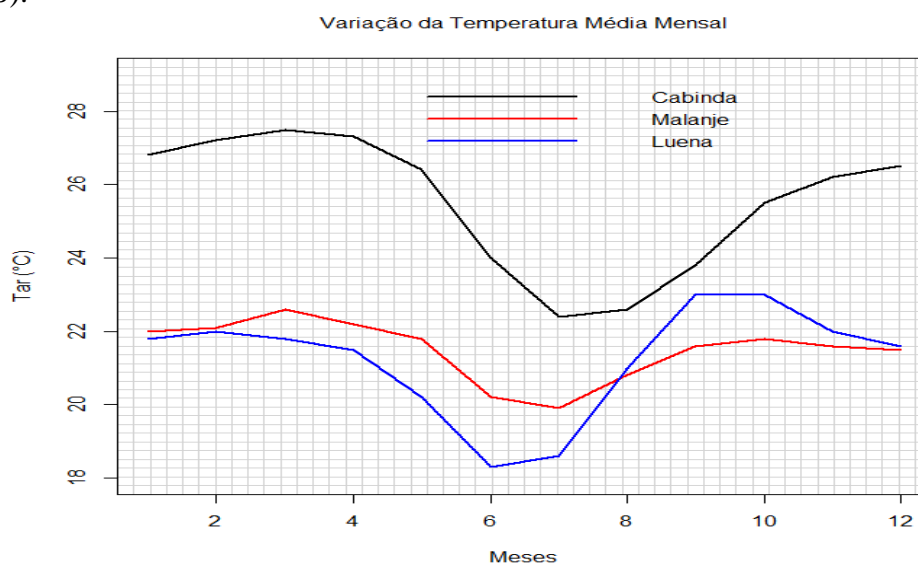


Figura 2. – Variação da temperatura média mensal ao longo do ano nas cidades de Cabinda, Malanje e Luena do período analisado (1961-2016, 1961-2016 e 1961-2015) respectivamente.

Durante o inverno (Junho, Julho e Agosto), observou-se o periodo das precipitações mais baixa (< 25 mm), em todas as regiões (Figura 3). Ngolo (2014), destacou sobre os principais fenômenos que influenciam na ocorrência de chuva em angola ressaltando os ventos de alisios a brisa maritima e a passagem da Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que desloca-se mais para o Hemisfério Norte (HN) na estação de Inverno do HS e mais ao HS durante o verão do mesmo. Sendo assim responsáveis pelas grande quantidade de chuva ocorridas durante o verão quando a

ZCIT encontra-se sobre o território angolano, mais precisamente sobre a cidade de Cabinda. O pico mais alto da precipitação observa-se na cidade do Luena em Dezembro (220 mm). Também vale ressaltar que um dos principais fatores responsável pelas chuvas nas três cidade é a topografia e em cabinda a floresta de maiombe, que é banhada por diversos rios (shiloango, Rio Lukula e Lubuzi) e o Oceano Atlântico, que desempenham papel fundamental na convecção do ar nessa região durante os meses de verão.

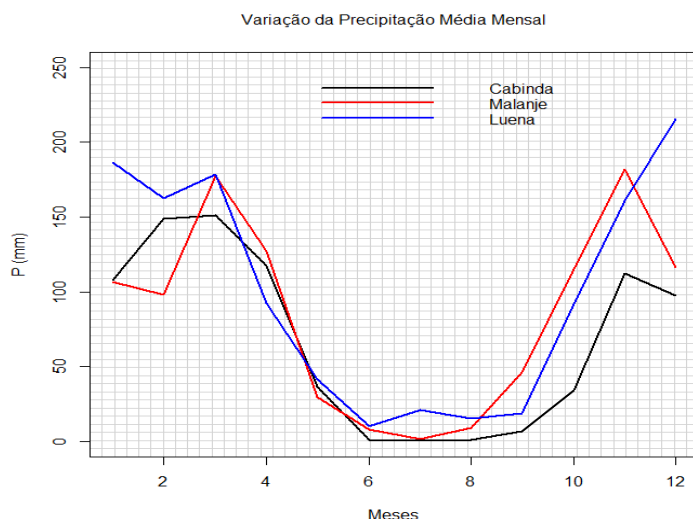


Figura 3. – Variação da precipitação média mensal ao longo do ano nas cidades de Cabinda, Malanje e Luena do período analisado.

A **Figura (4a, 4b, e 4c)**, obtida pelos valores da precipitação e evapotranspiração, foi usado para caracterizar a estação de cultivo dos locais analisados. Onde observa-se para a região de Cabinda (**Figura (4a)**), um início da estação de cultivo (ponto (a)) após o primeiro decêndio de Outubro (10/10 a 20/10), e final marcado (ponto (e)) para o primeiro decêndio do mês de maio. Apresentando um curto período úmido compreendido entre o início de janeiro (durante a 1^o quinzena do mês) ao final de março (ponto b e c). E um período pós-úmido que vai de 20 de abril a 10 de maio.

Para a cidade de Malanje (**Figura (4b)**), inicia-se entre 10 a 20 de setembro (ponto a), isto é, durante o segundo decêndio do mês, e final de 20 de abril a início de maio, último decêndio do mês em questão (ponto (e)). Com dois períodos úmido, compreendido entre o início de outubro (5 a 15/10) ao final de novembro (20 a 30/11) e entre (10 a 20/02) segundo decêndio de fevereiro ao final de março (21 a 31/03), marcados pelos pontos (b, c, b1 e c1) respectivamente. E período pós-úmido compreendido entre 15 de abril a 5 de maio.

Na cidade do Luena (**Figura 4c**), observa-se que a estação de cultivo das culturas agrícolas está compreendida entre o terceiro decêndio de setembro (de 21 a 30/09) ao final de 20 de abril ao início de maio (ponto (a) e (e)). Período úmido indo (de 21 a 31/10) terceiro decêndio de outubro ao segundo decêndio de março (de 10 a 20/03). E período pós-úmido 20 de abril a 05 de maio.

Resultados esses verificados devido à grande variabilidade da precipitação ao longo do ano nas respectivas regiões e das variações de temperatura. Cabinda pela existência de grandes corpos d'água (Oceano e rios) e grandes áreas de florestas, que são grandes condicionador (térmicos) de energia, faz com que apesar de apresentar temperatura mais elevadas, não se verifica percas de água para atmosfera por ETP tão elevada em relação as outras duas cidades. Em compensação as altas ETP que se verificam em Malanje e Luena, há maior quantidade de água disponibilizadas pela precipitação durante a estação de cultivo das culturas.

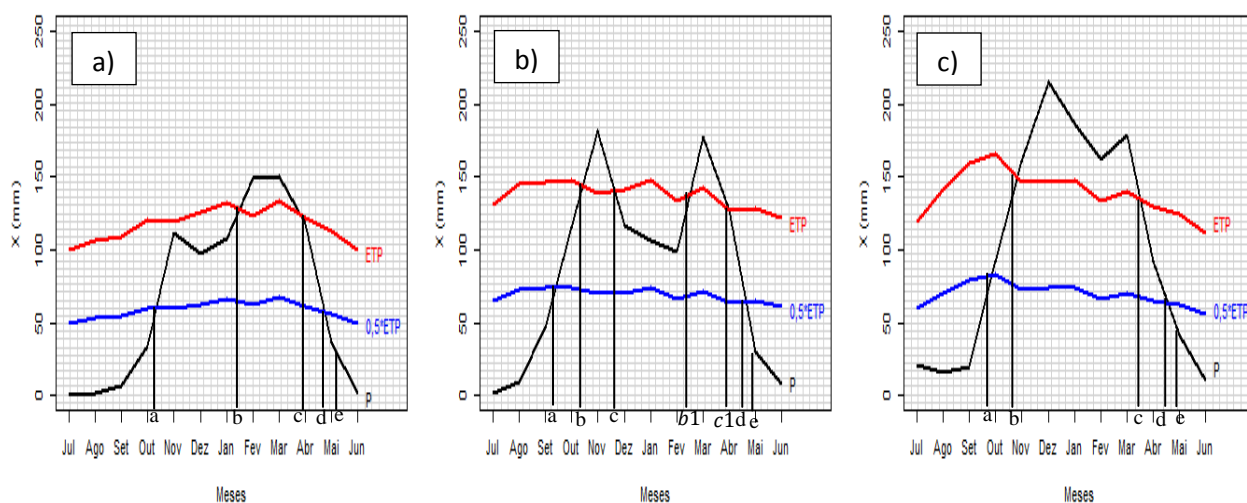


Figura 4. – Caraterização da estação de cultivo das culturas agrícolas nas cidades de Cabinda (figura a esquerda (a)), Malanje (figura no centro (b)) e Luena durante o período analisado (figura a direita (c)).

Doorenbos e Kassan (1979), determinaram para a cultura do milho (*Zea mays L.*), uma necessidade hídrica variando entre 500 a 800 mm e de 500 a 950 mm para o arroz (*Oryza sativa*). O período entre 10/12 e 10/01 é mais favorável para o início do cultivo em Cabinda, pois o suprimento hídrico se apresenta como ideal para a cultura, em suas fases fenológicas mais exigentes (da pré-floração ao enchimento dos grãos). Para a cidade de Malanje, mostra-se como o período apropriado entre 01/10 e 10/11, e entre 20/10 e 20/11 para a cidade do Luena (**Figuras 4a, 4b e 4c**).

As culturas como o feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) e batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) com necessidade hídrica que varia de 300 a 500 mm e 400 a 675 mm, respectivamente (Doorenbos e Kassan, 1979; Doorenbos e Pruitt, 1977), requer muito cuidado na escolha da data para o início do cultivo, pois a disponibilidade de água é muito acima de suas necessidades hídricas principalmente no Luena, para cultivares fases do período entre novembro e março. Podendo ocasionar risco nas colheitas das safras por abundância de águas proveniente das chuvas (Souza e Di Pace, 1991). Já a mandioca (*Manihot sculenta Granz*), pode ser livremente cultivada apesar da sua elevada necessidade hídrica (compreendida entre 1000 a 1500 mm), desde que se escolha adequadamente a data do início do preparo das terras e plantio, principalmente nas regiões de Cabinda e Malanje. Podendo ser uma data compreendida entre 10/10 a 20/11 em Cabinda e 20/09 a 31/10 em Malanje.

Quanto a cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), apesar de ser uma cultura com necessidade de água elevada (1500 mm), conforme Doorenbos & Kassan em 1979, é

uma cultura a ser levada em conta pois é bastante cultivada no país (Angola). Isso porque grande parte da água necessitada pela cultura é suprida durante as suas principais fases fenológicas (desde a brotação secundária acima do solo a pré-maturação, isto é, próximo a maturação máxima, e com duração de cerca de 260 dias), Souza e Di Pace, 1991. Uma vez que o regime das chuvas nas regiões é bem definido, concentrando-se durante os meses de outubro a finais de abril, e um inverno (inverno astronômico totalmente seco) (**Figura 3**), o período compreendido entre 20/10 a 31/03, seria o período apropriado para o desenvolvimento vegetativo da cultura na região do Luena, uma vez que apresenta um período com maior disponibilidade de água (no solo) livremente disponível para serem usadas pelas plantas (960 mm). Na estação de cultivo, o período pré-úmido (20/09 a 20/10) seria o mais recomendado para o preparo do solo e começo do plantio, enquanto o período pós-úmido (01/04 a 10/05) é ideal para a maturação e colheita das culturas (ver **Figura 4c** e **Tabela 4**). Já nas demais regiões (Cabinda e Malanje), é aconselhável o suprimento de água por irrigação.

As culturas como o tomate (*Solanum lycopersicum*) com necessidade hídrica entre 400 mm (em climas seco) e 600 mm (clima úmido) (Doorenbos & Kassan). O período mais apropriado para o início do cultivo em Cabinda, está compreendido entre 20/11 a 20/12, permitindo que a fase vegetativa (que apresenta grande exigência de água) coincida com o período úmido da região (10/01 a 31/03). Nas demais regiões, além da disponibilidade de água favorável ao seu desenvolvimento, apresentam um longo período de estação de cultivo, que favorecem a cultura. Podendo assim ser iniciada entre os 10/10 a 20/11 em Malanje e 30/09 a 31/10 no Luena.

Azevedo et, al. (2000), constatou que o consumo hídrico da manga (*Mangifera indica*) durante o ciclo produtivo do pomar, foi de 612,4 a 642,9 mm, o que no remete a certos cuidados ao ser cultivado em cabinda, que apresenta precipitação média anual em torno de 800 mm, podendo ocasionar riscos por falta de água em determinada fase fenológica da cultura. Quanto as demais regiões há disponibilidade de água suficiente para o seu desenvolvimento durante a estação de cultivo. Sendo assim as datas para o início adequado do plantio para o desenvolvimento dela compreendido entre 20/09 a 20/10 para Malanje e Luena e 20/10 a 10/11 em Cabinda.

As três localidades não apresentaram características favoráveis ao desenvolvimento da banana. Segundo IAC (2000), para um cultivo sustentável dessa cultura o total das chuvas anual na região deve ser superior a 1800 mm. Um aspecto constatado frequentemente em Luanda, é que grande parte dos agricultores, o fazem irrigando, que tem possibilitado uma grande demanda de produção dessa cultura no país.

As características da estação de cultivo para culturas agrícolas para as três regiões podem ser verificadas nas Tabelas 2,3 e 4.

Tabela 2. – Características da estação de cultivo das culturas agrícolas para Cabinda no período de 1961 a 2016.

Parâmetros	Estação de Cultivo	Estação Chuvosa	Período Pré-Úmido	Período Úmido	Período Pós-Úmido

Data de Início	10 a 20/10	10 a 20/10	10 a 20/10	10 a 20/01	20/04
Data Final	Até 10/05	Até 30/04	10 a 20/01	31/03	10/05
Duração do Período	210 dias	190 dias	110 dias	80 dias	20 dias
Precipitação Total do Período	806 mm	770 mm	350 mm	400 mm	40 mm

Tabela 3. – Características da estação de cultivo das culturas agrícolas para Malanje no período de 1961 a 2016.

Parâmetros	Estação de Cultivo	Estação Chuvosa	Período Pré-Úmido	Período Úmido	Período Pós-Úmido
Data de Início	10 a 20/09	10 a 20/10	10/09	5 a 15/10 e 10 a 20/02	01/04
Data Final	Até 30/04	Até 20/04	5 a 15/10	20 a 30/11 e 21 a 31/03	20/04
Duração do Período	220 dias	200 dias	25 a 35 dias	30 e 40 dias	20 dias
Precipitação Total do Período	970 mm	880 mm	80 mm	150 e 135 mm	42 mm

Tabela 4. – Características da estação de cultivo das culturas agrícolas para Luena no período de 1961 a 2016.

Parâmetros	Estação de Cultivo	Estação Chuvosa	Período Pré-Úmido	Período Úmido	Período Pós-Úmido
Data de Início	21 a 30/09	21 a 30/09	21 a 30/09	31/10	20/03

Data Final	Até 05/05	Até 20/04	Até 31/10	20/03	20/04
Duração do Período	215 dias	200 dias	30 dias	140 dias	30 dias
Precipitação Total do Período	1107 mm	1070 mm	95 mm	844 mm	180 mm

Resultados semelhantes de estimativas de períodos úmidos em dias foram obtidos por João (1990), com um período úmido com duração de 88 dias para a cidade de Cabinda, 212 dias para Malanje, e de 181 para cidade do Luena. A divergência nos resultados, deve-se ao período de análise dos dados e a metodologia escolhida. Pois nesse trabalho foram descartados os dias semi-úmido para contabilização dos dias úmidos.

Segundo a organização da feira de exposição da banana de produção nacional realizada na província do Bengo em outubro de 2014, que reúne 150 expositores das províncias de Luanda, Bengo, Malanje, Uíge, Huíla, Benguela, Kwanza Norte, Kwanza Sul, Cabinda, Zaire, Huambo e Namibe, absorveu-se mais de três mil milhões de kwanzas, equivalente a 56,5 milhões reais, repartidos entre o Governo Provincial e patrocinadores.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, as três regiões apresentam datas de início e final da estação de cultivo com aproximadamente 210 dias (de 10 a 20/10 - 10/05) em Cabinda, 220 dias (de 20/09 - 10 a 20/04) em Malanje e na região do Luena de 215 dias (20 a 30/09 - 05/05). Tendo disponibilidade de água favoráveis (806 mm para Cabinda, 970 mm para Malanje e 1107 mm para Luena) para o desenvolvimento das culturas como: milho, feijão, bata doce, tomate, cana-de-açúcar, arroz, mandioca e manga. Com exceção a Cabinda que não apresenta suprimento de água para mandioca (com necessidade hídrica de 1200 mm) e cana-de-açúcar (com 1500 mm de necessidade hídrica) pelo curto período úmido (de 80 dias e água disponível de 400 mm) verificado nessa região, remetendo a uma situação que requer bastante cuidado, fazendo-se necessário o uso da irrigação.

As regiões analisadas, não apresentam suprimentos de água favorável para o desenvolvimento da banana com necessidade hídrica cima de 1800 mm, sendo por tanto, importante suprir essa necessidade com irrigação em alguns estágios fenológico da cultura. Percebendo-se assim claramente mediante os resultados obtidos o grande potencial hídrico dessas regiões para o desenvolvimento das culturas relacionada. Os resultados mostram ainda, que com a implementação de um bom sistema de irrigação e incentivo a uma prática agrícola mais sustentável é possível elevar o nível de produção nacional, permitindo as trocas comerciais entre países.

AGRADECIMENTOS

Aos professores José Leonaldo de Souza e ao André Luís de Carvalho pela supervisão, incentivo e apoio na elaboração do trabalho, o INAMET, em particular o Eng. Gualberto de Honorato João, pela disponibilização dos dados.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO. **Irrigation and Drainage Paper**, v. 56. FAO, 1998. 297 p.

AZEVEDO, P. V. et al. Evapotranspiração de um pomar de mangueiras irrigado na região do Submédio São Francisco. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Rio de Janeiro: SBMET, 2000.

BELLO, N. J.; An assessment of water supply for agriculture in the Niger river basin development authority área. **Agric. Flor. Meteorol, Lincol**, 40: 1986, 109-121.p.

CAMARGO, C. E. D.; Mandioca “O Pão Caboclo”: **de Alimento a Combustível**. 2ª ed. São Paulo: Ícone, 1987, 68.p.

IAC. Boletim 200. Instituto Agrícola de Campinas. 2000. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes_online/> Acesso em 30 de abr. 2017.

CROP WATER NEEDS: The influence of the climate on crop water needs. **Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**. 2011. <<http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e02.htm>>. Acesso em 20 de abr. 2017.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. Yield response to water. **Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, 1979. 193 P.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O.; Crop water requirements. **Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, 1977.144p.

Feira Nacional da Banana: Realizada na Provincia do Bengo (Angola), em outubro de 2014. Disponível em < <http://www.embaixadadeangola.pt/angola-vai-exportar-banana/>>. Acesso em 10 de maio. 2017.

FRÉRE, M.; POPOV, G. F. Agrometeorological crop. monitoring and forecasting. Rome: **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, 1979 (Plant Production and Protection Paper, 77).

JOÃO, G. H. Estimativa de disponibilidade hídrica para algumas culturas no território da República Popular de Angola. Graduação em Meteorologia – **Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)**, 1990. 90. P.

NGOLO, A. O. Zoneamento agroclimático para cultura do café em Angola. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - **Universidade Federal de Viçosa (UFV)**, 2014. 80. p.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. Meteorologia agrícola. **Universidade de São Paulo (USP)**, Piracicaba-SP, fevereiro de 2007.

SOUZA, J. L.; DI PACE, E. L. Relação hídrica e fenologia de cultura em Rio Largo-AL. **Cio agric.** v. 1, fl. 1, p. 1 - 6, 1991.

SOUZA, J. L. Avaliação agroclimática de quatro microrregiões do estado de Minas Gerais para alguns cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Dissertação (Mestrado) - **Universidade Federal de Viçosa (UFV)**, 1989. 70p.

EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DA PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS EM AMBIENTE SEMIÁRIDO

Méry Cristina de Sá Assís¹, Leonardo Francelino de Souza¹, Poliana de Caldas Pereira², Fábio Eráclito da Silva¹, Thieres George Freire da Silva³

¹Graduando, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, mcsamenezes@gmail.com, Leonardo_souza369@hotmail.com, fabioeraclito24@hotmail.com,

²Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, po.caldas@hotmail.com, ³Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: O uso de irrigação complementar em cultivos de palma forrageira ainda é questionável por maior parte dos produtores. Assim, objetivou-se avaliar a eficiência do uso da água da palma forrageira submetida a diferentes regimes hídricos no Sertão de Pernambuco. O experimento foi conduzido em Serra Talhada-PE, onde foi cultivado o clone Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), no quarto ciclo produtivo (um ano). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com dois tratamentos, sequeiro e irrigado, e quatro repetições. A eficiência do uso da água (EUA) foi avaliada com base na produtividade massa verde e seca e na evapotranspiração (ET). A ET foi calculada por resíduo do balanço de água no solo. A palma recebeu 355 mm ano⁻¹ na condição em sequeiro e 573 mm ano⁻¹ na condição irrigada, enquanto a evapotranspiração foi de 258,8 e 413,8 mm, respectivamente. A produtividade de matéria verde foi de 25.787 e 45.412 kg ha⁻¹, e de matéria seca 4.326 e 4.544 kg ha⁻¹ em sequeiro e irrigado, respectivamente. A EUA em base fresca foi de 99,6 e 109,5 (kg ha⁻¹ mm⁻¹) e em base seca 16,9 e 10,9 (kg ha⁻¹ mm⁻¹), quando em sequeiro e irrigado, nessa ordem, não diferindo entre si. Logo, pode-se concluir que a eficiência do uso da água é uma característica intrínseca à palma forrageira e que não foi alterada sob regimes hídricos de 355 mm ano⁻¹ a 573 mm ano⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração, Irrigação, *Opuntia stricta*.

WATER EFFICIENCY USE OF THE FORAGE CACTUS UNDER DIFFERENT WATER REGIMES IN SEMI-ARID ENVIRONMENT

ABSTRACT: The use of complementary irrigation in forage cactus crops is still questionable by most producers. The objective of this study was to evaluate the water efficiency use of forage cactus submitted to different water regimes in the Semiarid of the State of Pernambuco. The experiment was carried out in Serra Talhada, PE, where the clone 'Orelha de Elefante Mexicana' (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) was cultivated in the fourth productive cycle (one year). The experimental design was a randomized complete block design with two treatments, dry and irrigated, and four replications. Water efficiency use (WUE) was evaluated based on green and dry mass yield and evapotranspiration (ET). ET was calculated by soil water balance residue. The palm received 355 mm year⁻¹ in the rainy condition and 573 mm year⁻¹ in the irrigated condition, while evapotranspiration was 258.8 and 413.8 mm, respectively. The yield of green matter was 25,787 and 45,412 kg ha⁻¹, and dry matter 4,326 and 4,544 kg ha⁻¹ in rainfed and irrigated, respectively. The US on a fresh basis was 99.6 and 109.5 (kg ha⁻¹ mm⁻¹) and on dry basis 16.9 and 10.9 (kg ha⁻¹ mm⁻¹), when dry and irrigated, in this order, not differing from each other. Therefore, it can be concluded that the water use

efficiency is an intrinsic characteristic of the forage palm and that it was not altered under water regimes from 355 mm year⁻¹ to 373 mm year⁻¹.

KEY-WORDS: Evapotranspiration; Irrigation; *Opuntia stricta*.

INTRODUÇÃO

No Semiárido brasileiro, a palma forrageira é uma das principais culturas utilizadas para alimentação animal, especialmente no período seco. Sua produtividade, resistência e adaptação às condições edafoclimáticas dessa região são as principais características que favorecem seu cultivo (SILVA et al., 2014).

A utilização de irrigação complementar em palmais vem sendo difundida nos últimos anos como uma forma de melhorar o desempenho da cultura principalmente nas épocas de maior estresse hídrico (QUEIROZ et al., 2015). Apesar da importância da palma forrageira como recurso hídrico para o Semiárido brasileiro poucos são os trabalhos envolvendo indicadores agronômicos em cultivos de palma irrigada (ARAÚJO PRIMO, 2013; SILVA et al., 2014)

A eficiência da adoção de tecnologias como a irrigação pode ser obtida através de indicadores agronômicos, nesse caso a Eficiência do Uso da Água (EUA), que indica o incremento de biomassa da cultura por milímetro de água disponibilizado para a cultura, ou ainda por milímetro de água evapotranspirado (QUEIROZ et al., 2016).

O conhecimento desse indicador, e da produtividade de cultivos de palma forrageira fornecem informações sobre os efeitos positivos, ou negativos, do tipo de manejo utilizado na cultura.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do uso da água pela palma forrageira, submetida a diferentes regimes hídricos em Serra Talhada, sertão de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Serra Talhada (latitude: 7° 59'S, longitude: 38°15'O e altitude: 431 m) na Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra pertencente ao Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, localizado na microrregião do Vale do Pajeú no Semiárido brasileiro, no período de 10/11/2014 a 10/11/2015. O local apresenta clima classificado como BSwh' segundo Köppen, com maior incidência de chuvas nos meses quentes e seco nos meses frios.

Foi cultivado o clone Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 (*Opuntia stricta*), no quarto ciclo produtivo. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com 2 tratamentos: irrigação baseada em percentuais da Evapotranspiração de referência (0 e 25%. ET_o), em 4 repetições. Cada parcela foi composta por 4 fileiras de palma espaçadas a 1,6 metros e 0,4 entre plantas, cada fileira possui 6 metros de comprimento e 15 plantas, com um total de 60 plantas por parcela, sendo que 22 correspondem as plantas úteis. A irrigação foi feita por meio de um sistema de gotejamento, onde cada fileira da parcela possui uma linha de gotejo com gotejadores espaçados a 0,4 m, com pressão de 1 atm e vazão de 1,35 L/h.

A irrigação foi feita três vezes na semana (segunda, quarta e sexta-feira), repondo a lâmina de água acumulada dos dias posteriores a última irrigação, levando em consideração os eventos de chuva. A evapotranspiração de referência foi calculada pelo método de Penman Monteith, parametrizado no boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998). O monitoramento das variáveis meteorológicas foi feito por meio de uma estação

meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, instalada a aproximadamente 1500 m da área experimental.

Cada subparcela possuía um tubo de acesso de PVC com profundidade de 0,90 m e espaçado 0,10 m da palma, onde, com o uso de uma sonda capacitiva (Diviner@2000, Sentek Pty Ltda., Austrália), foram obtidos os valores de conteúdo de água no solo durante todo o período experimental, com leituras realizadas sempre antes dos eventos de irrigação. A sonda foi calibrada para as condições edáficas locais.

A evapotranspiração da palma forrageira foi obtida por meio dos componentes do balanço de água no solo: $\Delta A = P + I - ET \pm Q$, onde, ΔA = Variação do armazenamento de água no solo, obtido através das leituras com o Diviner@2000; P = Precipitação pluviométrica, por meio de um pluviômetro instalado na área experimental; I = Irrigação, através do volume de água aplicado ao longo do ciclo; Q = Fluxo vertical de água no solo por drenagem profunda ou ascensão capilar, determinados por meio do método do perfil instantâneo e, a ET = Evapotranspiração, que foi obtida isolando-a dos demais componentes do balanço de água no solo.

A análise de biomassa foi realizada aos 364 dias após o corte (DAC), onde foram colhidas as plantas da área útil da subparcela, deixando apenas o cladódio basal. As plantas foram pesadas em campo e, selecionados três cladódios representativos do terço médio da planta. Os cladódios selecionados foram pesados individualmente, fatiados, colocados em sacos de papel e levados para secar em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura máxima de 65 °C até obter peso constante. Em seguida os cladódios secos foram pesados novamente obtendo a matéria seca dos três cladódios e extrapolada para o total de plantas da área.

A Eficiência no Uso da Água (EUA) foi calculada pela relação entre a produtividade de matéria verde e seca, e a evapotranspiração em cada tratamento.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade, homocedasticidade e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média do ar durante o experimento foi de 26,3 °C, cerca de 1,5 °C superior à normal climatológica que é 24,8 °C; a umidade relativa do ar média foi de 53%, quase 10% inferior a normal (62,5 %), e a precipitação pluviométrica do período foi igual a 355 mm, enquanto que a média para o local é de 642,1 mm (SILVA et al., 2015), promovendo uma maior evaporação e diminuindo a disponibilidade de água para a cultura o que possivelmente influenciou no desenvolvimento da cultura e conseqüentemente na produtividade.

No tratamento de sequeiro a palma recebeu 355 mm e 573 mm na condição irrigada, enquanto a evapotranspiração foi de 258,84 e 413,79 mm, respectivamente. No entanto, em ambos os tratamentos a quantidade de água recebida foi inferior a precipitação pluviométrica média local, caracterizando ambos os tratamentos como se fosse em condição de sequeiro.

A produtividade de matéria verde foi de 25787 e 45412 kg ha⁻¹, e de matéria seca 4326 e 4544 kg ha⁻¹ em sequeiro e irrigado, respectivamente.

Os valores médios de eficiência do uso da água nas duas condições de disponibilidade de água em cultivo de palma forrageira são observados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores médios da eficiência do uso da água pela palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana, cultivada em condições de sequeiro e irrigada, em Serra Talhada - PE, Semiárido brasileiro.

	Eficiência no uso da água (EUA, kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	
	SEQUEIRO	IRRIGADO
Matéria Verde	99,6a	109,5a
Matéria Seca	16,9a	10,9a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na horizontal não diferem entre si estatisticamente ($P > 0,05$) pelo Teste de Tukey.

É possível observar que a EUA não diferiu entre os tratamentos, uma vez que o rendimento da cultura em MV e MS e a ET foram inferiores na condição de sequeiro. Na condição irrigada o rendimento da cultura foi mais elevado, e por ter uma maior quantidade de água no sistema solo-planta a ET também foi maior, como a EUA é a relação do rendimento com a ET ocorreu uma compensação nos dois tratamentos, uma vez que quando o rendimento aumenta a ET também aumenta.

Silva et al. (2014) trabalhando com o clone Orelha de Elefante Mexicana, em condição de sequeiro, obtiveram uma EUA de 114,95 kg MV ha⁻¹ mm⁻¹ e 9,1 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹, valores próximos aos obtidos no presente estudo. Vale ressaltar que estes autores conduziram a palma por dois anos, durante o primeiro ciclo produtivo da cultura, e que mesmo em condição de sequeiro, a quantidade de água recebida por ano (791 mm) foi maior que na condição irrigada (573 mm) desse estudo.

As características anatômicas e morfofisiológicas da palma forrageira conferem a mesma, adaptação às adversidades climáticas do Semiárido brasileiro possibilitando grande produção de fitomassa com alta eficiência do uso da água (DUBEUX et al., 2010; RAMOS et al., 2011; QUEIROZ et al., 2016). No entanto, diante da limitação dos recursos hídricos nessa região é fundamental o conhecimento de técnicas que venham a promover melhorias ao setor agrícola.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a eficiência do uso da água é uma característica intrínseca à palma forrageira e que não foi alterada sob regimes hídricos de 355 mm ano⁻¹ a 573 mm ano⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo GAS (Grupo de Agrometeorologia no Semiárido) pela dedicação e apoio na condução do experimento; e a FACEPE (Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO PRIMO, J. T. **Dinâmica de água no solo e eficiência do uso de água em clones de palma forrageira no semiárido pernambucano**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE, 2013.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al.. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira - Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.

QUEIROZ, M. G. de et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 931-938, 2015.

QUEIROZ, M. G. de et al. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.

RAMOS, J. P. A. F. et al. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 41-48, 2011.

SILVA, T. G. F. da et al. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 184-191, 2014.

SILVA, T. G. F. da et al. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 515-525, 2015.

VARIABILIDADE E ANOMALIA CLIMÁTICA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM ÁGUAS BELAS, PE

Jandis Ferreira Nunes de Araújo¹, Maria Gabriela de Queiroz², José Orlando Nunes da Silva¹, Poliana de Caldas Pereira², Thieres George Freire da Silva³

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, jandis_araujo@hotmail.com, joseorlanduu@hotmail.com, ²Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, mg.gabi@hotmail.com, po.caldas@hotmail.com,

³Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: A ocorrência de extremos climáticos e variação pluviométrica afetam diversas atividades humanas, resultando em impactos na agricultura, recursos hídricos, saúde, meio ambiente. Assim, objetivou-se analisar a frequência de variabilidade e anomalia climática de eventos de chuva no município de Águas Belas, Pernambuco, para subsidiar o planejamento das atividades agropecuárias. Para tal, foi utilizada uma série histórica de dados de chuva referentes ao período de 1926 a 2014 (88 anos). Os dados foram organizados séries mensais e anuais. Para detectar a ocorrência de variabilidade e anomalia climáticas, os dados foram submetidos à estatística descritiva (média e desvio padrão). Os resultados mostraram que entre os meses, há maior frequência de anos enquadrados na classe variabilidade inferior, seguida da classe de anos normais, e que fenômenos anômalos são os menos frequentes. Em termos anuais, diagnosticou-se que 31% dos anos foram enquadrados na classe “variabilidade inferior”, enquanto as demais classes de ocorrência de eventos de chuva foram bastante semelhantes no que se refere às suas frequências (entre 15 e 20%). Conclui-se que, para o município de Águas Belas existe uma maior frequência da precipitação pluviométrica na classe de variabilidade inferior.

PALAVRAS-CHAVE: Intervalos de classes, eventos de chuva, Semiárido.

CLIMATE VARIABILITY AND ANOMALY OF RAINFALL IN THE MUNICIPALITY OF ÁGUAS BELAS, PE

ABSTRACT: The occurrence of climatic extremes and rainfall variation affect several human activities, resulting in impacts on agriculture, water resources, health, and the environment. The objective of this study was to analyze the frequency of climatic variability and anomaly of rainfall events in the municipality of Águas Belas, State of Pernambuco, to support the planning of agricultural activities. For this, a historical series of rainfall data was used for the period from 1926 to 2014 (88 years). The data were organized monthly and annual series. To detect the occurrence of climatic variability and anomaly, the data were submitted to descriptive statistics (mean and standard deviation). The results showed that between months, there is a higher frequency of years framed in the lower variability class, followed by the class of normal years, and that anomalous phenomena are the least frequent. In annual terms, it was diagnosed that 31% of the years were classified in the "lower variability" class, while the other classes of occurrence of rainfall events were very similar with respect to their frequencies (between 15 and 20%). It is concluded that for the municipality of Águas Belas there is a higher frequency of rainfall in the lower variability class.

KEY-WORDS: Intervals of classes, rain events, semiarid.

INTRODUÇÃO

A seca é um fenômeno climático que afeta drasticamente uma região, provocando graves danos econômicos e sociais. A região Nordeste do Brasil está inserida em ambiente Semiárido, onde as elevadas temperaturas do ar e a má distribuição temporal e espacial da precipitação pluvial são fatores limitantes as atividades agropecuárias (QUEIROZ et al., 2015).

O regime hídrico local exerce influência direta no balanço hídrico das culturas, que quando positivo, reflete em altos rendimentos ao setor agropecuário, com satisfatórios níveis de produtividade e menores riscos de perdas (MOURA; SILVA; BORGES, 2005). A ocorrência de extremos climáticos e variação pluviométrica afetam diversas atividades humanas, resultando em impactos na agricultura, recursos hídricos, saúde, meio ambiente (SOUZA; AZEVEDO, 2012).

Assim, objetivou-se analisar a frequência de variabilidade e anomalia climática de eventos de chuva no município de Águas Bela-PE, visando subsidiar o planejamento das atividades agropecuárias.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Águas Belas, Agreste de Pernambuco, Brasil (Latitude: 09°06'41"S; Longitude: 37° 07' 23" W; Altitude: 376m).

O município de Águas Belas está situado no Agreste pernambucano e se destaca por apresentar um grande rebanho de bovinos leiteiro e extensa atividade de agricultura familiar.

Uma série histórica de dados mensais de precipitação pluviométrica, obtidos do posto pluviométrico da Agência Pernambucana Águas e Clima (APAC), foi usada, referente ao período de 1926 a 2014, totalizando 88 anos. Os dados foram organizados no programa Microsoft Office Excel, e organizadas as séries mensais e anuais dos dados.

Com o intuito de detectar mudanças no regime mensal e anual de chuvas em termos de variabilidade e anomalia climáticas, os dados foram submetidos à estatística descritiva, onde foi aplicada uma metodologia para enquadramento de classes de variabilidade, conforme Tabela 1.

Em seguida, utilizando o programa Microsoft Office Excel foi feita uma análise de frequência, verificando a quantidade de anos enquadrados em cada classe estabelecida. Os gráficos foram elaborados por meio do programa SigmaPlot® (Systat Software Inc.).

Tabela 1. Critério para a classificação da variação da precipitação pluviométrica.

Classe	Grau de ocorrência	
	Limite inferior	Limite superior
Anomalia superior	$\mu + \sigma$	-
Variabilidade superior	$\mu + \sigma/2$	$\mu + \sigma$
Normal	$\mu + \sigma/2$	$\mu - \sigma/2$
Variabilidade inferior	$\mu - \sigma/2$	$\mu - \sigma$
Anomalia inferior	-	$\mu - \sigma$

μ = média; σ = desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição dos eventos de chuva nos intervalos das classes de variabilidade e anomalia climática para o município de Águas Belas, PE é apresentada na Figura 1.

Em todos os meses houve maior frequência de anos enquadrados na classe “Variabilidade Inferior”, seguida da classe de “Anos Normais”, indicando que, de modo geral, no município de Águas Belas, a distribuição das chuvas são na sua maioria, inferiores à normal climatológica.

Percebe-se também que fenômenos anômalos (consideravelmente acima ou abaixo da normal climatológica) ocorrem em menor frequência. Tal informação é um bom indicativo, uma vez que enchentes e/ou secas prejudicam severamente toda e qualquer atividade humana, principalmente aquelas do setor agropecuário.

Eventos fora dentro da faixa da classe Normal é bastante comum, sobretudo devido a ocorrência de fenômenos meteorológicos, por exemplo, a fase positiva ou negativa do El Niño Oscilação Sul (ENOS) (MINUZZI et al., 2007).

O numero de anos enquadrados nas classes como Normais, Variabilidade Climática (inferior ou superior) e Anos Anômalos para o município de Águas Belas não apresentaram grandes variações entre os meses do ano, mostrando assim, que existe um padrão de distribuição de chuva entre os meses ao longo do ano.

A distribuição de frequência dos intervalos de classes de precipitação para os valores anuais de chuva foi diagnosticada uma maior frequência de anos enquadrados na classe Variabilidade Inferior, com uma porcentagem de ocorrência igual a 31%, análogo a 27 anos (Figura 2).

A segunda classe de maior ocorrência foi verificada na classe Variabilidade Superior, equivalente a 20%; seguida de anos Normais (18%); Anomalia superior (16%) e, Anomalia Inferior (15%) (Figura 2).

Nota-se que, com exceção da classe Variabilidade Inferior, as demais classes de ocorrência de eventos de chuva foram bastante semelhantes no que se refere às suas frequências.

Essas informações são bastante importantes no planejamento agrícola, o que reduz o risco de perdas de produção. Análises dessa natureza são reportadas em vários estudos de análise de chuva de diferentes municípios ou regiões (MOURA et al., 2005; SIQUEIRA et al. 2007; SILVA et al., 2012; QUEIROZ et al., 2015).

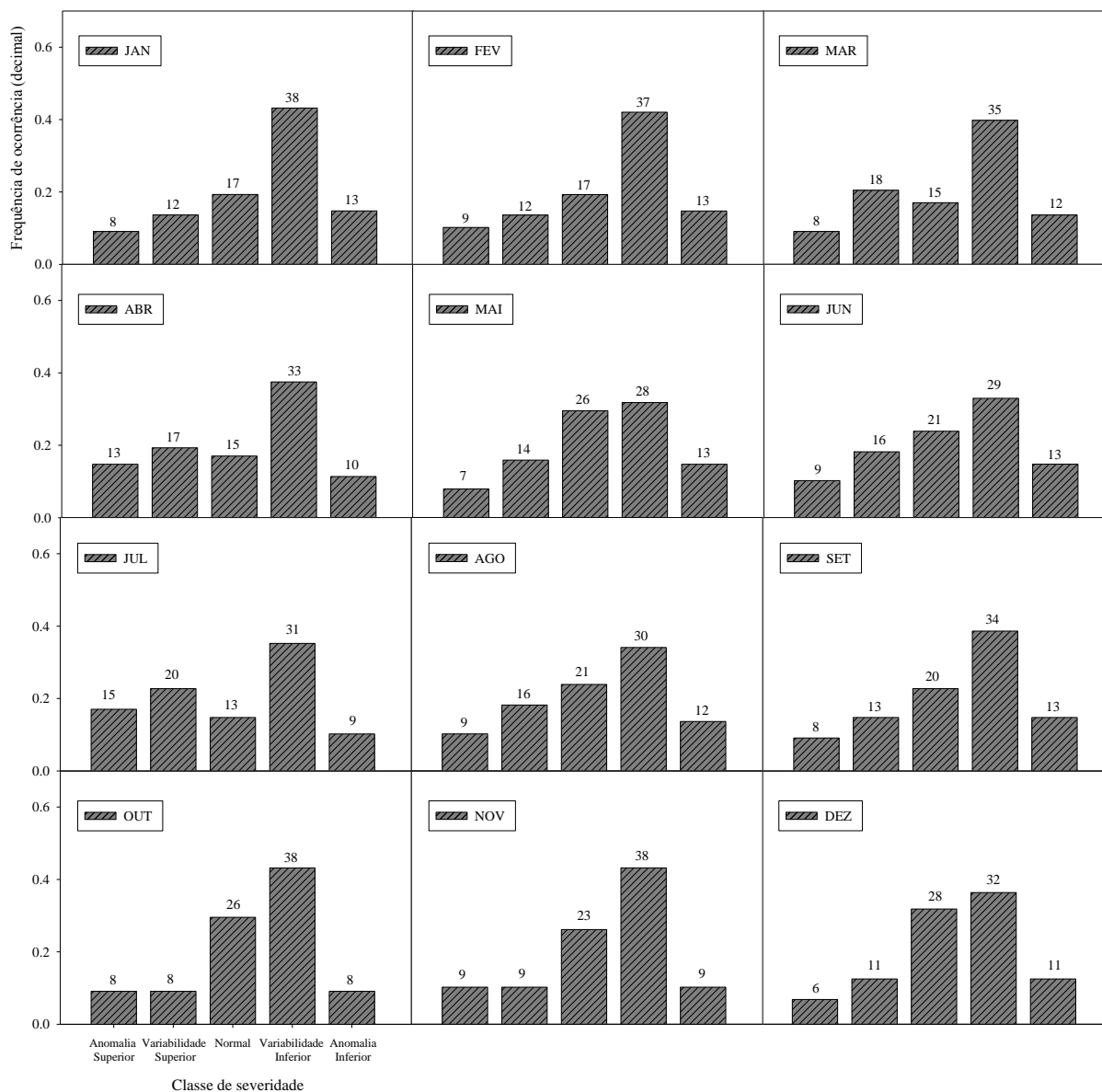


Figura 1. Frequência de ocorrência mensal das classes de variabilidade e anomalia climática da precipitação pluviométrica no município de Águas Belas-PE.

CONCLUSÕES

Para o município de Águas Belas, PE, existe maior frequência da precipitação pluviométrica na classe de “Variabilidade Inferior”, classe essa que corresponde a eventos com magnitudes entre os valores de $\mu - \sigma/2$ e $\mu - \sigma$.

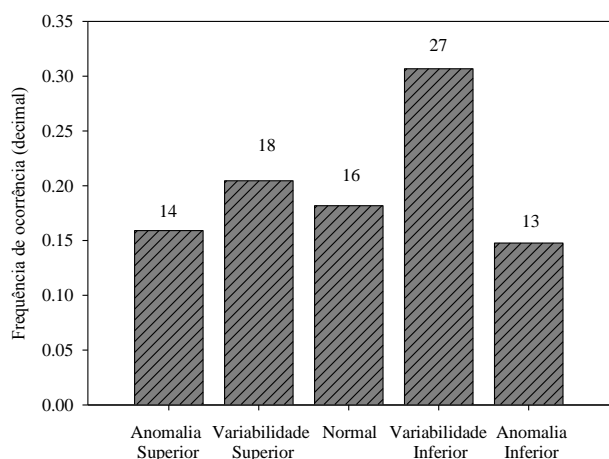


Figura 2. Frequência de ocorrência anual das classes de variabilidade e anomalia climática da precipitação pluviométrica no município de Águas Belas-PE.

REFERÊNCIAS

MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; BORGES, C. J. R. Análise da precipitação e do número de dias de chuva no município de Petrolina-PE, **5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, Teresina 2005.

MINUZZI, Rosandro Boligon et al. Influência da La Niña na estação chuvosa da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira Meteorologia**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 345-353, 2007.

QUEIROZ, M. G. et al. Distribuição intra e interanual, variabilidade e anomalia, e tempo de retorno de ocorrência eventos de chuvas em Carnaíba, PE. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 19, 2015, Lavras. **Anais...** Lavras: CBAGRO, 2015. p. 126-135.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Índices de Detecção de Mudança Climática Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.01, p.143-159, 2012.

SIQUEIRA, H. R.; ALVES, G. F.; GUIMARÃES, E. C. Comportamento da precipitação pluviométrica mensal do Estado de Minas Gerais: análise espacial e temporal. **Horizonte Científico**, v. 1, n. 1, 2007.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra anual da precipitação da região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, 2012.

ESTUDO DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL RELACIONADO À PRECIPITAÇÃO INTERNA EM UMA ÁREA DE CAATINGA

Maria Gabriela de Queiroz¹, George do Nascimento Araújo Júnior², Jandis Ferreira Nunes de Araujo³, Matheus Phelippe Santos Tolêdo³, Thieres George Freire da Silva⁴

¹Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG mg.gabi@hotmail.com; ²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, georgejunior_91@hotmail.com; ³Graduandos em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, jandis_araujo@hotmail.com; matheustoledo@hotmail.com.br; ⁴Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thigeoprofissional@hotmail.com.

RESUMO: O índice de cobertura vegetal (ICV) é uma variável biofísica que está diretamente relacionado com a capacidade de interceptação da chuva pelo dossel. Assim, objetivou-se investigar as relações entre o ICV e a precipitação interna de espécies da vegetação de caatinga, situadas no município de Floresta, Pernambuco. O ICV foi determinado por meio de um ceptômetro AccuPAR, com leituras realizadas entre as 11:00 e 13:00, no dia 05/03/2017. Posteriormente, nos dias 09 e 18/03/2017, foram registrados dois eventos de chuva, sendo medidas as precipitações acima e, abaixo do dossel vegetativo (PI) de cinco espécies da caatinga (Umbuzeiro, Umburana-de-cambão, Pereiro, Catingueira e Faveleira). As medidas pontuais com o AccuPAR ocorreram nos mesmos locais onde os pluviômetros internos estavam posicionados. Como resultado, tem-se que o ICV variou de 1,65 (catingueira) a 4,87 (umburana-de-cambão) entre as espécies avaliadas. A precipitação interna não apresentou correlação direta com o índice de cobertura vegetal, devido provavelmente às características de duas espécies: catingueira (folhas pequenas e formadas por folíolos alternados) e umburana-de-cambão (maior quantidade de galhos). Os resultados preliminares permitiram concluir que as correlações entre ICV e PI são dependentes da densidade e composição do dossel das espécies vegetais.

PALAVRAS-CHAVE: AccuPAR, ceptômetro, interceptação de água.

STUDY OF VEGETATION COVER INDEX RELATED TO INTERNAL PRECIPITATION IN A CAATINGA AREA

ABSTRACT: The vegetation cover index (VIC) is a biophysical variable that is directly related to the rainfall interception capacity of the canopy. The objective of this study was to investigate the relationship between ICV and internal precipitation of caatinga vegetation species, located in the city of Floresta, Pernambuco. The VCI was determined using an AccuPAR ceptometer, with readings performed between 11:00 and 13:00 on 03/05/2017. Subsequently, on 09 and 03/18/2017, two rainfall events were recorded, with measured of being precipitation and below the vegetative canopy (IP) of five aatinga species (Umbuzeiro Umburana-de-cambão, Pereiro, Catingueira e Faveleira). The punctual measures with the AccuPAR occurred in the same places where the internal pluviometers were positioned. As a result, the VCI varied from 1.65 (catingueira) to 4.87 (umburana-de-cambão) among the evaluated species. The internal precipitation did not present a direct correlation with the vegetation cover index, probably due to the characteristics of two species: catingueira (small leaves and formed

by alternating leaflets) and umburana-de-cambão (greater amount of branches). The preliminary results allowed to conclude that the correlations between ICV and PI are dependent on the density and composition of the canopy of the plant species.

KEY-WORDS: AccuPAR, Ceptômetro, water intercept.

INTRODUÇÃO

O índice de área foliar é uma importante variável biofísica da vegetação, a qual representa a capacidade da planta em explorar o espaço disponível, além de relacionar-se diretamente com a produtividade das culturas e interceptação de água da chuva pelo dossel vegetativo (JONCKHEERE et al., 2004; CANTINHO et al., 2014).

A interceptação de chuva pelo dossel depende de condições climáticas e fatores biológicos, estando este último relacionado à arquitetura, estrutura e densidade das plantas (ÁVILA et al., 2014). Logo, as características da vegetação devem ser conhecidas (JONCKHEERE et al., 2004).

Para medições realizadas em campo, uma melhor terminologia para o IAF é dada por White et al. (2000), denominada de índice de área de planta, a qual inclui troncos e galhos das árvores, também podendo ser chamada de Índice de Cobertura Vegetal (ICV). Em ambientes semiáridos, esta terminologia representa melhor a contribuição do IAF, uma vez que durante boa parte do ano, não há presença de folhas nas árvores.

Dessa forma, o presente estudo buscou investigar as possíveis relações entre o ICV e a Precipitação interna de cinco espécies da vegetação de caatinga, situadas no município de Floresta, Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área de Caatinga, localizada na fazenda Algodões, município de Floresta, Pernambuco, Semiárido, Brasil.

Para a determinação do ICV foi utilizado um ceptômetro AccuPAR (modelo LP-80, Decagon Devices Inc., Pulman, EUA). Este sensor mede a interceptação da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) (400 - 700 nm), convertendo em valores de IAF. Possui 80 sensores pontuais equidistantes arranjados em uma sonda de 86,5 cm de comprimento. O valor obtido de radiação fotossinteticamente ativa é a média dos 80 sensores pontuais, sendo os valores apresentados em tempo real. As medidas de ICV foram feitas entre as 11:00 e 13:00 horas, em condições atmosféricas de céu claro para evitar efeitos de nebulosidade e consequentemente interferências nas leituras, sendo estas realizadas quinzenalmente.

A estimativa do ICV pelo AccuPAR foi feita por meio de uma leitura de RFA incidente (feitas em áreas abertas, longe de impedimentos) e quatro transmitida através do dossel vegetativo (realizadas em quatro direções: pontos cardeais: norte, leste, sul e oeste). A precipitação total (P) é água que chega ao topo do dossel, sendo monitorada por um pluviômetro automático instalado no topo da torre micrometeorológica. A precipitação interna (PI) refere-se a água da chuva que atravessa o dossel vegetativo e atinge o solo. Para tal, foram instalados 16 pluviômetros fixos, confeccionadas localmente e localizados abaixo das árvores a uma altura de 0,9 m (Figura 1).



Figura 1. Obtenção de medições de Índice de cobertura vegetal, precipitação interna e externa: (A) Leitura de RFA incidente; (B) Leitura de RFA transmitida; (C e D) Pluviômetros internos; (E) Pluviômetro externo.

As espécies avaliadas foram: Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*); Umburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*); Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*); Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) e Faveleira (*Cnidocolus quercifolius*).

As leituras com o AccuPAR foram realizadas no dia 05 de março de 2017, enquanto os dados de PI foram coletados em duas datas posteriores (09 e 18 de março de 2017). Foram feitas medidas pontuais com o AccuPAR nos locais/plantas onde cada pluviômetro foi posicionado. Os dados foram submetidos a análises de regressão linear, por meio do programa SigmaPlot®11 (Systat Software Inc.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total de chuva ocorrido em 09/03 foi de 13,7 mm, e no dia 18/03 foi igual a 28,7 mm. A Figura 2 mostra a variação dos valores de ICV e da PI durante os dois eventos de chuva, para as cinco espécies da caatinga. Em relação aos valores de PI entre os dois eventos de chuva monitorados, percebe-se que houve um mesmo padrão de comportamento desta variável, porém com magnitudes diferentes, devido aos volumes de chuvas distintos entre os eventos. Nota-se que os valores ICV variaram consideravelmente entre as espécies avaliadas, sendo maior na Umburana-de-cambão e menor na espécie Catingueira (Figura 2).

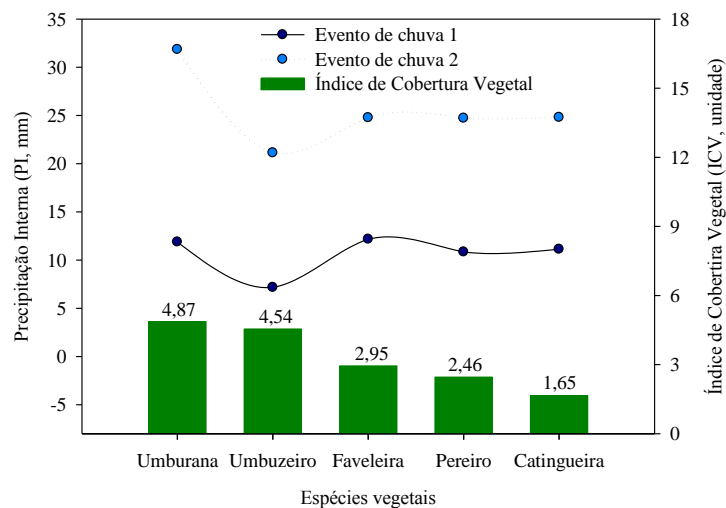


Figura 2. Valores de Precipitação Interna durante dois eventos de chuva, e Índice de cobertura vegetal pontual, de cinco espécies da caatinga, durante o mês de março de 2017, em Floresta, Pernambuco.

As espécies Umbuzeiro e Umbrana-de-cambão foram aquelas de maior ICV (Figura 2), no primeiro caso, há de fato, um maior dossel vegetativo, porém, para a Umbrana, verifica-se que o alto valor de ICV deve-se a presença de maior número de galhos expostos e espessos (Figura 3A e 3E, nesta ordem).

A quantidade de precipitação interna não apresentou correlação direta com o índice de cobertura vegetal. Tal comportamento está relacionado com as diferentes densidades e composições dos dosséis das espécies avaliadas (Figura 3), ocasionando fonte de variabilidade da PI.

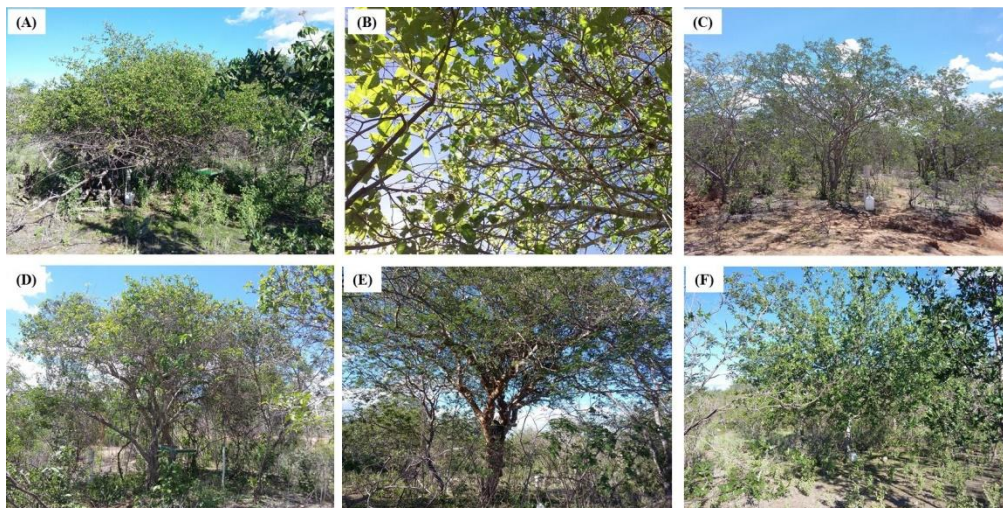


Figura 3. Vista das espécies vegetais estudadas: (A) Umbuzeiro; (B) Copa vegetal; (C) Catingueira; (D) Pereiro; (E) Umbrana-de-cambão e, (F) Faveleira.

Pode-se verificar que, o comportamento então esperado (maior ICV, menor PI) não ocorreu devido as características de 2 espécies. A primeira é a Umbrana-de-cabão (Figura 3E), que apresentou elevado ICV e alta PI. Como mencionado anteriormente, isto se deve ao maior numero de galhos que, embora favoreçam maiores valores de ICV,

não são órgãos de armazenamento de água, logo, maior quantidade de água da chuva passa através do dossel. A outra espécie é a Catingueira (Figura 3F), que embora apresentasse valores de PI próximos aos obtidos para as espécies Faveleira e Pereiro, o valor obtido para o ICV foi o menor entre as plantas analisadas (Figura 2), provavelmente devido as suas folhas serem pequenas e formadas por folíolos alternados.

CONCLUSÕES

O estudo das correlações entre ICV e PI em espécies de Caatinga ainda prossegue, ao passo que os resultados preliminares permitiram concluir que estas correlações são dependentes da densidade e composição do dossel das espécies vegetais.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo GAS (Grupo de Agrometeorologia no Semiárido) pela dedicação e apoio na condução do experimento.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, L. F. et al. Partição da precipitação pluvial em uma microbacia hidrográfica ocupada por mata atlântica na serra da mantiqueira, MG. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p.583-595, 2014.

CANTINHO, R. Z.; PONZONI, F. J.; SANTOS, S. B. dos. Estimativas de índice de área foliar de plantios de *eucalyptus* spp. segundo três alternativas metodológicas. **Revista Cerne**, v. 20, n. 3, p. 485-492, 2014.

JONCKHEERE, I. et al. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 121, p. 19-35, 2004.

WHITE, M. A. et al. Measuring fractional cover and leaf index in arid ecosystems: digital camera, radiation transmittance, and laser altimetry methods. **Remote Sensing of Environment**, v.74, p.45-57, 2000.

APTIDÃO AGROCLIMÁTICA E CLASSIFICAÇÃO DE CULTURAS PARA O MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ – PE, BRASIL

Vicente de Paulo Silva¹, Raimundo Mainar de Medeiros², Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena³, Romildo Morant de Holanda⁴

¹ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail: vicenteufrpe@yahoo.com.br; ² Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; ³ Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE-Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: emmanuelle@lorenas.com.br; ⁴ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPR, e-mail: romildomorant@gmail.com

RESUMO: A aptidão e o zoneamento agroclimático tem importância no processo de informação do potencial agrícola de determinado local e/ou região, definindo a melhor época de plantio e as culturas adequadas ao seu cultivo. Objetiva-se determinar as aptidões climáticas para as culturas do abacaxi, banana, caju, feijão e milho, classificando as aptidões das culturas mais adequadas ao plantio na região e sua classificação climática, que mais se adaptam às condições climáticas do município de Tacaimbó e proporcionem melhor desenvolvimento agrícola, tornando rentável e socioeconomicamente. Utilizou-se série histórica de precipitação pluvial e temperatura do ar média para a realização do cálculo do balanço hídrico climatológico, classificação climática, construção do evapopluviograma e o zoneamento agroclimático das culturas. O uso da irrigação torna-se indispensável, principalmente nos meses que apresentam maior déficit hídrico, podendo adotar o manejo da irrigação com base nos dados históricos de evapotranspiração e desta forma suprir as necessidades hídricas dos cultivos, garantindo a produtividade máxima das culturas. O município de Tacaimbó não tem água de subsolo a ser utilizada para irrigação, por isto deve realizar-se armazenamento de água de chuva. O estudo adequa subsídios para os tomadores de decisão, mediante as informações do Balanço Hídrico Climatológico, classificação climática, zoneamento agroclimático e aptidão das culturas, que ira favorece o planejamento adequado das atividades agrícolas e conseqüentemente reduzir os riscos as quais esta atividade está submetida.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura, zoneamento agroclimático, balanço hídrico.

AGROCLIMATIC FITNESS AND CLASSIFICATION OF CULTURES FOR THE MUNICIPALITY OF TACAIMBÓ - PE, BRAZIL

ABSTRACT: Agroclimatic aptitude and zoning is important in the process of informing the agricultural potential of a particular place and / or region, defining the best planting season and the crops suitable for cultivation. The objective of this study was to determine the climatic aptitudes for pineapple, banana, cashew, beans and maize crops, classifying the crops that are most suitable for planting in the region and their climatic classification, which are most suitable for the climatic conditions of the municipality of Tacaimbó and provide Better agricultural development, making it profitable and socioeconomically. Historical series of rainfall and mean air temperature were used to calculate the climatological water balance, climatic classification, evapopluviogram construction and the agroclimatic zoning of the crops. The use of irrigation is indispensable, especially in the months that present greater water deficit, being able to adopt the irrigation management based on the historical data of

evapotranspiration and in this way to meet the water needs of the crops, guaranteeing the maximum productivity of the crops. The municipality of Tacaimbó has no underground water to be used for irrigation, so rainwater storage must be carried out. The study adapts subsidies to decision makers, through the information of Climatological Water Balance, climatic classification, agroclimatic zoning and crop aptitude, which will favor the proper planning of agricultural activities and consequently reduce the risks to which this activity is submitted.

KEYWORDS: Agriculture, agroclimatic zoning, water balance.

INTRODUÇÃO

Variáveis importantes que condicionam as safras agrícolas são aquelas obtidas por meio do Balanço hídrico climatológico (BHC), e que tem fundamental importância em estudos de uma região, ou seja, na determinação de locais favoráveis a determinado tipo de cultura, classificação climática, zoneamento agrícola entre outras funções. Diversos autores como Pereira (2002) e Varejão-Silva (2005) definiram balanço hídrico como sendo a contabilidade hídrica do solo, ou seja, o cômputo de todos os ganhos e perdas de água, juntamente com o seu armazenamento, que se verificam no solo ou bacia considerada. No BHC têm-se integrantes como: a precipitação e/ou irrigação, que são os fornecedores de água no solo, o deflúvio superficial, à quantidade de água que ficou armazenada neste mesmo solo, a drenagem profunda, e por fim, a ação simultânea da evaporação e transpiração das plantas (considerando sempre esse solo vegetado) que é denominada evapotranspiração, onde a equação composta por essas variáveis é considerada de modo que todos somados tenham valor zero, contribuindo para o raciocínio do balanço hídrico.

Objetiva-se determinar as aptidões climáticas para as culturas do abacaxi, banana, caju, feijão e milho, classificando as aptidões das culturas mais adequadas ao plantio na região e sua classificação climática, que mais se adaptam às condições climáticas para o município de Tacaimbó proporcionará o seu desenvolvimento agrícola, tornando rentável e socioeconomicamente.

MATERIAL E MÉTODOS

O clima de Tacaimbó de acordo com a classificação de Köppen-Geiger é do tipo As (tropical chuvoso, com verão seco, a estação chuvosa se adiantando para o outono) em conformidade com Medeiros (2016) e Alvares et al (2013).

Utilizou-se de séries de dados mensais e anuais de precipitação e temperatura do ar fornecido pela Agência pernambucana de água e clima do Estado do Pernambuco (APAC) referente ao período de 1962-2015.

A Capacidade de Água Disponível (CAD) definida como o armazenamento máximo de água no solo adotou-se em todos os cenários o valor de referência de 100 mm, conforme Thornthwaite e Mather (1955).

Os dados foram trabalhados para cenários de precipitação e temperatura do ar mensal média com redução de 10% e +1°C (cenário otimista = B2) e 20% e +4°C (cenário pessimista = A2), segundo metodologia do IV Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC AR4). Aplicando-se em seguida o método do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1948; 1955) e desenvolvido por Medeiros (2016) em planilhas eletrônicas, que contabiliza a água do solo, em que a precipitação representa ganho e a evapotranspiração perda de umidade do solo,

podendo-se estimar os valores correspondentes ao Excedente Hídrico (EXC) e Deficiência Hídrica (DEF). Com base nesta metodologia foi estimada a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. A Evapotranspiração Potencial (ETP) foi obtida conforme a Equação.

$$ETP = Fc \cdot 16 \cdot \left(10 \frac{T}{I}\right)^a \quad (1)$$

Onde: ETP – Evapotranspiração potencial anual em mm.mês⁻¹; Fc – Fator de correção, conforme a Tabela 1; T – Temperatura média mensal em °C; I – Índice anual de calor, correspondente a soma dos doze índices mensais; e a – Função cúbica do índice anual de calor dada por: $6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492$ em mm.mês⁻¹.

No cálculo dos índices de aridez, umidade e hídrico, utilizaram-se das equações seguintes. Tais índices são essenciais para a caracterização climática da região segundo o método de Thornthwaite (1948), e no estudo de adaptação de culturas à região – Zoneamento Agrícola.

$$Ia = 100 \frac{\sum D}{\sum ETP} \quad (2)$$

$$Iu = 100 \frac{\sum ES}{\sum ETP} \quad (3)$$

$$Ih = Iu - 0,6 \cdot Ia \quad (4)$$

Onde: Ia – Índice de aridez; Iu – Índice de umidade; Ih – Índice hídrico; $\sum D$ – Somatório da deficiência hídrica anual; $\sum S$ – Somatório do excesso hídrico anual; e $\sum ETP$ – Somatório da evapotranspiração potencial anual.

A classificação climática foi obtida de acordo com a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) utilizando-se os valores dos índices de aridez (Ia), umidade (Iu), hídrico (Ih) e (Cv) em conformidade com a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano.

A concentração da evapotranspiração potencial na estação quente foi dada pela Equação seguinte a qual representa a percentagem da evapotranspiração anual que ocorre nos meses j, k, l, de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente).

$$Cv = 100 \frac{(ETP_j + ETP_k + ETP_l)}{(ETP)} \quad (5)$$

Onde: Cv – Concentração da evapotranspiração na estação mais quente do ano; ETP_j – evapotranspiração potencia no mês j; ETP_k – evapotranspiração potencial no mês k; ETP_l – evapotranspiração potencial no mês l; ETP – evapotranspiração potencial anual.

Realizou-se a elaboração do evapopluviograma, o qual se refere a um climograma adaptado ao BHC, para fins de estudo das condições climáticas mais adequadas às culturas, através do sistema de coordenadas ortogonais. Como nesse caso a evapotranspiração potencial é plotada em função da precipitação, assim obtém-se o evapopluviograma.

O diagrama apresenta-se dividido em seis setores hídricos, nos quais os valores da precipitação correspondem a diferentes múltiplos e submúltiplos da evapotranspiração potencial, e em outras quatro faixas térmicas com valores correspondentes às limitações e exigências térmicas da cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis utilizadas na determinação do BHC para o período de 1962 a 2015 no município de Tacaimbó - PE encontram-se na Tabela 1 e conforme a Figura 2, considerando a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) de 100 mm.

Tabela 1. Balanço hídrico climatológico (BHC) para o município de Tacaimbó - PE.

Meses	T	P	ETp	EVR	DEF	EXC
	(°C)	(mm)				
Jan	24,0	36,5	110,5	37,2	73,3	0,0
Fev	23,8	54,4	99,9	54,6	45,4	0,0
Mar	23,7	99,0	107,0	99,0	8,0	0,0
Abr	22,8	108,2	92,0	92,0	0,0	0,0
Mai	21,7	70,7	82,3	72,6	9,8	0,0
Jun	20,5	68,9	67,0	67,0	0,0	0,0
Jul	19,9	76,9	64,2	64,2	0,0	0,0
Ago	20,1	27,1	66,4	36,6	29,8	0,0
Set	21,5	21,0	78,4	29,7	48,7	0,0
Out	22,7	11,3	95,3	17,6	77,7	0,0
Nov	23,4	16,2	101,8	19,0	82,8	0,0
Dez	23,8	26,3	110,6	27,5	83,2	0,0

Símbolos: Temperatura do ar média (T), Precipitação pluviométrica (P), Evapotranspiração potencial (ETp), Evaporação (EVR), Deficiência hídrica (DEF) e Excesso Hídrico (EXE).

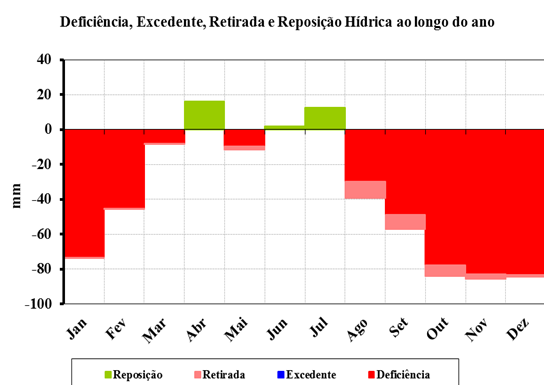


Figura 2. Estrato do balanço hídrico climatológico médio mensal para o município de Tacaimbó - PE

CONCLUSÕES

O município de Tacaimbó não tem água de subsolo a ser utilizada para irrigação, por isto deve realizar-se armazenamento de água de chuva.

As culturas do abacaxi, banana, tem aptidão restrita, caju, feijão e milho que mais se adaptam às condições climáticas para o município de Tacaimbó.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.2013>.

APAC. Agência Pernambucana de águas e Clima do Estado de Pernambuco. Recife, 2015.

MEDEIROS, R. M. Planilhas do Balanço Hídrico Normal segundo Thornthwaite & Mather (1955). s.n. 2016.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCIL, L.R.; CENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: **Agropecuária**. 2002.

THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v. 38, p. 55 - 94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Publication in Climatology N° 8, **Laboratory of Climatology**, Centerton, N. J. 1955.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital. Recife, 2005. 516p.

APTIDÃO CLIMÁTICA PARA O CULTIVO DO CAJU E CANA-DE-AÇUCAR EM PAUDALHO – PE, BRASIL

Raimundo Mainar de Medeiros¹, Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena², Vicente de Paulo Silva³, Romildo Morant de Holanda⁴

¹ Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; ² Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE-Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: emmanuelle@lorenas.com.br ³ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail: vicenteufrpe@yahoo.com.br; ⁴ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPR, e-mail: romildomorant@gmail.com

RESUMO: Objetiva-se caracterizar o clima e realizar-se a aptidão climática para as culturas do caju e da cana-de-açúcar no município Paudalho - PE. Utilizou-se de série histórica de precipitação pluvial e temperatura do ar média para a realização do cálculo do balanço hídrico climatológico, classificação climática, construção do evapopluviograma e o zoneamento agroclimático das culturas. Os dados de déficit hídrico foram determinados utilizando o balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955). Com base no balanço hídrico climatológico e no evapopluviograma, observaram-se condições de aptidão plena para as culturas de cana-de-açúcar e caju.

Palavras-chave: temperatura, deficiência e excedente hídrico, variabilidade climática.

ZONING AND CLIMATE APPROACH FOR THE CULTIVATION OF CAJU AND SUGAR CANE IN PAUDALHO - PE, BRAZIL

ABSTRACT: The objective is to characterize the climate and to carry out the climatic suitability for the cashew and sugarcane crops in the municipality of Paudalho - PE. A historical series of rainfall and mean air temperature was used to calculate climatological water balance, climatic classification, evapopluviogram construction and agroclimatic zoning of the crops. The water deficit data were determined using the water balance according to Thornthwaite and Mather (1955). Based on the climatic water balance and the evapopluviogram, conditions of full fitness for sugarcane and cashew crops were observed

Keywords: temperature, deficiency and water surplus, climatic variability

INTRODUÇÃO

Para Ranieri et al (2007) as condições do clima podem ser consideradas de importância na avaliação da aptidão agrícola, visto que é praticamente impossível modificá-las, com exceção da deficiência hídrica, que, em determinadas situações, pode ser atenuada com a utilização da irrigação.

A cultura do caju (*Anacardium occidentale L.*) é uma planta tropical, originária do Brasil, difundida em quase todo o território e é amplamente praticada no NEB, sendo considerado um produto de exportação que enriquece a economia regional de acordo com Severino (2008). Entretanto, segundo Pereira et al. (2007), apesar do amplo cultivo dessas cultivares no NEB, há ainda poucos estudos de zoneamento agrícola em alguns estados produtores de caju.

Leite et al. (2009) afirmam que o clima do país permite o cultivo de cana-de-açúcar a altos rendimentos com pouca ou nenhuma irrigação.

Realizar a aptidão climática para as culturas do caju e cana-de-açúcar, que permita identificar o potencial produtivo para os cultivos com base em indicadores de clima estabelecidos de acordo com a exigência da cultura no município de Paudalho.

MATERIAL E MÉTODOS

Thornthwaite e Mather (1948, 1955), com elaboração de planilhas eletrônicas realizadas por Medeiros (2016) que contabiliza a água do solo, em que a precipitação representa ganho e a evapotranspiração perda de umidade do solo, podendo-se estimar os valores correspondentes ao Excedente Hídrico (EXC) e Deficiência Hídrica (DEF). Com base nesta metodologia foi estimada a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. A Evapotranspiração Potencial (ETP) foi obtida conforme a Equação descrita abaixo

$$ETp = Fc \cdot 16 \cdot \left(10 \frac{T}{I}\right)^a$$

Em que: ETP – Evapotranspiração potencial anual em mm.mês⁻¹; Fc – Fator de correção, conforme a Tabela 1;

T – Temperatura média mensal em °C; I – Índice anual de calor, correspondente a soma dos doze índices mensais; e a – Função cúbica do índice anual de calor dada por:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492$$

em mm.mês⁻¹.

Tabela 1. Fator de Correção (Fc) conforme a metodologia de Thornthwaite (1948) em função dos meses do ano.

Fator de Correção											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

No cálculo dos índices de aridez, umidade e hídrico, utilizaram-se as equações seguintes. Tais índices são essenciais para a caracterização climática da região segundo o método de Thornthwaite (1948), e no estudo de adaptação de culturas à região.

$$Ia = 100 \frac{\sum D}{\sum ETp}$$

$$Iu = 100 \frac{\sum ES}{\sum ETp}$$

$$Ih = Iu - 0,6 \cdot Ia$$

Em que: Ia – Índice de aridez; Iu – Índice de umidade; Ih – Índice hídrico; $\sum DEF$ – Somatório da deficiência hídrica anual; $\sum EXC$ – Somatório do excesso hídrico anual; e $\sum ETp$ – Somatório da evapotranspiração potencial anual.

A classificação climática foi obtida de acordo com a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) utilizando-se os valores dos índices de aridez (Ia), umidade (Iu), hídrico (Ih) e (Cv) em conformidade com a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano.

A concentração da evapotranspiração potencial na estação quente foi dada pela Equação 5, a qual representa a percentagem da evapotranspiração anual que ocorre nos meses j, k, l, de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente).

$$Cv = 100 \frac{(ETp_j + ETp_k + ETp_l)}{(ETp)}$$

Em que:

C_v – Concentração da evapotranspiração na estação mais quente do ano; ETp_j – evapotranspiração potência no mês j ; ETp_k – evapotranspiração potencial no mês k ; ETp_l – evapotranspiração potencial no mês l ; ETp – evapotranspiração potencial anual.

Realizou-se a elaboração do evapopluviograma, o qual se refere a um climograma adaptado ao BHC, para fins de estudo das condições climáticas mais adequadas às culturas, através do sistema de coordenadas ortogonais. Como nesse caso a evapotranspiração potencial é plotada em função da precipitação, assim obtém-se o evapopluviograma.

O diagrama apresenta-se dividido em seis setores hídricos, nos quais os valores da precipitação correspondem a diferentes múltiplos e submúltiplos da evapotranspiração potencial, e em outras quatro faixas térmicas com valores correspondentes às limitações e exigências térmicas da cultura.

Utilizando-se dos pontos do evapopluviograma determinaram-se os índices de vegetação (Iv), de repouso por seca (Irs) de repouso por frio (Irf) e hídrico (Ih).

As exigências climáticas das culturas foram incorporadas no evapopluviograma de acordo com as demandas de águas e climáticas conforme faixas predominantes no referidos evapopluviograma

Por fim, os valores dos índices climáticos foram aplicados na Tabela 2 para determinação da aptidão climática da região, classificando as culturas em aptidão plena, moderada, restrita e inaptidão.

Os índices térmicos exigidos pela cultura e seu desenvolvimento foram classificados de acordo com as necessidades das culturas, dividindo-se em três níveis: apto, restrito e inapto, como segue:

Tabela 2. Exigências climáticas anuais da cana-de-açúcar.

Apta	Restrita	Inapta
40mm<DA<300mm	DA > 300 mm	DA < 40 mm
E	ou	ou
22 °C < T < 38 °C	18 °C < T < 22 °C	T < 18 °C

Apto: As condições térmicas e hídricas da área apresentam-se favoráveis para o bom desenvolvimento e produção da cultura em escala econômica.

Restrito: Apresentam condições restritas quanto ao regime hídrico ou térmico, ou ambos, que podem eventualmente prejudicar as fases de desenvolvimento da cultura, repercutindo negativamente na produção.

Inapto: As características normais de clima são inadequadas à exploração econômica da cultura, por apresentar limitações severas dos fatores hídricos, térmicos ou ambos.

A partir dos mapas de temperatura e deficiência hídrica, procedeu-se uma classificação de áreas de acordo com as exigências climáticas das culturas e sua aptidão (Tabela 1).

Para a aptidão e zoneamento agroclimático do caju utilizou-se dos critérios para classificação descritos por Ometto (1981) e dos Fatores de indicadores climáticos e referenciado por Aguiar et al. (2000), da seguinte forma expressos nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Síntese da aptidão e exigências climáticas da cultura de acordo com Ometto (1981).

Caju	Plena	$I_n > -10$ DEF<100 mm	Em geral não há limitações climáticas para a cultura, principalmente nas regiões de clima quente. Ocorrência normal de pequena deficiência hídrica.
	Moderada	$I_n < -10$ 100<DEF<200 mm 200<DEF<700 mm	
	Restrita	700<DEF<900 mm	Deficiência hídrica severa na maioria dos solos. Cultivo somente através de suprimento d'água por irrigação.
	Inaptidão	DEF>700 mm	Suprimento hídrico insuficiente para a cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 5 representa o balanço hídrico climatológico (BHC) médio do município Paudalho-PE. A temperatura média oscila entre 23,3 °C nos meses de julho e agosto a 26,7 °C nos meses de dezembro, janeiro. Com temperatura média de 25,3 °C

Tabela 5. Balanço hídrico climatológico (BHC) para o município Paudalho - PE.

Meses	T(°C)	P(mm)	ETp(mm)	ETr(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Jan	26,7	61,8	145,2	63,5	81,7	0,0
Fev	26,8	69,1	135,2	69,8	65,4	0,0
Mar	26,5	118,2	142,1	118,3	23,7	0,0
Abr	25,9	144,9	124,6	124,6	0,0	0,0
Mai	25,0	180,9	112,6	112,6	0,0	0,0
Jun	23,9	210,4	93,2	93,2	0,0	106,3
Jul	23,3	204,0	88,3	88,3	0,0	115,7
Ago	23,3	112,7	88,3	88,3	0,0	24,4
Set	24,2	65,3	98,6	93,6	5,0	0,0
Out	25,3	27,3	121,6	71,1	50,5	0,0
Nov	26,1	21,6	131,9	40,3	91,6	0,0
Dez	26,7	36,8	148,2	43,0	105,1	0,0

Símbolos: Temperatura do ar média (T), Precipitação pluviométrica (P), Evapotranspiração potencial (ETp), Evapotranspiração real (ETr), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente hídrico (EXC).

A partir dos resultados do BHC e da relação evapotranspiração e precipitação elaborou-se o evapopluviograma Figura 3, para a efetivação do zoneamento agroclimático para as culturas do município de Paudalho - PE. Segundo Alves et al (2013) a distribuição da evapotranspiração potencial e precipitação pluvial no evapopluviograma, gerando as quatro faixas térmicas e os seis setores hídricos, é uma ferramenta eficaz na caracterização do clima de uma dada região para exploração de determinada cultura.

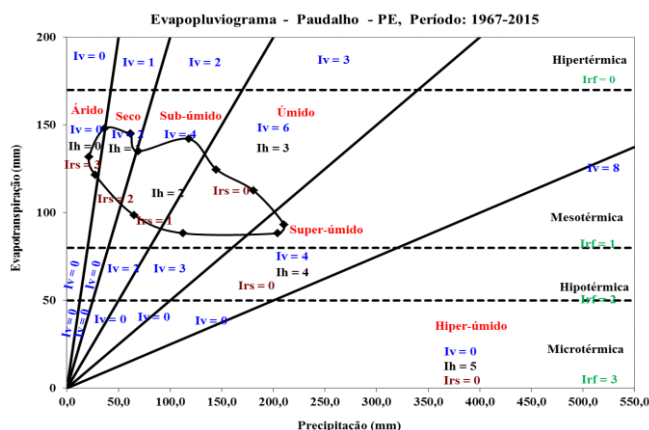


Figura 3. Distribuição dos setores hídricos e faixas térmicas do evapopluviograma para o mur de Paudalho - PE.

CONCLUSÕES

Com base no balanço hídrico climatológico e no evapopluviograma, observaram-se condições de aptidão plena para as culturas de cana-de-açúcar e caju, salientando-se que o uso da irrigação torna-se indispensável, especialmente nos meses de maior déficit hídrico, desta forma suprir as necessidades hídricas dos cultivos garantindo a produtividade máxima das culturas.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M.J.N.; SOUSA NETO, N.C.; BRAGA, C.C.; BRITO, J.I.B.; SILVA, E.D.V.; SILVA, F.B.R.; BURGOS, N.; VAREJÃO-SILVA, M.A.; COSTA, C.A.R. Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/ Recife: Embrapa-CNPS-ERP-NE, 30p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa, 27). 2000
- LEITE, R.C.C.; LEAL, M.R.L.V.; CORTEZ, L.S.B.; GRIFFIN, W.M.; SCANDIFFIO, M.I.G. Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol? *Energy*, v.34, n.5, p.655-661, 2009.
- MEDEIROS, R. M. Planilhas do Balanço Hídrico Normal segundo Thornthwaite e Mather (1955). s.n. 2016.
- OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Ceres, 1981.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Meteorologia Agrícola. Departamento de Ciências Exatas, p. 173, Piracicaba, SP. 2007.
- RANIERI, S.B.L.; BARRETTO; A.G.O.P.; KLUG, I.L.F. Potencial de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar para o estado do Maranhão. In: Pólo Nacional de Biocombustíveis. Estudo comparativo do potencial de produção de etanol no Maranhão: vantagens competitivas e comparativas. Piracicaba: ESALQ, 2007. cap. 1, p. 1-69.
- SEVERINO, R.P. Busca de produtos naturais como inibidores específicos de enzimas. Tese (Doutorado em Ciências – Química Inorgânica), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2008.
- THORNTWHAITE, C.W. (1953), Topoclimatology, Proc. Toronto Meteorologic Conf., 227-232 pp.

VARIABILIDADE PLUVIAL NO MUNICÍPIO DE PAUDALHO – PE, BRASIL

Raimundo Mainar de Medeiros¹, Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena², Vicente de Paulo Silva³, Romildo Morant de Holanda⁴, Lincoln Eloi de Araujo⁵

¹Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; ²Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE-Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail:emmanuelle@lorenas.com.br; ³Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPR, e-mail:vicenteufrpe@yahoo.com.br; ⁴Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail:romildomorant@gmail.com.; ⁵Prof. Dr. Universidade Federal da Paraíba, UFPB, PB, Brasil, e-mail:lincolneloi@yahoo.com.br

RESUMO: Realizou-se a análise climatológica da precipitação do período de 1967 a 2015 visando contribuir nas decisões de setores da socioeconômica, agropecuária, irrigação, geração de energia, recursos hídricos e aos tomadores de decisões governamentais em caso de eventos externos de precipitações que possam vir a ocorrerem futuramente. Calcularam-se as médias, máximo e mínimos valores absolutos assim como plotou-se os valores anuais da área de estudo. Na análise climatológica dos índices pluviométricos no município de Paudalho, PE, os meses março a agosto apresentaram os maiores índices pluviométricos com 67% do total anual e os meses de setembro a fevereiro foram os meses de menores índices pluviométricos com 23% da precipitação anual. Os meses de junho e julho representam 17% e 6% toda precipitação anual, enquanto os meses menos chuvosos oscilam entre setembro e fevereiro, o qual apresenta 23% da precipitação anual. O período chuvoso de (outubro a março) representa 97% da precipitação anual, os meses de menores contribuições são outubro e novembro com 2% do total anual. Com 50 anos de registro tem nove anos com chuvas próximos à média; dezoito anos com chuvas abaixo da média e vinte e três anos com chuvas acima da média.

Palavras-chave: Clima, oscilações meteorológicas, ciclo hidrológico.

PLUVIAL VARIABILITY IN THE MUNICIPALITY OF PAUDALHO - PE, BRAZIL

ABSTRACT: The climatic analysis of the precipitation of the period from 1967 to 2015 was carried out in order to contribute to the decisions of the socioeconomic, agricultural and livestock sectors, irrigation, power generation, water resources and governmental decision-makers in case of external precipitation events that may Occur in the future. The averages, maximum and minimum absolute values were calculated as well as the annual values of the study area were plotted. In the climatic analysis of the pluviometric indices in the municipality of Paudalho, PE, the months of March to August presented the highest pluviometric indexes with 67% of the annual total and the months of September to February were the months with the lowest rainfall indexes with 23% of the annual rainfall. The June and July months represent 17% and 6% of all annual rainfall, while the least rainy months oscillate between September and February, which presents 23% of the annual precipitation. The rainy season from October to March accounts for 97% of annual precipitation, the months of lowest contributions are October and November with 2% of the annual total. With 50 years of record it has nine years with rains near the average; Eighteen with below-average rainfall and twenty-three with above-average rainfall.

Keywords: Climate, weather fluctuations, hydrologic cycle.

INTRODUÇÃO

Conhecer o clima local para avaliação dos recursos hídricos é um fator determinante, pois vários elementos meteorológicos atuam na variação e disponibilidade hídrica. Não se pode afirmar se um clima está úmido ou seco conhecendo apenas os dados pluviométricos.

Dos fenômenos meteorológicos de importância sócio econômica para a agropecuária, represamento e abastecimento de água, geração de energia, a precipitação é sem dúvidas um dos mais importantes, uma vez que a abundância ou regime de chuvas muitas vezes limita a presença e o cultivo de determinadas espécies vegetais a áreas restritas e, além disso, grandes empresas e todas as pessoas de modo geral dependem da água para sobreviver.

A capacidade de antecipar como o clima irá mudar de um ano para o outro, possibilita melhor gerenciamento da agropecuária, recursos hídricos e atividade pesqueira, além da possibilidade de contribuição relevante nos campos dos transportes, abastecimento, represamento de água, turismo e lazer (SILVA et al., 2008). É importante uma análise detalhada do comportamento histórico de dados meteorológicos, como a precipitação, para identificar algum comportamento padrão, que apresente periodicidade, e tendo como base essa avaliação poder fazer uma previsão para o comportamento futuro da variável analisada.

O objetivo deste estudo consiste em realizar a análise climatológica da precipitação de Paudalho - PE, do período de 1967 a 2015, visando contribuir nas decisões de setores como a economia, agropecuária, irrigação, produção de energia, recursos hídricos, engenharia agrícola e agrônômica, corpo de bombeiro, defesa civil e tomadores de decisões governamentais em caso de eventos externos de precipitações que possam vir a ocorrerem futuramente.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Paudalho localiza-se na mesorregião Mata e na Microrregião Mata Setentrional do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Tracunhaém, a sul com São Lourenço Mata, Chã Alegria, Glória de Goitá e Camaragibe, a leste com Paulista e Abreu e Lima, e a oeste com Lagoa de Itaenga e Carpina. A área municipal ocupa 269,2 km² e representa 0,27% do Estado de Pernambuco. A sede do município localiza-se: latitude de 07°53'S e longitude de 35°10'W com altitude média de 69 metros. De acordo com a classificação de Köppen o clima é do tipo Clima tropical com estação seca (AS). Segundo a classificação climática de Thornthwaite o clima é do tipo seco subúmido (C₁s).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema meteorológico provocador de chuvas. Devido à irregularidade espaço-temporal de sua ocorrência é difícil prever quando a ZCIT estará sobre o município de Paudalho, e, mesmo, sua ocorrência de ano para ano é sujeita à grande variabilidade em conformidade com Pernambuco (2006). As formações dos sistemas de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAS) quando de suas formações nos meses de fevereiro a abril e com suas bordas sobre o Nordeste Brasileiro (NEB) em especial acima do estado do Pernambuco aumenta a cobertura de nuvem e provocam chuvas de alta intensidade e curto intervalo de tempo, causando prejuízo às comunidades como alagamento, enchentes, inundações e ao setor socioeconômico e agropecuário.

Os dados pluviométricos de Paudalho foram adquiridos junto à Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990) e da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) compreendendo ao período de 1967 a 2015. Calcularam-se as médias, desvio padrão, coeficiente de variância, máximo e mínimos valores absolutos da área de estudo. Utilizou-se de planilha eletrônica para a elaboração gráfica e a análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 tem-se o demonstrativo da distribuição mensal da precipitação e seus percentuais no município de Paudalho – PE. Observa-se que a variabilidade da precipitação histórica na área de estudo para os meses chuvosos entre março e agosto representa 67% da precipitação anual. Os meses de junho e julho representam 17% e 6% toda precipitação anual, enquanto os meses menos chuvosos oscilam entre setembro e fevereiro, o qual apresenta 23% da precipitação anual. O período chuvoso de (outubro a março) representa 97% da precipitação anual, os meses de menores contribuições são outubro e novembro com 2% do total anual.

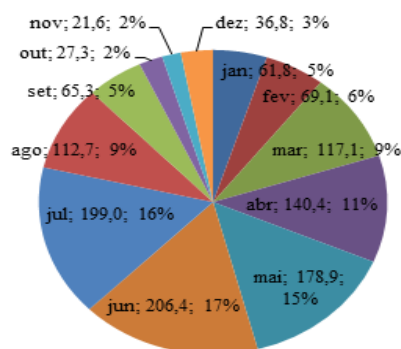


Figura 1. Distribuição mensal da precipitação e seus percentuais no município de Paudalho-PE.

A Figura 2 demonstra a distribuição mensal da precipitação histórica e seus valores máximos e mínimos absolutos registrados no período de 1967 a 2015 no município de Paudalho – PE. As precipitações mínimas absolutas fluem próximo de zero nos meses de agosto a outubro. A precipitação máxima absoluta foi mais elevada nos anos de 2010 e 2011, com destaque para os meses de maio e junho com valores máximos absolutos de 574 mm e 443,7 mm, respectivamente.

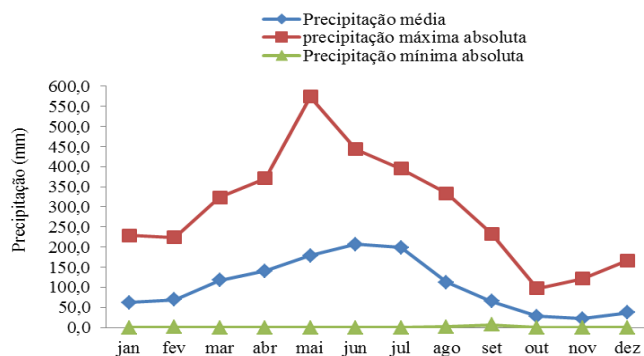


Figura 2. Distribuição mensal da precipitação histórica e seus valores máximos e mínimos absolutos registrados no período de 1967 a 2015 no município de Paudalho – PE.

Na Figura 3 observa-se a variabilidade anual da precipitação e sua respectiva média histórica para área estudada. Os anos de 1986 e 1988 têm a maior e a menor incidência de precipitação anual respectivamente. Durante os 49 anos de precipitação observadas ocorreram 9 anos com precipitação próximo a normal. 18 anos abaixo da normal e 22 anos com precipitações acima da normal histórica.

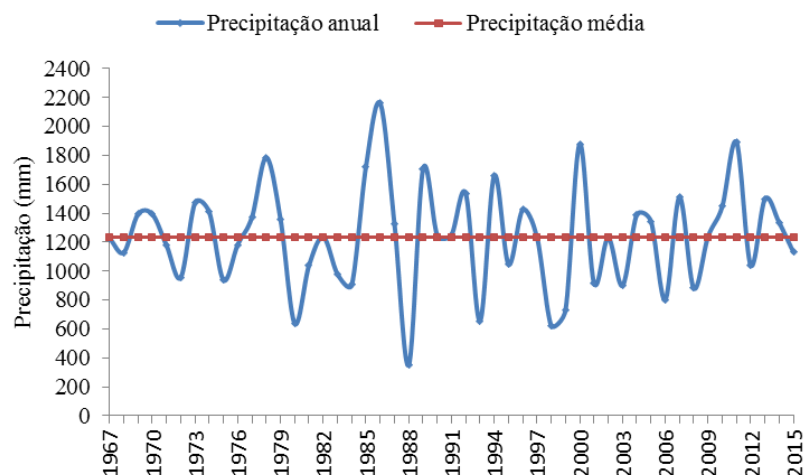


Figura 3. Distribuição anual da precipitação e sua média histórica do período de 1967 a 2015 no município de Paudalho – PE.

CONCLUSÕES

Na análise climatológica dos índices pluviométricos no município de Paudalho, PE, os meses março a agosto apresentaram os maiores índices pluviométricos com 67% do total anual e os meses de setembro a fevereiro foram os meses de menores índices pluviométricos com 23% da precipitação anual.

Os meses de junho e julho representam 17% e 6% toda precipitação anual, enquanto os meses menos chuvosos oscilam entre setembro e fevereiro, o qual apresenta 23% da precipitação anual. O período chuvoso de (outubro a março) representa 97% da precipitação anual, os meses de menores contribuições são outubro e novembro com 2% do total anual.

Com 50 anos de registro tem nove anos com chuvas próximos a média; dezoito anos com chuvas abaixo da média e vinte e três anos com chuvas acima da média.

REFERÊNCIAS

- CPRM. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Diagnóstico do Município de Paudalho Estado de Pernambuco. p. 20, 2005.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. “Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes”. Wall-map 150cmx200cm. 1928.
- PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco. Simone Rosa da Silva (Org.), Recife: Ed. A secretaria, 2006.
- SILVA, M. I. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.12, n.5, p.480–485, 2008.
- SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Dados pluviométricos mensais do nordeste – Série pluviometria 5. Estado do Pernambuco. Recife, 239p. 1990.
- THORNTON, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, New Jersey v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.
- THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publication in Climatology, Laboratory of Climatology, Centerton, New Jersey v. 8, n.1, 1955.

ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO AR HORÁRIA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

Murilo dos Santos Vianna¹, Fábio Ricardo Marin²

1 Eng. Ambiental, Depto de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, murilodsv@gmail.com

2 Eng. Agrônomo, Prof. Associado, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, fabio.marin@usp.br

RESUMO: A temperatura do ar é um elemento de grande importância em estudos agrometeorológicos, para casos em que é preciso trabalhar na escala horária o uso de modelos de estimativa são empregados devido à escassez de séries históricas nesta escala temporal. Em 1981, Parton e Logan desenvolveram um modelo empírico para estimativa dos dados horários de temperatura do ar com base em valores de temperaturas máximas e mínimas diárias. O objetivo deste trabalho foi calibrar este modelo para o Estado de São Paulo com uma base de dados horários de diferentes estações meteorológicas. Mapas com os parâmetros a, b e c calibrados foram gerados cobrindo todo o Estado. Com uso dos mapas dos parâmetros calibrados o erro médio do modelo caiu de 2,0°C para 1,3°C no Estado.

PALAVRAS-CHAVE: temperatura do ar horária, geoprocessamento, calibração.

ESTIMATION OF HOURLY AIR TEMPERATURE FOR SÃO PAULO STATE

ABSTRACT: Air temperature is a key element on agrometeorology, when working at hourly scale is necessary estimation models are useful due to the lack of historical records at this time scale. In 1981, Parton and Logan developed an empirical model to estimate hourly air temperature based on daily maximum and minimum air temperature records. The aim of this paper was to calibrate this model for São Paulo State based on a set of different meteorological stations. Predictions maps of calibrated parameters a, b and c were generated covering all the State. Air temperature predictions mean error dropped from 2,0°C to 1,3°C by the use of parameters maps rather than original parameters proposed by the original study.

KEY-WORDS: Hourly air temperature, geoprocessing, calibration.

INTRODUÇÃO

Na escala micrometeorológica, vários processos biofísicos precisam ser estimados em escala temporal relativamente pequena, indo desde a escala horária até escalas inferiores a um segundo. No entanto, são raras as séries históricas em escala horária disponíveis para se obter um volume robusto e representativo de dados, portanto, é necessário o uso de modelos para estimar a temperatura do ar. Em 1981, Parton e Logan desenvolveram um modelo (PL) empírico para estimar a temperatura em escala horária com base nos dados diário de temperatura máxima e mínima.

Este modelo conta com três parâmetros (a, b e c) dependentes das condições microclimáticas e, portanto, que necessitam de calibração regional. Por se tratar de um modelo simples e de utilidade em trabalhos de escala microclimática, buscou-se aqui desenvolver e aplicar um procedimento de calibração dos parâmetros do modelo em

diferentes regiões do Estado de São Paulo para se obter e avaliar mapas dos parâmetros para Estado.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo PL usa uma função senoidal truncada para prever a variação das temperaturas diurna e uma função exponencial para prever as temperaturas noturnas (equações 1.1 e 1.2). As suposições importantes no modelo são: (a) que a temperatura máxima irá ocorrer durante o dia, algumas horas antes do pôr do sol, (b) que a temperatura mínima vai ocorrer durante a madrugada, ou próxima ao nascer do sol, e (c) que a variação da temperatura durante o dia é descrito por uma função senoidal truncada, enquanto as temperaturas noturnas são descritos por uma função exponencial, como seguem:

$$T_{i, \text{dia}} = (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) \text{sen} \left(\frac{\pi i_{h, \text{dia}}}{N + 2a} \right) + T_{\text{min}} \quad (1.1)$$

$$T_{i, \text{noite}} = T_{\text{min}} + (T_s - T_{\text{min}}) e^{-\left[\frac{b i_{h, \text{noite}}}{(24-N)} \right]} \quad (1.2)$$

Em que: N é o comprimento do dia (h); T_i é a temperatura na hora i ; T_{max} e T_{min} são as temperaturas máximas e mínimas, respectivamente; T_s é a temperatura no momento do pôr-do-sol; $i_{h, \text{dia}}$ é o número de horas entre a hora da temperatura mínima e a hora atual (i) (deve ser considerada somente entre o nascer e o pôr do sol); $i_{h, \text{noite}}$ é o número de horas entre a hora do pôr do sol até a hora atual (i) (deve ser considerada entre o pôr do sol e o momento em que ocorre a temperatura mínima), a é um coeficiente relacionado com a defasagem da temperatura máxima, e b é o coeficiente relacionado com a temperatura mínima; e c é um coeficiente que descreve o tempo entre a temperatura mínima e o nascer do sol.

Um conjunto de dados meteorológicos em escala horária composto por 130 estações meteorológicas cobrindo o Estado de São Paulo foi utilizado para calibração e avaliação do desempenho do modelo. Este conjunto foi construído por meio de coletas automáticas (Macro Wizard versão 4.1) do site do Centro integrado de informações agrometeorológicas (CIIAGRO) desde maio de 2014 a abril de 2017, constituindo séries de três anos. Todos os dados foram filtrados excluindo-se valores considerados como erros de leitura (p. ex. $T_{\text{ar}} > 50$ ou $T_{\text{ar}} < -5$), e somente foram utilizados dias com pelo menos 20 horas de medidas e séries de pelo menos 2 anos, selecionando se assim 74 estações.

Para execução do modelo, os valores de temperatura máxima e mínima diários foram extraídos de cada série, bem como os respectivos valores de comprimento do dia calculados. Para calibração foram utilizadas 51 estações meteorológicas abrangendo todo o Estado de São Paulo. A calibração foi realizada pelo método de Nelder e Mead (1965) buscando minimizar a raiz do erro médio quadrático (REMQ) entre os valores estimados e medidos para cada série com base nos parâmetros inicialmente propostos pelos autores ($a=1,86$ $b=2,20$ $c=-0.17$). Os parâmetros (a , b e c) calibrados foram espacializados com base em suas coordenadas geográficas e um mapa para cada parâmetro foi gerado para o Estado de São Paulo pelo método da krigagem ordinária.

Para avaliação do desempenho do modelo, valores dos parâmetros a , b , c foram extraídos dos mapas nas coordenadas das 23 estações restantes. Os índices estatísticos de erro médio (EM), raiz do erro médio quadrático (REMQ), coeficiente de determinação (r^2) e acurácia (d) foram determinados entre os valores medidos e estimados para avaliação do desempenho antes e após a calibração (Wallach, Makowski

e Jones, 2006). Para este trabalho foram utilizados os softwares Macro Wizard versão 4.1 (coleta automatizada), Excel (filtragem e mineração de dados), R (calibração e índices estatísticos) e ArcGIS 9.3 (geostatística).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores calibrados apresentaram diminuição entre 2 a 54% no REMQ dos conjuntos de séries da calibração. Isto mostra que para algumas localidades os parâmetros originais podem ser utilizados sem necessidade de calibração. De forma geral, os valores calibrados médios para o Estado de São Paulo foram $a=1,63$, $b=2,80$ e $c = 1,19$. Com base nos mapas dos parâmetros, é possível identificar uma tendência de aumento dos valores do parâmetro a do litoral para interior do continente com direção ao norte do país, enquanto que o parâmetro b mostrou-se superior na região central do Estado. O parâmetro c também apresentou tendência, neste caso o aumento dos valores do parâmetro foi longitudinal, de leste para oeste.

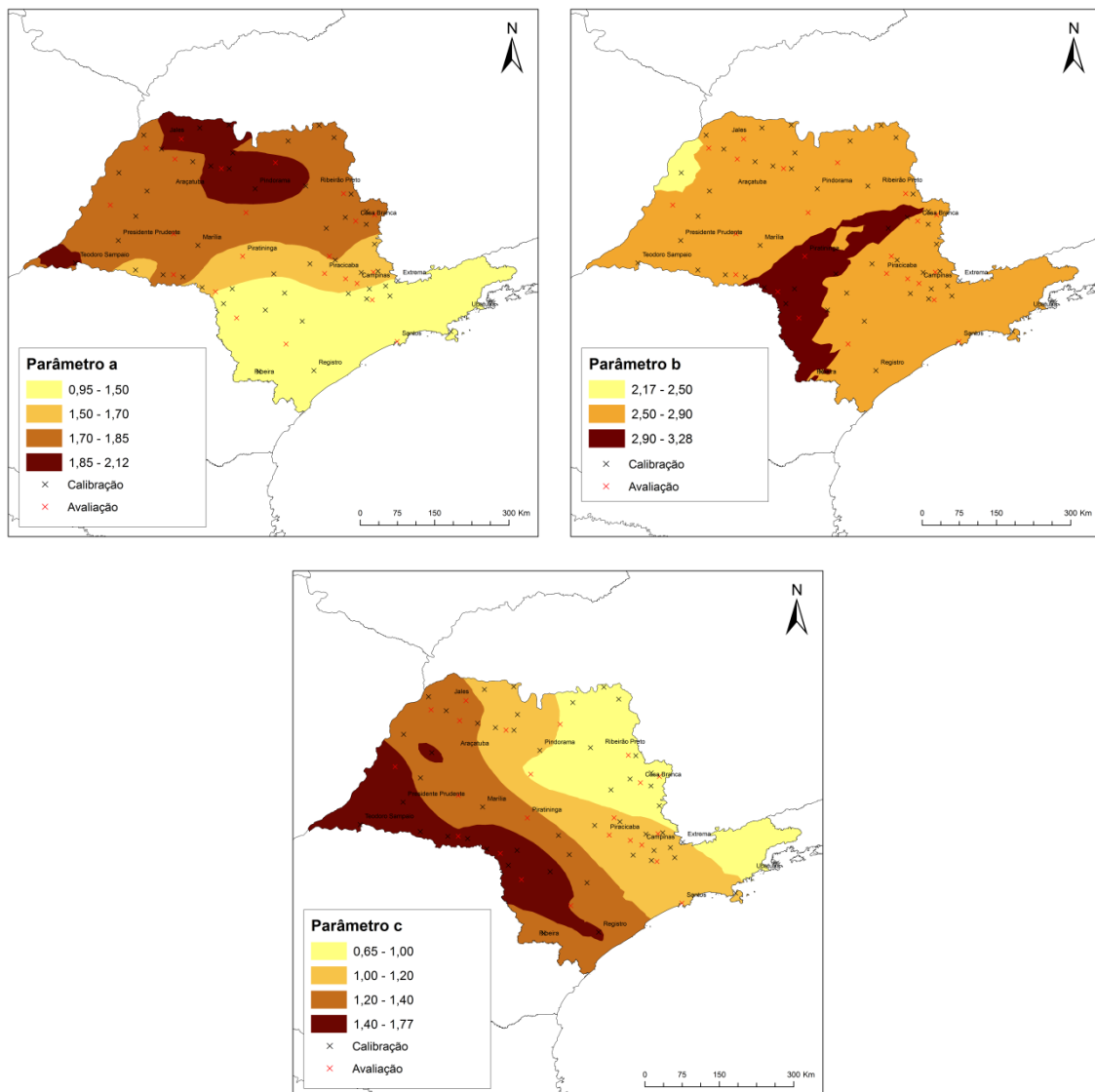


Figura 2. Mapas dos parâmetros a, b e c para o modelo PL de temperatura do ar horaria e estações meteorológicas utilizadas na calibração e avaliação do modelo.

O modelo PL mostrou excelente habilidade em simular a variação diária de temperatura do ar com os valores calibrados e extraídos a partir dos mapas (Figura 3). Embora apresente bons resultados, este modelo assume que a temperatura máxima ocorrerá no período matutino enquanto que a temperatura mínima ocorrerá próxima ao horário do nascer do sol, esta premissa é válida geralmente para dias sem nebulosidade ou sem chegada de frentes frias (VIANNA et al., 2013).

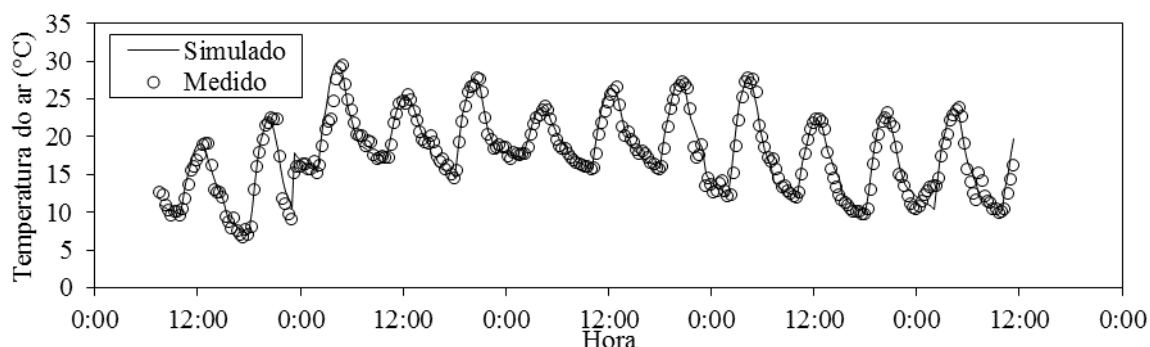


Figura 3. Valores medidos e simulados de temperatura do ar horária pelo modelo PL calibrados (mapas) para 12 dias na região de Campinas.

Os resultados estatísticos de desempenho para todas as localidades mostraram que embora os parâmetros originais também apresentam bons índices de precisão e acurácia ($r^2=0,90$ e $d=0,97$), com a calibração a performance do modelo foi ainda superior diminuindo a raiz do erro médio quadrático de $2,0^\circ$ para $1,3^\circ\text{C}$ para todo o Estado de São Paulo (Figura 4).

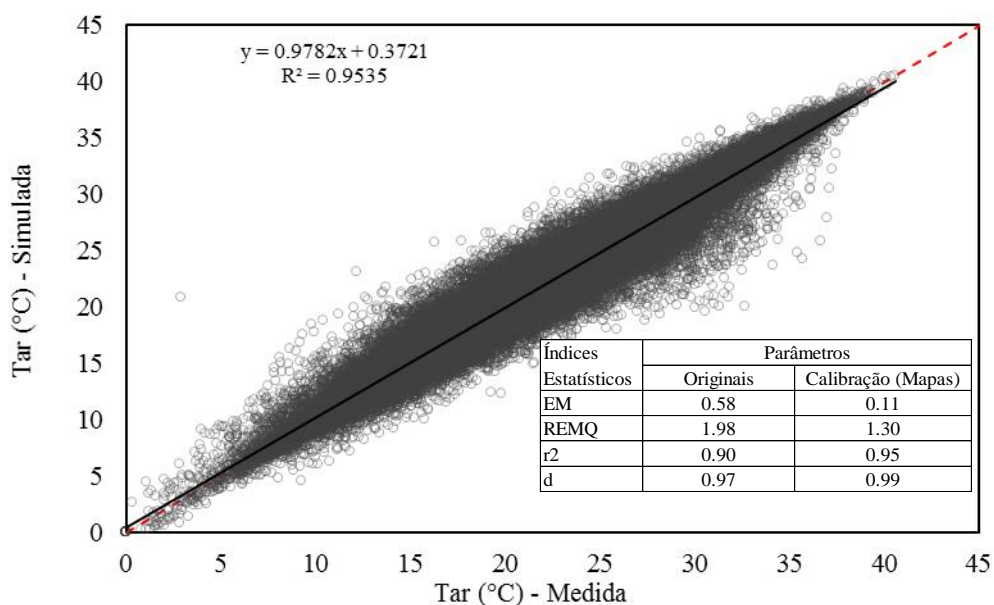


Figura 4. Valores medidos e simulados de temperatura do ar horária pelo modelo PL calibrados (mapas) para todo o conjunto de dados de avaliação (23 estações) e índices estatísticos de desempenho do modelo.

CONCLUSÕES

O modelo PL mostrou excelente performance em simular a temperatura do ar em escala horária para o Estado de São Paulo. As estimativas foram ainda mais precisas com o uso dos mapas dos parâmetros gerados a partir da calibração do conjunto de estações utilizado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

NELDER, J; MEAD R. (1965). "A simplex method for function minimization". *Computer Journal*. 7: 308–313.

PARTON, W,J,; LOGAN, J,A, 1981, A model for diurnal variation in soil and air temperature, *Agric. Meteorol.*, 23: 205-216.

VIANNA, M. S.; SOUZA, L.; MARIN, F. R. ; SENTELHAS, P. C. . CALIBRAÇÃO DE MODELO DE ESTIMATIVA DE TEMPERATURA DO AR DE PARTON & LOGAN (1981).. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - CBAGRO, 2013, Belém - PA. XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2013.

WALLACH, D.; MAKOWSKI, D.; JONES, J. W. Working with dynamic crop models: evaluation, analysis, parameterization and applications. 1st edition, 2016.

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ITAPOROROCA-PB

André Luiz da Silva, Walkimer Santana da Silva, Maxsuel Bezerra do Nascimento,
Gyovane Santos da Silva, Lincoln Eloi de Araújo

Graduando em ecologia, UFPB, Rio Tinto, Paraíba, E-mail: andre.ls01@hotmail.com;

Graduando em ecologia, UFPB, Rio Tinto, Paraíba, E-mail: Walkimer.santana@hotmail.com; Graduando em ecologia, UFPB, Rio Tinto, Paraíba, E-mail: Maxsuel10gba@hotmail.com; Graduando em ecologia, UFPB, Rio Tinto, Paraíba, E-mail: gyo.vanne@hotmail.com; Doutor em Recursos Naturais, UFPB, Rio Tinto, Paraíba, E-mail: lincolneloi@yahoo.com.br

RESUMO: É muito importante estudar a precipitação em uma determinada região, pois a partir deste conhecimento podem-se evitar problemas como: erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, prejuízo na agricultura e em projetos de obras hidráulicas, danos nos sistemas de drenagem, dentre outros. Além disso, Com este estudo pode-se planejar projetos de abastecimento d'água, e assim controlar a escassez hídrica do município. Por isso este trabalho tem como objetivo principal analisar a precipitação espaço temporal do município de Itapororoca. Para a avaliação espaço-temporal da precipitação do município foram utilizados dados disponibilizados pela AESA, no qual foi calculada a média mensal de precipitação do município. A partir desses valores foi possível calcular a média anual. Com isso, a precipitação temporal mensal do município de Itapororoca caracteriza-se em dois períodos, um período de seis meses úmidos e outro com seis meses secos. Além disso, o município apresentou chuvas mais concentradas no sul e menos concentradas no noroeste.

PALAVRAS-CHAVE: Período seco, Agricultura, Chuva, Nordeste, Variabilidade

SPACE-TEMPORAL EVALUATION OF THE PRECIPITATION OF THE MUNICIPALITY OF ITAPOROROCA-PB

ABSTRACT: It is very important to study precipitation in a given region, Because from this knowledge one can avoid problems like: Soil erosion, floods in rural and urban areas, damage to agriculture and water projects, damage to drainage systems, among others. In addition, with this study one can plan water supply projects, and thus control the water shortage of the municipality. Therefore, this work has as main objective to analyze the temporal space precipitation of the municipality of Itapororoca. For the spatiotemporal evaluation of the municipality's precipitation, data made available by the AESA were used, in which the average monthly precipitation of the municipality was calculated. From these values it was possible to calculate the annual average. Thus, the monthly rainfall of the municipality of Itapororoca is characterized in two periods, one period of six humid months and the other with six dry months. In addition, the municipality presented rains more concentrated in the south and less concentrated in the northwest.

KEY-WORDS: Dry period, Agriculture, Rain, Northeast, Variability

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica no Nordeste brasileiro é proveniente de diversos sistemas atmosféricos que podem ser alterados pelas características fisiográficas da região e por anomalias atmosféricas de escala planetária (DA SILVA ET AL. 2009).

A Paraíba é o Estado do Nordeste que apresenta uma das maiores variabilidades espacial nas chuvas, uma vez que o agreste/litoral apresenta precipitação média anual acima de 1083,4 mm/ano (ARAÚJO; BECKER; PONTES, 2003). De acordo com Brito e Braga (2005), as chuvas ocorridas no Estado da Paraíba, são produzidas pela interação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), pelas atividades convectivas oriundas do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCANS) e pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Além disso, Silva, (2011) diz que, no estado da Paraíba, ocorre os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) ou Ondas de Leste, sendo um dos sistemas meteorológico responsável por grande parte das chuvas na região.

De acordo com Araújo et al. (2008), é muito importante estudar a precipitação em uma determinada região, pois a partir deste conhecimento podem-se evitar problemas como: erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, prejuízo na agricultura e em projetos de obras hidráulicas, danos nos sistemas de drenagem, dentre outros. Além disso, Com este estudo pode-se planejar projetos de abastecimento d'água, e assim controlar a escassez hídrica do município.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo analisar a precipitação espaço-temporal do município de Itapororoca.

MATERIAL E MÉTODOS

Itapororoca é um município do estado da Paraíba que está localizado na mesorregião da Mata paraibana e Microrregião do litoral, norte encontrando-se no meridiano 35°14'42" Oeste, e no paralelo 6°50'18" Sul, limita-se a Norte com o Município Curral de Cima, a Leste com Mamanguape, a Sul com Capim e Cuité de Mamanguape e a Oeste com o município de Araçagi (SILVA, 2012). (Figura 1).

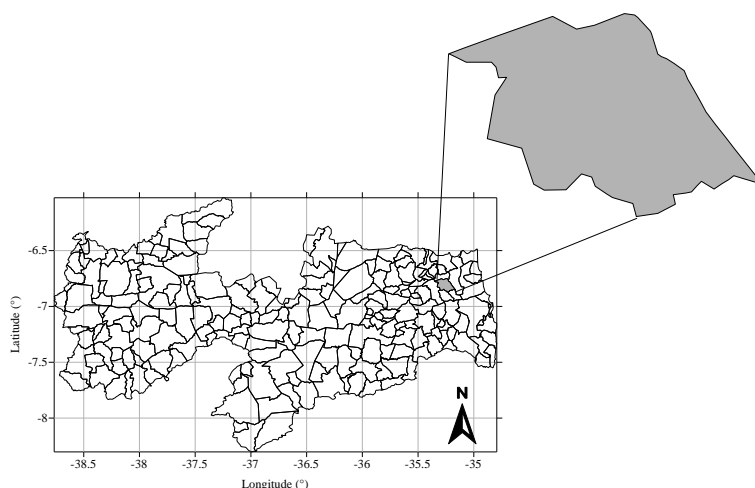


Figura 1- Figura de localização do Município de Itapororoca

De acordo com o último Censo demográfico (IBGE, 2010), a cidade possui uma área de 146,067 km² e sua população é de 16.997 habitantes, sendo 10.856 na zona

urbana e 6.141 na zona rural, alcançando um índice de desenvolvimento humano (IDH) municipal é de 0,564.

Para a avaliação espaço-temporal da precipitação do município foram utilizados dados disponibilizados pela AESA, no qual foi calculada a média mensal de precipitação do município. A partir desses valores foi possível calcular a média anual.

Foram obtidos dados de 01 (um) posto pluviométrico localizado no município de Itapororoca para a avaliação temporal, do qual, foi disponibilizada uma série histórica de 21 anos. Já para a avaliação espacial além do município de Itapororoca será calculada também as médias de precipitação dos municípios circunvizinhos (Araçagi, Capim, Cuité de Mamanguape, Curral de Cima e Mamanguape, sendo este último município com dois postos pluviométricos) e posteriormente, será gerado a figura de espacialização do município de Itapororoca.

De acordo com a climatologia, esta série é curta, entre tanto, para Santos et al. (2011) permite formular hipóteses sobre tendências de aumento ou redução das chuvas. Uma vez que o trabalho se propõe avaliar a variabilidade da precipitação na série disponibilizada e não definir a climatologia da região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação temporal mensal do município de Itapororoca caracteriza-se em dois períodos, um período de seis meses úmidos e outro com seis meses secos, com precipitação média anual de 88,6 mm. O período úmido compreende os meses de março a agosto, tendo junho como mês mais significativo com uma média de 201,4 mm de precipitação. O período seco encontra-se entre os meses de setembro a fevereiro sendo outubro o mês mais seco com média de 11,9 mm (Figura 2).

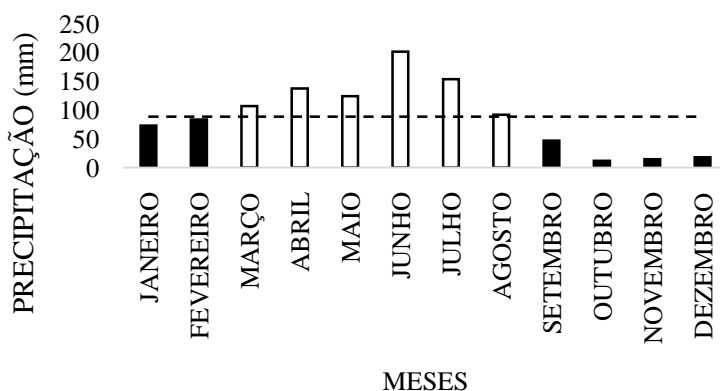


Figura 2 – Diagrama temporal do município de Itapororoca.

De acordo com Araújo et al. (2009) a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atinge seu máximo no mês de março, ou seja ela atua principalmente neste mês, o mesmo mês que inicia a estação chuvosa do presente trabalho. Entre tanto o mês com maior significância em termos de precipitação foi o mês de junho, mês esse que de acordo com Ferreira e Mello (2005), as ondas de leste provocam chuvas nos meses de junho, julho e agosto. Os mesmos autores ainda afirmam que as ondas de leste provocam chuvas principalmente na Zona da Mata que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte.

Os valores acumulados de precipitação do município de Itapororoca variam de 80 a 98 milímetros médios por ano. Constata-se precipitações mais elevadas nas regiões Sudoeste, Sul e Sudeste, em contrapartida com valores menores nas regiões Oeste, Noroeste, Norte, Nordeste e Leste (Figura 3).

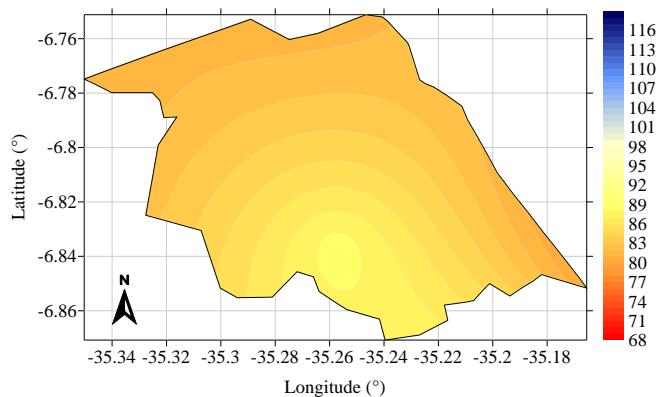


Figura 3 - Espacialização de Itapororoca.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a precipitação do município de Itapororoca divide-se em dois períodos, ou seja, o período chuvoso de Março a Agosto e o período seco de Setembro a Fevereiro, sendo junho o mês mais importante para o aporte hídrico dos mananciais; A variabilidade espacial da precipitação demonstrou que no sul do município é onde se encontra a maior ocorrência de chuvas e em contrapartida as áreas com menor precipitação se encontram no norte e noroeste; é digno de nota, que a precipitação é de extrema importância para a interação das espécies ali existentes e principalmente para a população do município, uma vez que grande parte da renda do município advém da agricultura.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. E.; BECKER, C. T.; PONTES, A. L. Periodicidade da precipitação pluviométrica no estado da Paraíba. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2003, Rio Grande do Sul. **Anais II...** Santa Maria: CBAGRO, p. 947 – 948, 2003.
- ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M. DE; SOUSA, F. A. S. Classificação da precipitação e da quadra chuvosa da Bacia do Rio Paraíba utilizando índice de anomalia de chuva (IAC). **Ambi-Agua**, v.4, p.93-110, 2009.
- ARAÚJO, L. E; et al. 2008. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, 162-169, 2005.
- BRITO, J. I. B.; BRAGA, C. C. Chuvas no Estado da Paraíba em 2004. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 28, p. 27-32.

DA SILVA, D. F; et al. Influência da variabilidade climática global e de suas escalas temporais sobre a precipitação no alto mundaú (pe). **Revista Brasileira de Geografia Física**, Vol. 2, n. 03, 64-82, 2009.

FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 1, N°1, 2005.

IBGE 2010- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Contagem da população 2010. Acesso em: 23 de abril de 2017. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/ICV>.

SANTOS, E. P; et al. Eventos extremos de chuva e alterações no regime hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Uma aplicação do índice RAI (Rainfall Anomaly Index). **Engenharia Ambiental**, v.8, p.315-330, 2011.

SILVA, I. C. **Levantamento das potencialidades geológicas do município de Itapororoca/PB: um estudo sobre as possibilidades de exploração sustentável no viés da geoconservação**. Monografia (Graduação). Ivanildo Costa da Silva. – Guarabira: UEPB, 2012.

SILVA, B. F. P. **Contribuição dos Distúrbios Ondulatórios de Leste para a chuva no Leste do Nordeste do Brasil: evolução sinótica média e simulações numéricas**. Dissertação (Mestrado). Bruce Francisco Pontes da Silva. São Paulo: USP, 2011.

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO DO MUNICÍPIO DE GUARABIRA-PB

¹ Maxsuel Bezerra do Nascimento, ² Walkimer Santana da Silva,
³ André Luiz da Silva, ⁴ Gyovane Santos da Silva, ⁵ Lincoln Eloi de Araújo

1 Graduando em ecologia, UFPB, Rio Tinto, Paraíba, E-mail: Maxsuel10gba@hotmail.com; 2 Graduando em ecologia, UFPB, Rio Tinto, Paraíba, E-mail: Walkimer.santana@hotmail.com; 3 Graduando em ecologia UFPB, Rio Tinto, Paraíba, E-mail: andre.ls01@hotmail.com; 4 Graduando em ecologia, UFPB, Rio Tinto, Paraíba, E-mail: gyo.vanne@hotmail.com; 5 Doutor em Recursos Naturais, UFPB, Rio Tinto, Paraíba, E-mail: lincolneloi@yahoo.com.br

RESUMO: O Nordeste brasileiro apresenta grande variabilidade de precipitação, motivo pelo qual se faz necessário o monitoramento de períodos úmidos e secos, tendo em vista garantir o melhor gerenciamento desse recurso para as propriedades locais, assim o presente trabalho teve por objetivo estudar a distribuição das chuvas no município de Guarabira-PB. O município de Guarabira, localizado no estado da Paraíba, fica compreendido na mesorregião do Agreste e microrregião de Guarabira. Para avaliação temporal da precipitação do município foram utilizados dados fornecidos pela AESA, no qual calculou-se as médias mensais e anuais de precipitação do município. O comportamento pluviométrico temporal do município de Guarabira se dá em dois períodos distintos, um período de cinco meses úmidos e outro com sete meses secos. Para a espacialização utilizou-se o programa Surfer, aonde foram utilizados 7 pontos meteorológicos que foram as cidades vizinhas a Guarabira.

PALAVRAS-CHAVE: Chuva, Variabilidade, Nordeste, Agricultura.

SPACE-TEMPORAL EVALUATION OF THE PRECIPITATION OF THE MUNICIPALITY OF GUARABIRA-PB

ABSTRACT: The Brazilian Northeast presents great variability of precipitation, which is why it is necessary to monitor wet and dry periods, in order to guarantee the best management of this resource for local properties, so the present work had the objective of studying the distribution of Rainfall in the municipality of Guarabira-PB. The municipality of Guarabira, located in the state of Paraíba, is comprised in the mesoregion of the Agreste and micro-region of Guarabira. For the temporal evaluation of the precipitation of the municipality were used data provided by the AESA, in which the monthly and annual averages of precipitation of the municipality were calculated. The temporal pluviometric behavior of the municipality of Guarabira occurs in two distinct periods, a period of five humid months and the other with seven dry months. For the spatialisation, the Surfer program was used, where 7 meteorological points were used, which were the neighboring cities of Guarabira.

KEY WORDS: Rain, Variability, Northeast, Agriculture.

INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos das diversas regiões do Brasil (MEDEIROS, 2016). Tal importância deve-se as consequências do que elas podem ocasionar, quando em excesso ou em deficiência para os setores produtivos da sociedade, tanto do ponto de vista econômico quanto social (agricultura, irrigação, hidrologia, etc.), causando enchentes, secas, etc. (CALBETE et al., 2003).

O Nordeste brasileiro caracteriza-se por ter grandes irregularidades na precipitação, cujo comportamento é decorrente de um conjunto de fatores fisiográficos e de sistemas atmosféricos (ARAÚJO et al., 2008).

De acordo com Reboita et al (2010) os sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste do Brasil são: ZCIT; convecção por aquecimento radiativo da superfície; CCMs tropicais; ventos alísios, circulação de brisa; LI; ondas de leste; cavado do nordeste do Brasil; VCANs tropicais; ASAS; frentes. Esses sistemas atmosféricos influenciam diretamente e indiretamente a ocorrência de chuvas sobre a região do Nordeste brasileiro.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar a distribuição espaço-temporal das chuvas no município de Guarabira.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Guarabira, localizado no Estado da Paraíba, fica compreendido na mesorregião do Agreste paraibano e microrregião de Guarabira (Figura 1), a uma distância de 98 km de João pessoa que é a capital do Estado. Abrange uma área de 165.744 km² de extensão territorial e a sua população é de 58.529 mil habitantes. (IBGE, 2016). Conhecida como rainha do brejo, pelo fato de ser a principal cidade-polo de uma região caracterizada pelas regularidades de chuvas.

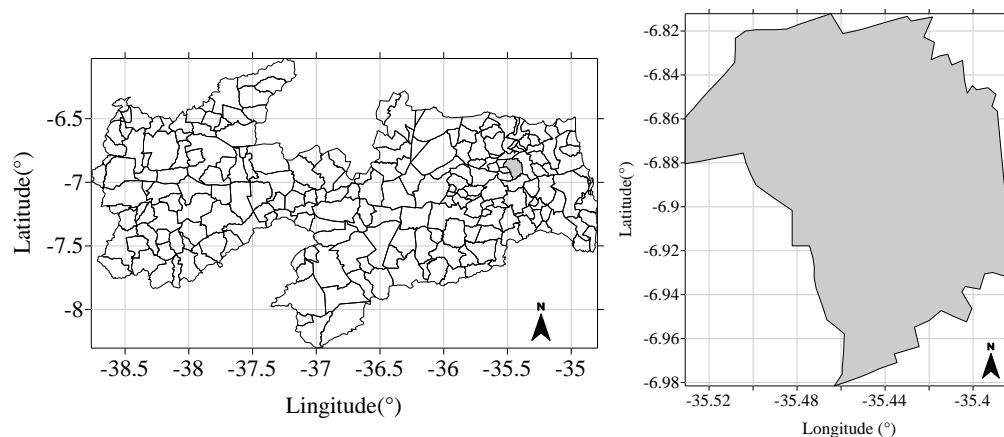


Figura 1. Mapa de Localização do Município de Guarabira.

Para a avaliação temporal da precipitação do município, utilizou-se dados fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), no qual foi calculada as médias mensais e anuais de precipitação do município (Tabela 1).

Tabela 1. Tabela pluviométrica do município de Guarabira, ao longo de 21anos (1994-2014).

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
MEDIA	90,8	90,1	129,9	134,1	139,7	197,0	159,0	92,4	43,6	15,8	14,0	34,4

Foram obtidos dados de 01 (um) posto pluviométrico, localizado no município de Guarabira, do qual, foi disponibilizada uma série histórica de 21 anos, vale ressaltar que ao longo da série histórica de dados foram encontradas algumas lacunas, como o ano de 2006, que não se obteve dados, porém, as mesmas não representaram alterações significativas nos resultados. Para a climatologia, uma série como esta é considerada curta, contudo, segundo Santos et al. (2011), embora curta, ela nos permite formular hipóteses sobre tendências de aumento ou redução das chuvas.

Para a espacialização foram utilizados 7 pontos meteorológicos que foram as cidades vizinhas a Guarabira, sendo elas Araçagi, Alagoinha, Cuitegi, Mulungu, Piloeszinho e Pirpirituba, onde foram feitas a média de cada cidade e depois foram plotados no software surfer para gerar a figura de espacialização da cidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento temporal da precipitação do município de Guarabira se deu em dois períodos distintos, um período de cinco meses úmidos e outro com sete meses secos. A estação chuvosa se estende de Março a Julho, apresentando o mês de Junho o mais representativo atingindo uma média 197,0 mm, diferentemente dos meses de Agosto a Fevereiro que representam a estação seca da região, com o seu representante de menor precipitação o mês de Novembro com valor de 14,0 mm (Figura 2).

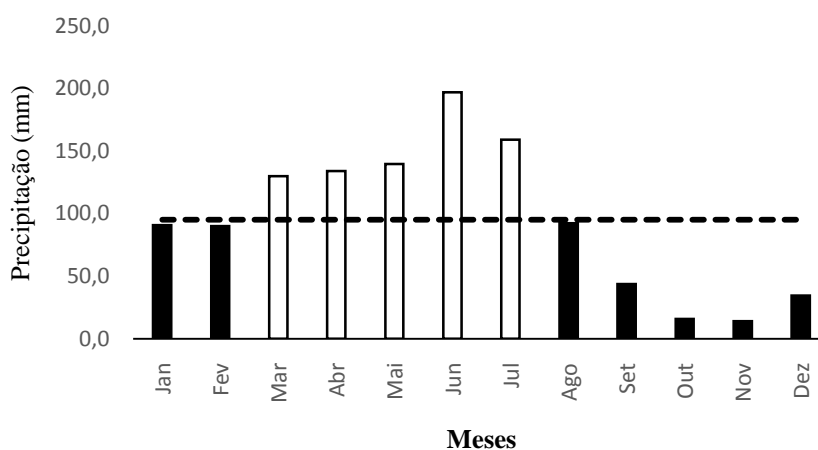


Figura 2. Fluviograma mensal de Guarabira.

De acordo com Araújo et al. (2009), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atinge seu máximo no mês de março, o mesmo mês que inicia a estação chuvosa

do trabalho aqui discutido. No entanto, compreende-se que o mês que apresentou seu maior índice de precipitação foi o mês de junho, mês este que apresenta grande aporte hídrico para o município.

Constatou-se que as precipitações mais elevadas foram distribuídas, em sua grande maioria, na parte noroeste apresentando o seu ápice de 1140 mm. Notou-se ainda que ao longo do município a precipitação decresce da parte norte para o sul, sendo as regiões sul e sudeste as áreas com menor precipitação (Figura 03).

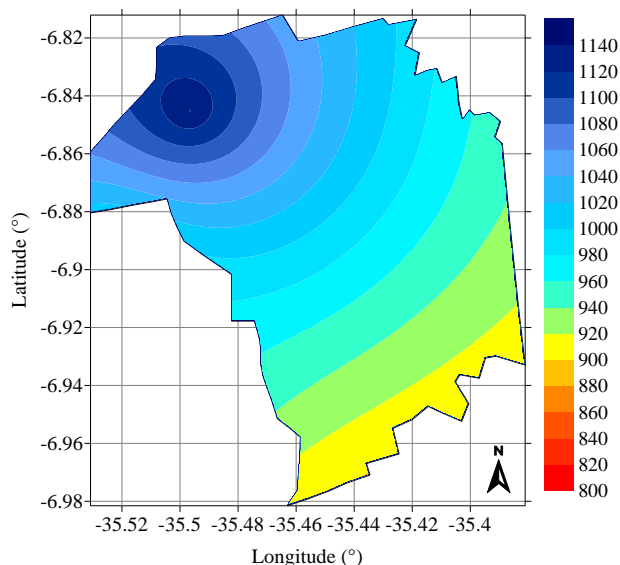


Figura 3. Espacialização de Guarabira,

CONCLUSÕES:

Conclui-se que a variabilidade temporal da precipitação no município de Guarabira se dividiu em dois períodos, sendo elas a estação chuvosa que vai de Março a Julho, e o período seco, que vai de Agosto a Fevereiro. A variabilidade espacial da precipitação demonstrou que a parte noroeste apresenta maior concentração de chuvas e que em contrapartida, as áreas sul e sudeste possuem menor índice de precipitação. Por fim vale ressaltar que a precipitação influencia diretamente nos fatores ecológicos do município, beneficiando a flora e a fauna local, e os fatores econômicos dependentes da população como avicultura industrial e as produções locais.

REFERÊNCIAS:

ARAÚJO, L. E. et al. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, 162-169, 2008.

ARAÚJO, L. E. et al. Classificação da precipitação e da quadra chuvosa da Bacia do Rio Paraíba utilizando índice de anomalia de chuva (IAC). **Ambi-Agua**, v.4, p.93-110, 2009.

CALBETE, N. O. et al. **Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil, 1996**. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 29/04. 2013.

IBGE 2016- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contagem da população 2016. Acesso em: 13 de Abril de 2017. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250630>

MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; 2016. **Estudo Climático do Município de Matinhas-PB: Fatores meteorológicos e suas contribuições à citricultura**. 1.a Edição Campina Grande – PB 2016, Capítulo 1, p.14.

REBOITA, M. S. et al. **Regimes de precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica**, Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2, 185 - 204, 2010

SANTOS, E. P. et al. Eventos extremos de chuva e alterações no regime hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Uma aplicação do índice RAI (RainfallAnomaly Index). **Engenharia Ambiental**, v.8, p.315-330. 2011.

PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E SUAS FLUTUAÇÕES EM BANANEIRAS – PARAÍBA, BRASIL

Verônica Gabriella de Oliveira¹, Alécio Rodrigues Pereira², Raimundo Mainar de Meideiros³.

¹ Doutoranda, Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882, Campus Campina Grande – PB, CEP: 58429-900.Brasil, emails: oliver.gabzinha@hotmail.com; ² Mestre em meteorologia, email:aleciorp@hotmail.com; ³ Pesquisador da Universidade Federal de Pernambuco, email: mainarmedeiros@gmail.com.

RESUMO: Analisou-se a distribuição espaço temporal e tendência futura da precipitação pluvial para o município de Bananeiras - PB. Utilizou-se uma série de precipitação pluvial no período de 1962 a 2013, totalizando 51 anos de dados, que foram devidamente tratados e processados em planilhas eletrônicas. Aplicou-se o teste de Mann-Kendall com a finalidade de detectar tendências hidroclimáticas nas séries pluviométricas. Nos índices pluviométricos registrou-se flutuação, não apresentando nenhuma tendência de acréscimo ou decréscimo de chuva, apresentando uma média climatológica anual de 1.166,5 mm. A tendência de maior variabilidade da precipitação centrou-se entre os meses de março a julho, que possui elevados índices de chuva para a área estudada, e os menores índices pluviométricos foram observados entre meses de agosto a fevereiro, que possui baixos índices pluviométricos. O período mais chuvoso compreende em os meses de março a julho, que recebeu 69% do total de precipitação anual, e o mais seco entre os meses de janeiro a fevereiro e agosto a dezembro, que juntos recebem 31% das chuvas.

PALAVRAS-CHAVE: Teste Mann-Kendall, oscilações pluviais espaço temporal, irrigação, agricultura.

RAINFALL PRECIPITATION AND ITS FLOATINGS IN BANANEIRAS - PARAÍBA, BRAZIL

ABSTRACT: We analyzed the distribution timeline and future trend of rainfall for the municipality of banana trees - PB. We used a series of rainfall in the period from 1962 to 2013, totaling 51 years of data, which were properly treated and processed into spreadsheets. The Mann-Kendall test to detect sales forecasting in the series of rainfall. In the pluviometric indexes registered float, not showing any tendency to increase or decrease of rainfall, showing an average annual weather of 1,166.5 mm. The trend of increased variability of rainfall concentrated between the months of March to July, which has high levels of rain for the study area, and the lowest rainfall were observed between months from August to February, which has low rainfall. The rainier understands in the months from March to July, who received 69% of the total annual rainfall, and the driest between the months of January and February and August to December, which together receive 31% of the rainy season.

KEY-WORDS: Mann-Kendall test, Timelinestorm swings, irrigation, agriculture.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é toda água que cai da atmosfera sobre a superfície terrestre no estado líquido ou sólido (Silva et al., 2005). Sua forma de medida é simples, mas também é uma das variáveis mais difíceis de ser observada, uma vez que apresenta erros sistemáticos de observação, de exposição e de localização dos instrumentos de acordo com os autores Molion e Bernardo (2002).

O clima é o fator de produção agrícola de mais difícil controle e de maior impacto quando se deseja a maior produtividade de uma determinada cultura em conformidade com Ayoade (2006). Parâmetros climatológicos exercem influência sobre todos os estágios da cadeia de produção agrícola, incluindo a preparação da terra, semeadura, crescimento dos cultivos, colheita, armazenamento, transporte e comercialização (Ayoade, 2006).

O brejo paraibano apresenta séries históricas de precipitação que propicia o cultivo de várias espécies vegetais, entretanto nos últimos anos estações chuvosas irregulares têm caracterizado sucessões de anos considerados secos, comprometendo a capacidade produtiva da região. Os anos secos resultam em baixas nos reservatórios hídricos que disponibilizam água para a região e de acordo com Paula et al. (2010) o monitoramento da precipitação pluviométrica é uma ferramenta indispensável na mitigação de secas.

A variação espacial da precipitação pluvial no Estado da Paraíba é influenciada por diferentes sistemas atmosféricos que atuam na costa Leste do Nordeste Brasileiro - NEB. Roucouet al. (1996), observaram que a precipitação pluvial no NEB esta associada aos movimentos verticais ascendentes de ar e à migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O estado apresenta estações chuvosas bem definidas conforme Silva et al. (1996).

De acordo com Silva et al. (2008) a habilidade de antecipar como o clima irá mudar de um ano para o outro, possibilita melhor gerenciamento da agropecuária, recursos hídricos e atividade pesqueira. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) recomenda o teste não paramétrico de Mann-Kendall para verificar a presença de tendências climáticas, possibilitando identificar os meses para os quais a tendência é significativa.

A presente pesquisa objetivou realizar uma distribuição espaço temporal e tendência futura da precipitação pluvial para o município de Bananeiras - PB, a partir da série que compreende o período de 1962 a 2013. Utilizou-se o teste de Mann-Kendall com a finalidade de detectar tendências hidroclimáticas nas séries pluviométricas.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Bananeiras está inserido na serra da Borborema e na região do brejo paraibano. Possui área de 158 Km², localiza-se nas coordenadas geográficas de latitude 06°45'S, longitude 35°38'W e altitude 526 metros. Está inserido na unidade geoambiental do planalto da Borborema, que apresenta relevo movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados em conformidade com Medeiros et al. (2012). De acordo com a classificação de Köppen o clima é considerado do tipo AS – Tropical chuvoso, com verão seco.

A classificação climática de Thornthwaite em um período normal é do tipo C₂A'Ra', para o período seco a sua classificação é C₂E'Ra', a classificação do período chuvoso é do tipo C₂D'Ra' e do período regular classifica-se como C₂B'₂R a'. O período chuvoso inicia-se em janeiro/fevereiro e podendo se estender até outubro (AESAs, 2016). Apresenta

temperatura anual máxima, mínima e média de 27,0°C, 18,8°C e 22,0°C, respectivamente. (Figura 1).

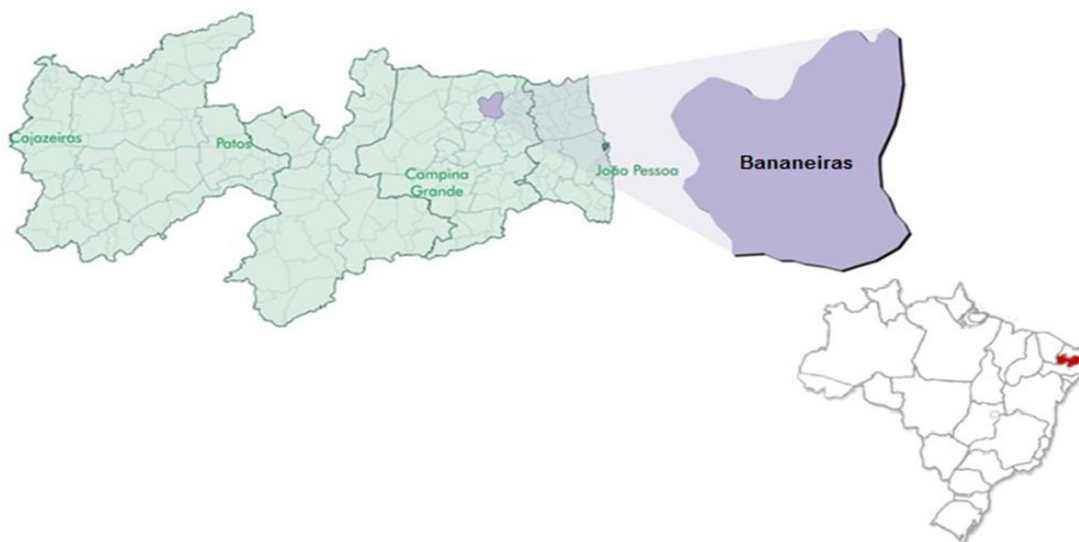


Figura 1. Localização do município de Bananeiras na Paraíba
Fonte: Google Imagem

O principal sistema causador de chuva na área municipal é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a contribuição das formações dos vórtices ciclônicos de altos níveis, formações de linhas de instabilidade, aglomerados convectivos e dos ventos alísios de nordeste, fatores estes que transportam vapor e umidade e, conseqüentemente, aumenta a nebulosidade.

Normalmente as chuvas têm intensidade moderada (de tempo regular e por volta de oito a dez horas de chuvas descontínuas diárias), seguidas de irregularidade devido às falhas dos sistemas meteorológicos atuantes. Salienta-se que a ocorrência de períodos de veranicos (ocorrências de vários dias consecutivos sem chuva durante o período chuvoso) no quadrimestre mais chuvoso (abril a julho) é variante de ano para ano. Sua magnitude é variação depende da época e dos fatores meteorológicos. Tem-se registrado ocorrências com períodos de veranicos superiores a dezessete (17) dias mensais no intervalo de tempo ocorrido dentro do quadrimestre em conformidade Medeiros (2015).

Os dados de precipitação mensal utilizados nessa pesquisa foram obtidos a partir de bancos de dados da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990) e da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), para o período de 1962 a 2013, totalizando 51 anos de dados, onde foram devidamente processados em planilhas eletrônicas. Utilizaram-se da estatística básica para calcular as médias, desvio padrão, coeficiente de variância, máximos e mínimos valores absolutos.

Regressão linear e estatística

O Teste de Mann-Kendall (S) foi usado para analisar as tendências lineares da série. Este teste não paramétrico pode ser usado em séries descontínuas com distribuição desconhecida, com a vantagem de usar a magnitude relativa dos valores da série. Porém, os dados precisam ser variáveis aleatórias, independentes e identicamente distribuídas Gilbert (1983). A estatística S é obtida pela soma de todas as contagens, de tal forma que:

$$S = \sum_{i=j}^n \sum_{j=l}^{i=l} \text{sin al}(x_i - x_j)$$

Sendo que o sinal $(x_i - x_j)$ é obtido as seguinte forma:

- 1 para $x_i - x_j < 0$;

0 para $x_i - x_j = 0$;

1 para $x_i - x_j > 0$

A estatística S tende a normalidade para n grande, com média e variância definidas, de tal forma que:

$$E[S] = 0$$

$$Var[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) \sum_{j=1}^p t_j(t_j-1)(2t_j+5)}{18}$$

Em que:

n é o tamanho da série temporal;

p é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados;

t_j é o número de dados com valores iguais num certo grupo j.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

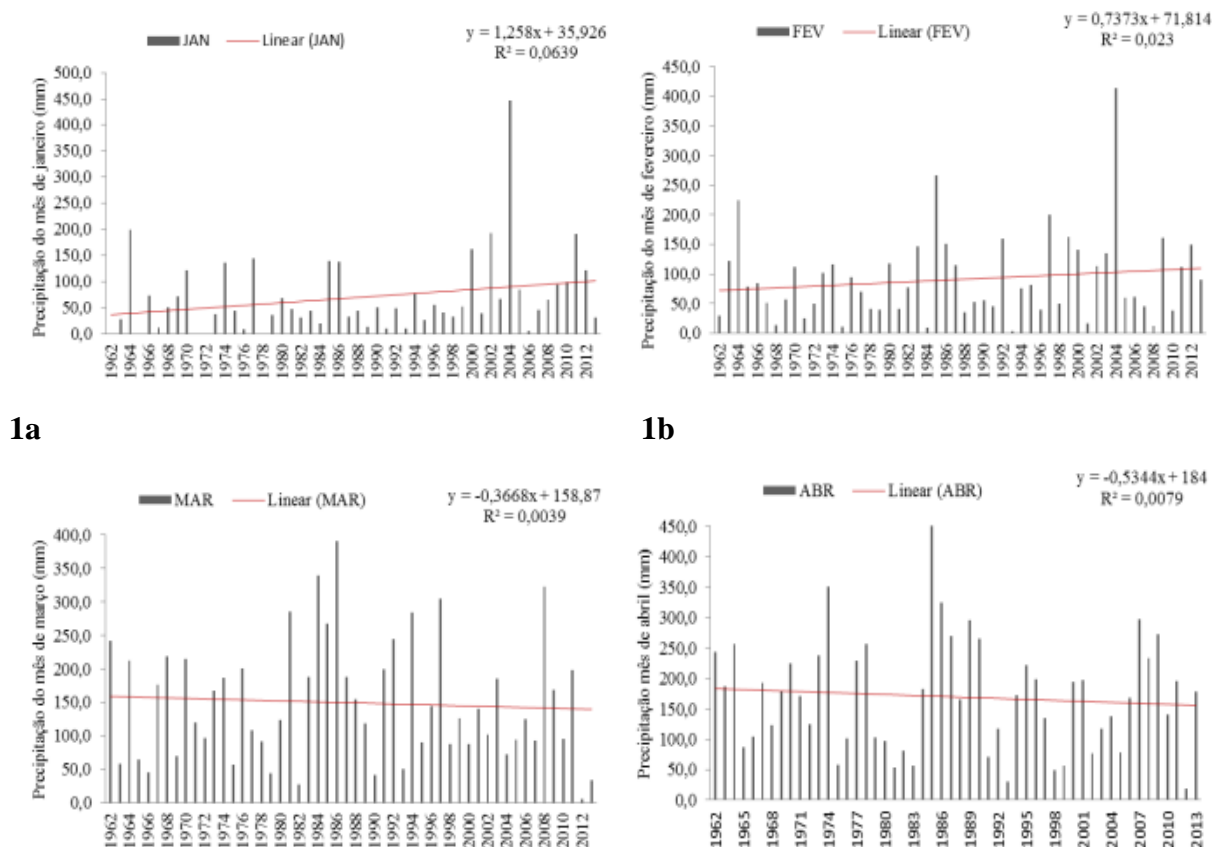
A presença de uma tendência estatisticamente significativa na série temporal foi avaliada usando-se o valor de Z. Essa estatística é usada para testar a hipótese nula de que nenhuma tendência existe. O valor positivo de Z indica uma tendência crescente, enquanto que negativo indica tendência decrescente. Para testar qualquer tendência constante, crescente ou decrescente, para um nível significativo de α , é rejeitada a hipótese nula se o valor absoluto de Z é maior que $Z_{1-\alpha/2}$, o qual é obtido na tabela da distribuição normal. Neste trabalho foram aplicados os níveis de significância de $\alpha = 0,05$. Por outro lado, se Z estiver entre 1,96 e 2,57 ou maior do que 2,57 rejeita-se a hipótese nula aos níveis de 5 e 1%, respectivamente. Assim, as médias são estatisticamente diferentes nesses níveis de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

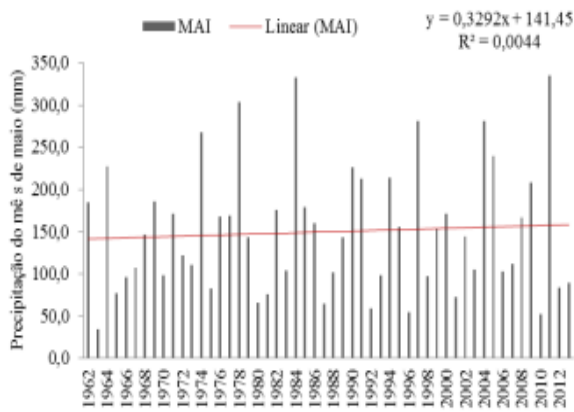
As figuras 1(a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l) representam a distribuição mensal do período de 1962 – 2015, incluindo a equação da reta seguidamente de R^2 . Na Figura 1a tem-se um coeficiente angular positivo e R^2 com baixa significância, e possível identificar que houve destaque nos anos de 1964, 2000, 2002, 2004 e 2011 com os maiores índices pluviométricos registrados no mês de janeiro. Na figura 1b tem-se a distribuição das variabilidades pluviométricas registradas no mês de fevereiro a qual se destaca os anos de 1968, 1975, 1984, 1993, 2001 e 2008 com baixos índices, o referido mês apresenta coeficiente angular positivo e R^2 de baixa significância não indicando flutuações específicas para o futuro.

As figuras 1c, 1d, 1e, 1f e 1g representam as chuvas ocorrentes nos meses de março, abril, maio, junho e julho, respectivamente. Destaca-se o acréscimo de precipitação ocorrida nesses meses em comparação com os meses anteriores e sucessores, sendo esse o período caracterizado por ser o mais chuvoso da região. Os meses de março e abril apresentaram coeficientes lineares negativos e nos demais meses foi positivo com R^2 apresentando baixa significância.

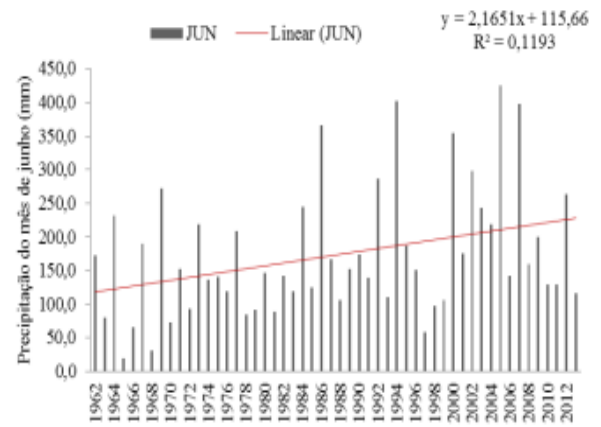
A figura 1 h representa as chuvas que ocorrem no mês de agosto, onde ainda ocorreu bastante precipitação pluvial, mas já apresenta uma significativa redução quando comparada com os meses do período mais chuvoso, o coeficiente angular é positivo e R^2 apresentou baixa significância. As figuras 1i, 1j, 1k e 1l representam os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, respectivamente, onde as chuvas reduzem de forma muito significativa, caracterizando um período mais seco para região, com algumas exceções de alguns anos em que o índice pluviométrico foi elevado em pelo menos um desses meses. O mês de setembro apresentou coeficiente linear negativo e nos demais meses foi positivo, com relação ao R^2 todos apresentaram baixa significância.



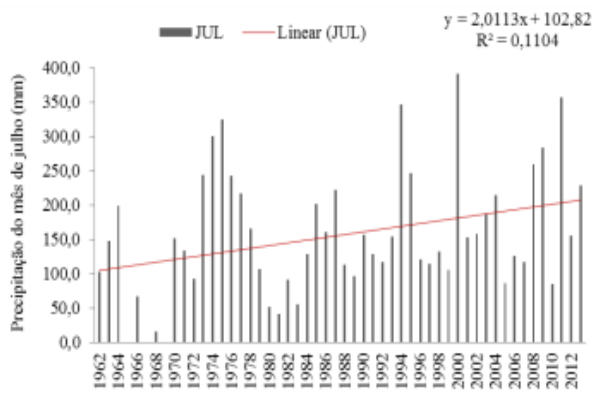
1c



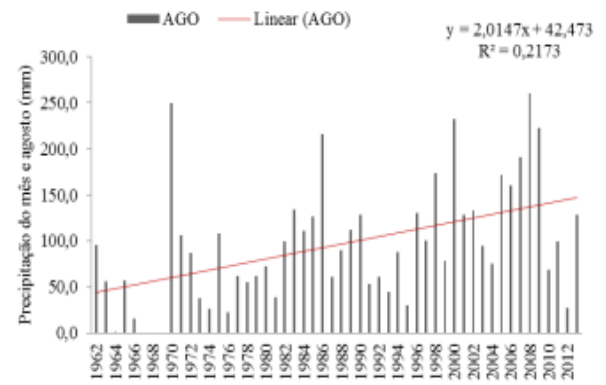
1d



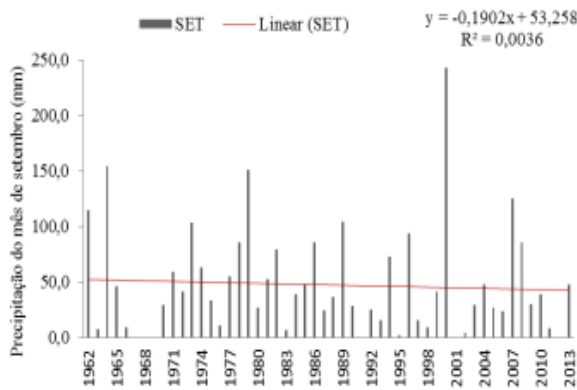
1e



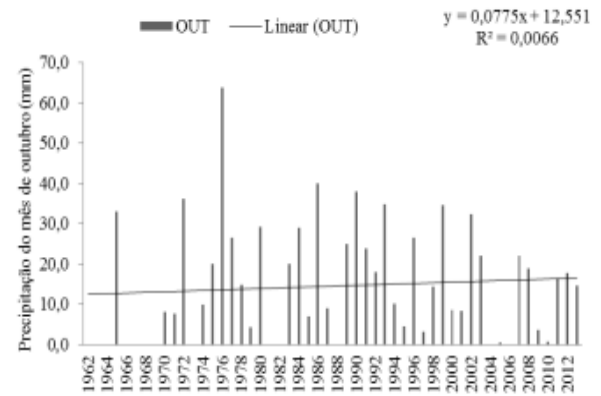
1f



1g

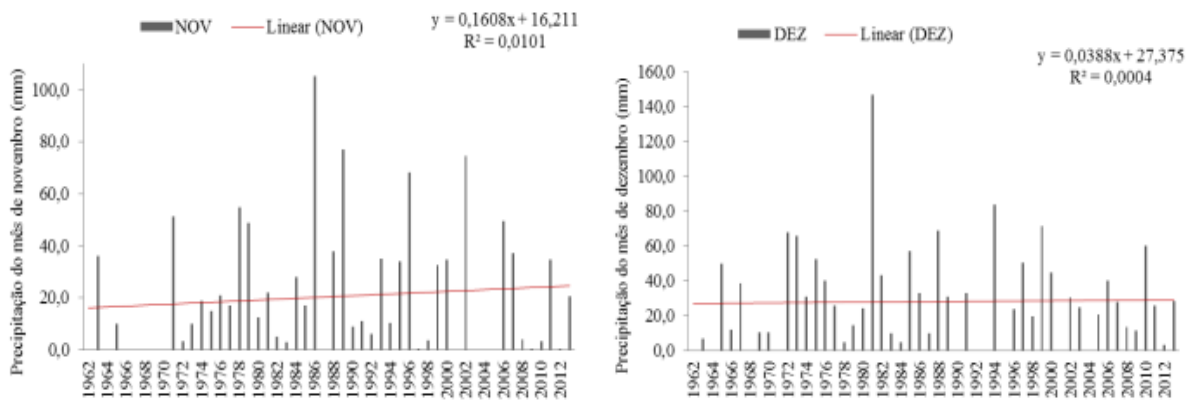


1h



1i

1j



1k

1l

Figura 1. Precipitação pluvial histórica mensal para o município de Bananeiras – PB

A precipitação apresentou grande flutuação, não apresentando nenhuma tendência de acréscimo ou decréscimo de chuva, bem como, a ausência de eventos extremos de periodicidade ao longo do tempo avaliado (Figura 2). Os anos menos chuvosos apresentaram precipitação em torno de 500 mm, já em anos mais chuvosos a precipitação girou em torno de 2.000 mm. As estiagens prolongadas ou as chuvas em excesso por períodos seguidos, em várias partes do mundo, incluindo a Paraíba, estão associadas aos fenômenos de escala global, como o El Niño e La Niña, que afetam a circulação geral da atmosfera.

O problema da irregularidade pluviométrica no Nordeste do Brasil (NEB) resulta não só da variação dos totais pluviométricos, mas, principalmente, da duração e intensidade dessas precipitações. Em virtude dessa irregularidade climática, grandes extensões do NEB são submetidas periodicamente aos efeitos das secas que ocasionam o êxodo rural, enfraquecendo ainda mais a economia local.

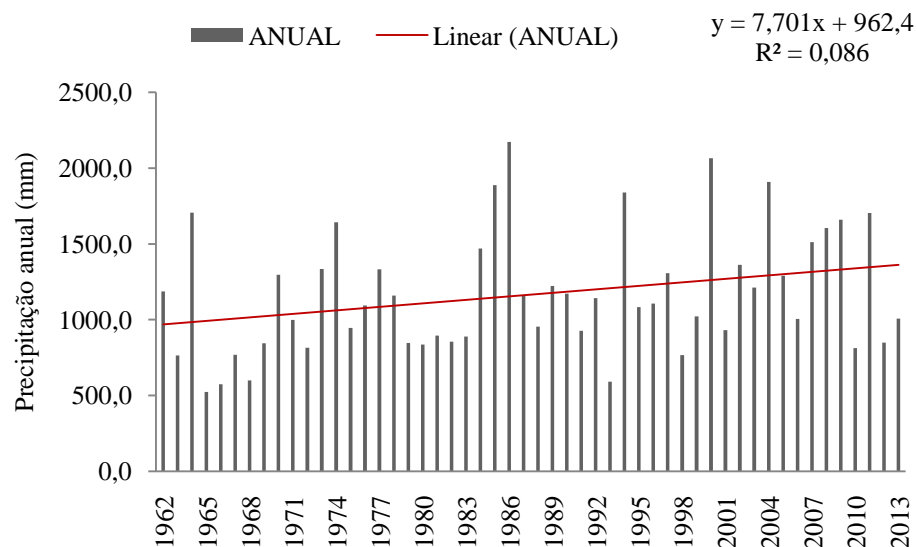


Figura 2. Comportamento da precipitação pluvial referente ao período 1962 a 2013 para o município de Bananeiras - PB

A precipitação pluvial climatológica (média) para o período observado foi de 1.166, 5 mm (Figura 3). O que é uma média relativamente elevada quando comparado com outras regiões Nordeste do país e caracteriza o município de Bananeiras, de modo geral, como uma região chuvosa e com potencial produtivo de algumas culturas agrícolas, como hortaliças, verduras e frutas, entretanto, a distribuição irregular das chuvas compromete essa produção.

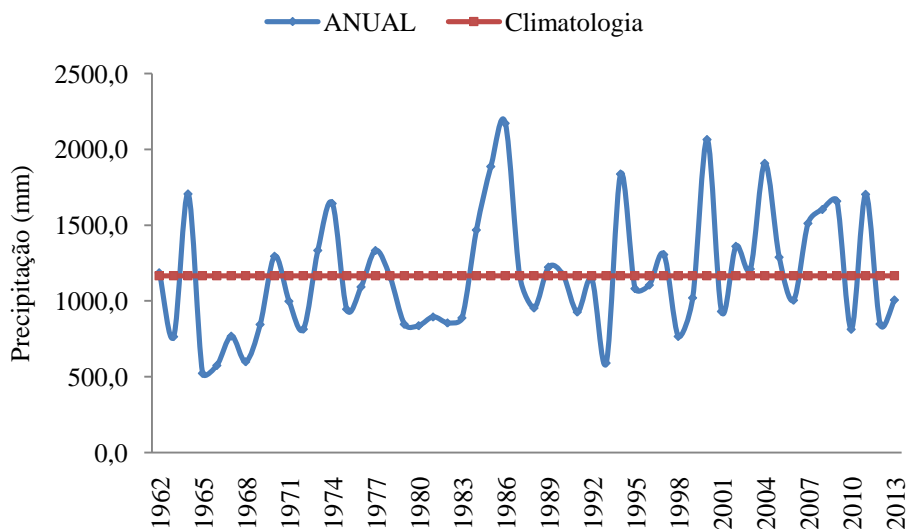


Figura 3. Comportamento da precipitação pluvial climatológica (média) e anual, referente ao período de 1962 a 2013 para o município de Bananeiras – PB

O período mais chuvoso vai de março a julho, onde, nesse período o município de Bananeiras recebe 69% das chuvas que ocorrem anualmente, já o período mais seco compreende os meses agosto a fevereiro, onde, esse período recebe 31% das chuvas (Figura 4). Dessa forma caracteriza-se uma distribuição irregular de chuvas, ou seja, as chuvas se concentram em maior quantidade entre quatro meses do ano (março-julho) e os demais meses apresentam uma maior estiagem (agosto-fevereiro).

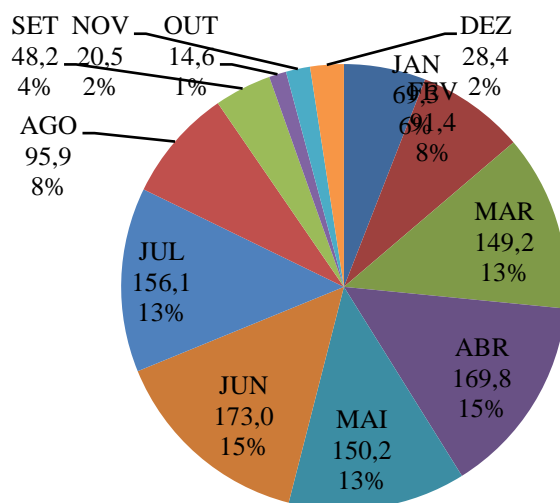


Figura 4. Precipitação pluvial mensal média e percentual para os meses do ano no município de Bananeiras - PB

As médias normalizadas são representadas na figura 5. Foram destacados os anos de 1986 e 2000 por ter apresentados máximos valor precipitado e os anos de 1963 e 1993 de mínimos valores. Observa-se ainda uma tendência crescente da precipitação pluvial no município em estudo. A significância do acréscimo foi Testada pelo método de Mann Kendall, onde a equação da tendência média da precipitação pluviométrica indica tendência positiva não significativa ($Z = 2,46$), indicando um aumento não significativo da precipitação pluvial ao longo do período analisado ($\Delta P = 175,9$ mm).

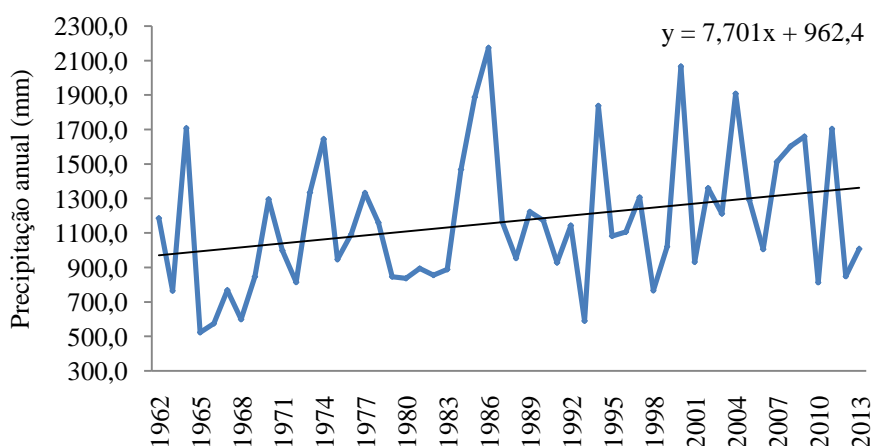


Figura 5. Média normalizadas da precipitação pluvial referente ao período de 1962 a 2013 para o município de Bananeiras - PB

CONCLUSÕES

Com base no estudo da precipitação pluvial e suas flutuações para o município de Bananeiras - PB obteve-se as seguintes conclusões:

- Não foi observada nenhuma tendência comportamental significativa da precipitação pluvial. Todavia foram observados períodos e anos apresentando chuvas bastantes acima ou abaixo da média;
- Em virtude da grande variação na pluviometria ao longo dos anos, é possível observar que os fenômenos de macro, meso e micro escalas são de grande influência para os regimes pluviométricos do município;
- Conforme a análise de regressão linear da série histórica de precipitação do município de Bananeira, a tendência de maior variabilidade da precipitação centra-se entre os meses de março a julho, que possuem elevados índices de chuva para a região, e os menores índices pluviométricos foram centralizados entre os meses de Agosto a fevereiro;
- As irregularidades pluviométricas ocorridas entre 1962 e 2012 demonstram que no período de 1990 e 2012 as chuvas foram abaixo da normalidade.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela bolsa de pesquisa, assim, fazendo possível o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. João Pessoa, 2011. Disponível em <<http://geo.aesa.pb.gov.br>>. Acesso: 18 de julho de 2016.

AYOADE, J. O. 2006. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

MEDEIROS, R.M.; BORGES, C.K.; SANTOS, L.J.V. Análise climatológica da precipitação no município de Bananeiras-PB no período de 1930-2011 como a contribuição a agroindústria. In: **V Jornada nacional da agroindústria**, Bananeiras, 06 a 09 de novembro de 2012.

MEDEIROS, R. M. **Estudo agrometeorológico para o Estado da Paraíba**. p.125.2015.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.1, p.1-10, 2002.

PAULA, R. K.; BRITO, J. I. B.; BRAGA, C. C. Utilização da análise de componentes principais para verificação da variabilidade de chuvas em Pernambuco. In: **XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Belém do Pará, PA, 2010.

ROUCOU, P.; ARAGÃO, J.O.R.; HARZALLAH, A.; FONTAINE, B.; JANICOT, S. Vertical motion, changes to Northeast Brazil rainfall variability: A GCM simulation. **International Journal of Climatology**, v.16, n.1, p.879-891,1996.

SILVA, M.I.S.; GUIMARÃES, E.C.; TAVARES, M. Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.5, p.480-485, 2008.

SILVA J. B, BASZALUPP M. P.; PAZ, S. R. Comportamento das precipitações pluviométricas mensais em Pelotas, Rio Grande do Sul. **Revista de agrometeorologia**. V.13, p.155-159. 2005.

SILVA, V.P.R.; AZEVEDO, P.V.; BRITO, J. I. B. Origem do máximo relativo de pluviometria no extremo Oeste do Estado da Paraíba. In: **Congreso Argentino de Meteorología, e Congreso Latino americano e Ibérico de Meteorologia**, 1996, Buenos Aires, Anais... Buenos Aires: Centro Argentino de Meteorólogos y Federación Latino americana Y Ibérica de Sociedade de Meteorologia, p.101-102.1996.

ANÁLISE CLIMÁTICA DA MICRORREGIÃO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO – PERNAMBUCO

Carolayne Silva de Souza¹, Amanda Steffany Quirino de Alcântara Maciel², Eberson Pessoa Ribeiro³

¹Bolsista PIBIC, IFPE, Vitória de Santo Antão, PE, carol.silva452@gmail.com; ²Bolsista PIBIC, IFPE, Vitória de Santo Antão, PE, amandadealcantaramaciel@gmail.com; ³Professor, IFPE, Vitória de Santo Antão, PE, Eberson.pessoa@vitoria.ifpe.edu.br

RESUMO: A microrregião de Vitória de Santo Antão, localizada na Mesorregião da Mata de Pernambuco e se destaca pela pujança no setor industrial e comercial, bem como na sua produção agrícola. Assim, o presente artigo tem como objetivo analisar as características climáticas por meio dos elementos de precipitação e temperatura, além da evapotranspiração potencial (ETP) pelo método de Thornthwaite (1948). Assim, foram utilizados nesta pesquisa os valores médios mensais da precipitação da série histórica de 1950 a 2015, medidos de 6 estações meteorológicas. Já a obtenção dos dados médios mensais de temperatura do ar foi empregue o *software* Estima_T, o qual estima temperaturas do ar por meio de regressões múltiplas em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude. E a evapotranspiração potencial corrigida foi estimativa pelo método de Thornthwaite (1948). Por fim, realizou-se a representação espacial desses parâmetros por meio da aplicação da krigagem. Constatou-se que tanto a temperatura do ar quanto a ETP diminuem no sentido sudoeste e que a configuração e a exposição do relevo têm forte influência não nesses elementos, mas também na precipitação pluviométrica na área.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação, Temperatura do ar, ETP.

CLIMATIC ANALYSIS OF THE MICROREGION OF VITÓRIA DE SANTO ANTÃO – PERNAMBUCO

ABSTRACT: The Vitória de Santo Antão microregion, located in the Meso-region of the Mata de Pernambuco, stands out for the strength in the industrial and commercial sector, as well as in its agricultural production. Thus, the present article aims to analyze climatic characteristics through rainfall and temperature elements, as well as potential evapotranspiration (PET) by the Thornthwaite method (1948). Thus, the mean annual rainfall values of the historical series from 1950 to 2015, measured from 6 meteorological stations, were used in this study. The monthly average air temperature data were estimated using Estima_T software, which estimates air temperatures through multiple regressions as a function of the local coordinates: longitude, latitude and altitude. And potential corrected evapotranspiration was estimated by the method of Thornthwaite (1948). Finally, the spatial representation of these parameters was performed through the application of kriging. It was found that both the air temperature and the ETP decrease in the southwest direction and that the configuration and the exposure of the relief have a strong influence not in these elements, but also in the rainfall in the area.

KEY-WORDS: Precipitation, Air Temperature, PET.

INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil (NEB) apresenta grande diversidade de climas devido aos diversos sistemas atmosféricos responsáveis pela distribuição das chuvas na região, bem como pela variabilidade interanual e intrassazonal. A variabilidade e a irregularidade das precipitações, bem como as excepcionalidades e eventos climáticos interferem intensamente nas atividades agropecuárias, minimizando a eficiência da produção e comprometendo os calendários agrícolas (SANT'ANNA NETO, 1998).

De tal modo, o monitoramento de períodos chuvosos e secos e da variabilidade espaço-temporal da precipitação é essencial para a gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas como, por exemplo, no NEB. Assim, “é de capital importância dispor-se de instrumental prático de auxílio à tomada de decisões, notadamente nos períodos de secas” (FREITAS, 2005, p. 84). “As quantidades relativas de precipitação pluvial (volume), seu regime sazonal ou diário (distribuição temporal) e as intensidades de chuvas individuais (volume/duração) são algumas das características que afetam direta ou indiretamente a população, a economia e o meio ambiente” (BRITTO; BARLETTA; MENDONÇA, 2006, p. 36).

A microrregião de Vitória de Santo Antão destaca-se pela agricultura com o plantio de cana-de-açúcar, frutas, verduras e hortaliças, caracterizando-se como cinturão verde da Região Metropolitana do Recife – RMR, além de sua pujança industrial e comercial. De tal modo, a análise climatológica, estudo da variabilidade espaço-temporal da precipitação é essencial para um planejamento hídrico estratégico.

O presente artigo se justifica por apresentar uma análise integrada dos aspectos climáticos, em função das condições climáticas vigentes, uma vez que acarretam sérias implicações socioeconômicas e ambientais sobre a sociedade que compõe a referida microrregião. A análise servirá de subsídios técnico-científicos para a elaboração de planos de ações governamentais de enfrentamento, mitigação e adaptação aos efeitos adversos às novas realidades proporcionadas pelo cenário atual e na tomada de decisões para cenários futuros, fundamentais para a promoção do desenvolvimento local sustentável.

Assim, visando compreender a influência climática sobre as condições agroecológicas da microrregião de Vitória de Santo Antão buscou-se analisar as características climáticas por meio dos elementos de precipitação e temperatura, além da evapotranspiração potencial (ETP) pelo método de Thornthwaite (1948).

MATERIAL E MÉTODOS

A área a ser pesquisada é a microrregião de Vitória de Santo Antão que está localizada no centro da Mesorregião da Mata de Pernambuco, na qual compõe os municípios de Chã de Alegria, Glória do Goitá, Vitória de Santo Antão, Pombos e Chã Grande (Figura 1).

Do ponto de vista fisiográfico, a microrregião é marcada pelo relevo com superfícies retrabalhadas com intenso dissecamento e vales profundos. A vegetação é predominantemente do tipo floresta subperenifólia, com partes de floresta hipoxerófila e solos latossolos nos topos planos, sendo profundos e bem drenados; pelos podzólicos nas vertentes íngremes, sendo pouco a medianamente profundos e bem drenados; e pelos gleissolos de várzea nos fundos de vales estreitos, com solos orgânicos e encharcados. Nos aspectos climatológicos é distinguida pelas elevadas médias anuais de temperatura e evaporação, com precipitações pluviométricas em torno de 1300 mm/ano, com período chuvoso que começa no outono/inverno tendo

início em dezembro/janeiro e término em setembro, característica do clima Tropical Chuvoso com verão seco (MASCARENHAS et al., 2005).

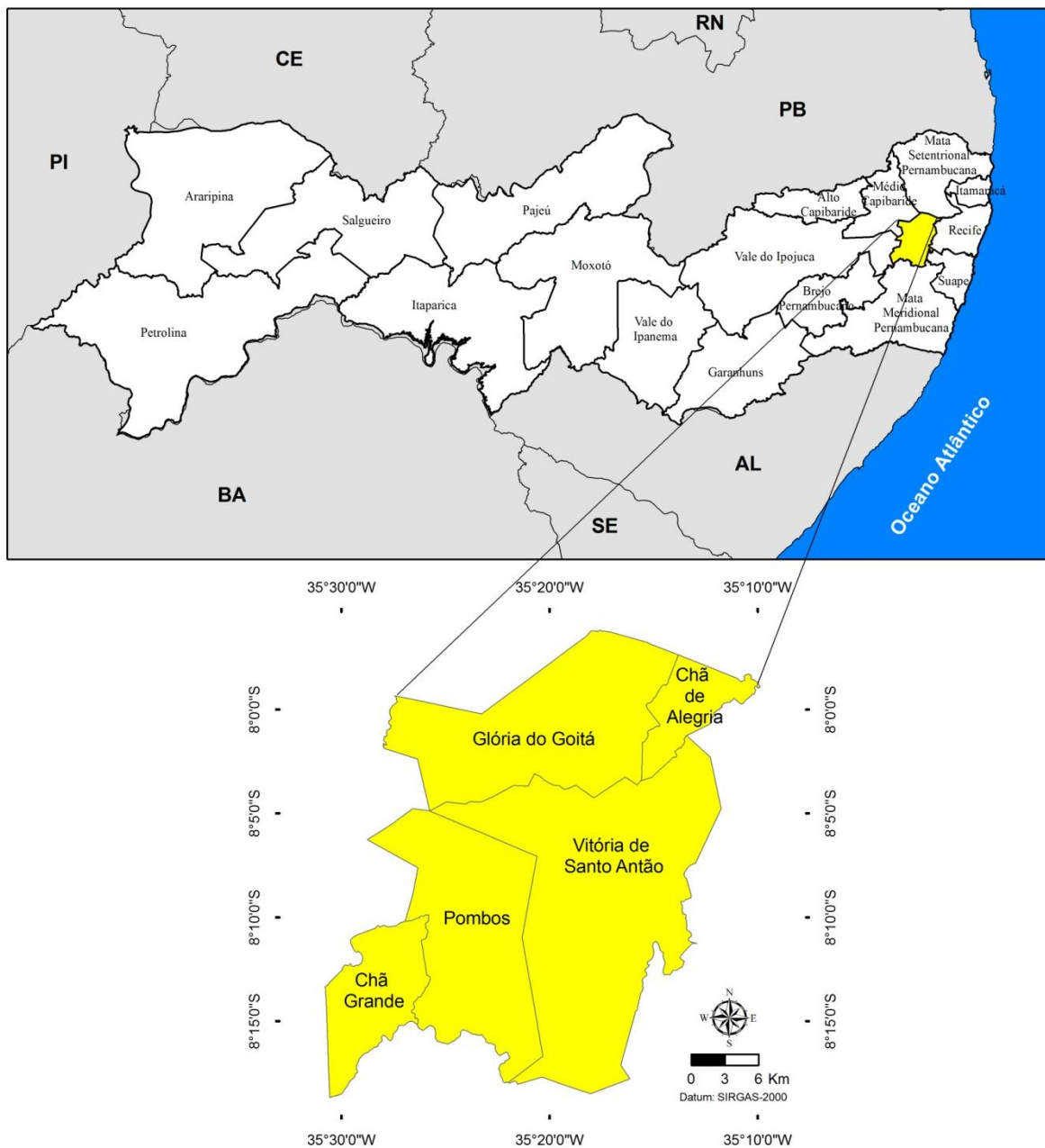


Figura 1. Localização da microrregião de Vitória de Santo Antão

Foram utilizados nesta pesquisa os valores médios mensais da precipitação da série histórica de 1950 a 2015, medidos de 6 estações meteorológicas distribuídas na microrregião obtidos por meio da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac). A Tabela 1 apresenta as estações utilizadas por município com seus respectivos códigos, coordenadas geográficas e fonte (agência) consultada e a Figura 2 a representação espacial da localização das estações meteorológicas.

Tabela 1. Distribuição das estações pluviométricas utilizadas na pesquisa

Nº	Agência	Código	Município	Latitude	Longitude	Altitude
1	Apac	522	Chã de Alegria	-7°59'25''	-35°12'48''	141
2	Apac	117	Chã Grande	-8°14'32''	-35°27'33''	475
3	Apac	136	Glória do Goitá	-8°0'40''	-35°16'22''	152
4	Apac	127	Pombos	-8°08'16''	-35°23'46''	190
5	Apac	26	Vitória de Santo Antão	-8°07'42''	-35°18'10''	165

Fonte dos dados: APAC (2016).

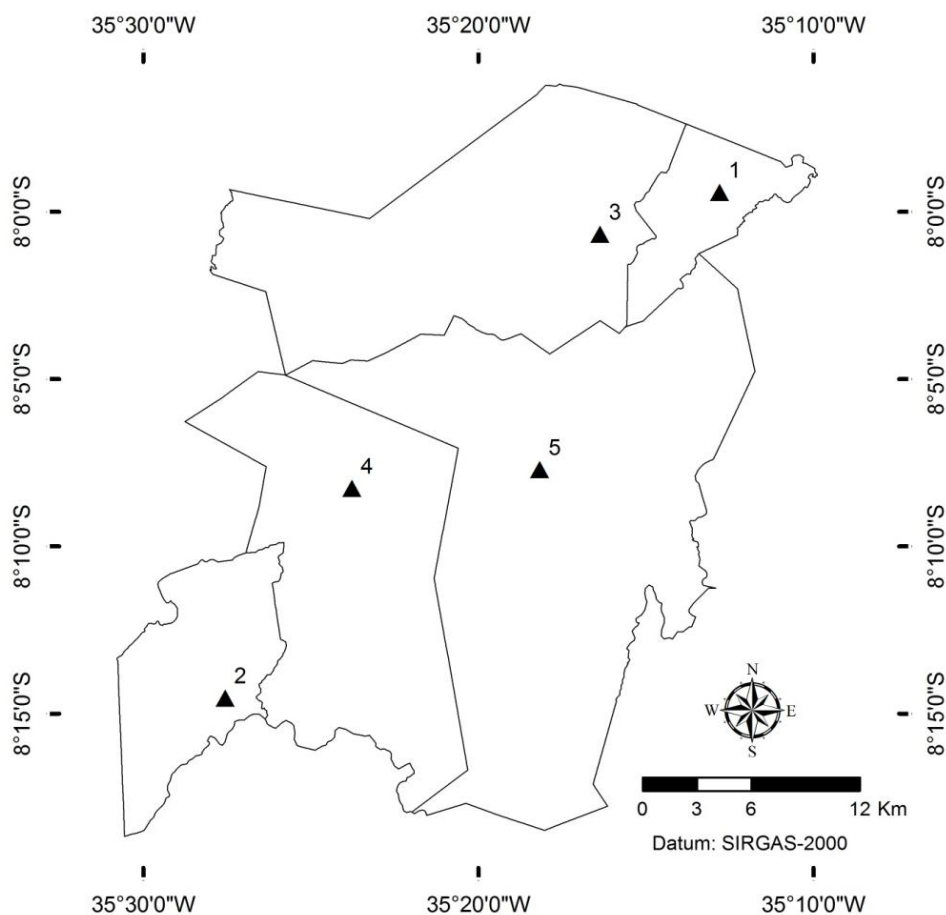


Figura 2. Representação da rede pluviométrica da microrregião de Vitória de Santo Antão

Já para a obtenção dos dados médios mensais de temperatura do ar das 6 estações pluviométricas, foi empregado o *software Estima_T*, o qual estima temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil por meio de regressões múltiplas em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude (CAVALCANTI; SILVA, 1994; CAVALCANTI; SILVA; SOUSA, 2006).

Para a análise climática da área pesquisada trabalhou-se também a estimativa da evapotranspiração potencial corrigida pelo método de Thornthwaite (1948) a qual consisti no cálculo da Equação 1:

$$ETP = f \cdot 16 \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a \quad (1)$$

Em que: ETP é a evapotranspiração potencial corrigida; f é o fator de correção em função da latitude e mês do ano, como se pode observar em destaque na Tabela 2; t é a temperatura média mensal (°C); I é o índice de calor anual; e "a" uma constante que varia de local para local. O índice de calor anual foi obtido pela Equação 2:

$$I = \sum_1^{12} \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad (2).$$

Tabela 2. Valores do fator de correção para o cálculo da evapotranspiração potencial em função da latitude e mês do ano

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0	1,033	0,933	1,033	1,000	1,033	1,000	1,033	1,033	1,000	1,033	1,000	1,033
2°S	1,042	0,938	1,034	0,996	1,025	0,991	1,024	1,028	0,999	1,037	1,008	1,043
4°S	1,051	0,943	1,035	0,993	1,018	0,981	1,016	1,022	0,998	1,041	1,015	1,053
6°S	1,060	0,948	1,036	0,989	1,010	0,971	1,007	1,017	0,997	1,045	1,023	1,063
8°S	1,069	0,953	1,037	0,985	1,002	0,962	0,998	1,011	0,996	1,049	1,031	1,073
10°S	1,078	0,958	1,038	0,981	0,994	0,952	0,988	1,006	0,995	1,054	1,039	1,083

Fonte: Adaptado de Thornthwaite (1948).

Sendo "a" uma função de I ; também é um índice térmico regional calculado pela Equação 3:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7292 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (3).$$

Concluído as etapas anteriores realizou-se a representação espacial dos parâmetros analisados por meio da aplicação da krigagem (método da interpolação). De tal maneira, a produção das cartas temáticas foi executada através do software ArcGis 9.3, licenciado para o Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (DCG/UFPE), projetadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS-2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados de temperatura média do ar, precipitação pluviométrica anual e a estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) foi possível analisar as principais características climáticas, como também compreender a dinâmica sazonal e espacial desses elementos. Segundo CPRM (2005abcde), o tipo climático da microrregião pesquisada é o Tropical Chuvoso com verão seco (As' – segundo a classificação de Köppen). O período chuvoso começa no outono/inverno tendo início em dezembro/janeiro e término em setembro/outubro, com uma precipitação média anual de 1300 mm, aproximadamente.

A dinâmica sazonal da precipitação e das temperaturas médias mensais estão representadas pelo climograma (Figura 3). As temperaturas médias mensais variam de 22°C (julho) e 25,4°C (janeiro e fevereiro), proporcionando uma baixa amplitude térmica anual com apenas 3,4°C. Verifica-se que os meses que tendem a possuir as temperaturas anuais mais elevadas estão entre dezembro e março, com temperaturas iguais ou superiores de 25°C; e as mais baixas entre os meses de junho a setembro com

temperaturas inferiores a 23°C. Períodos caracterizados pela máxima e mínima radiação solar incidente. A média anual da temperatura do ar na microrregião é de 24,1°C.

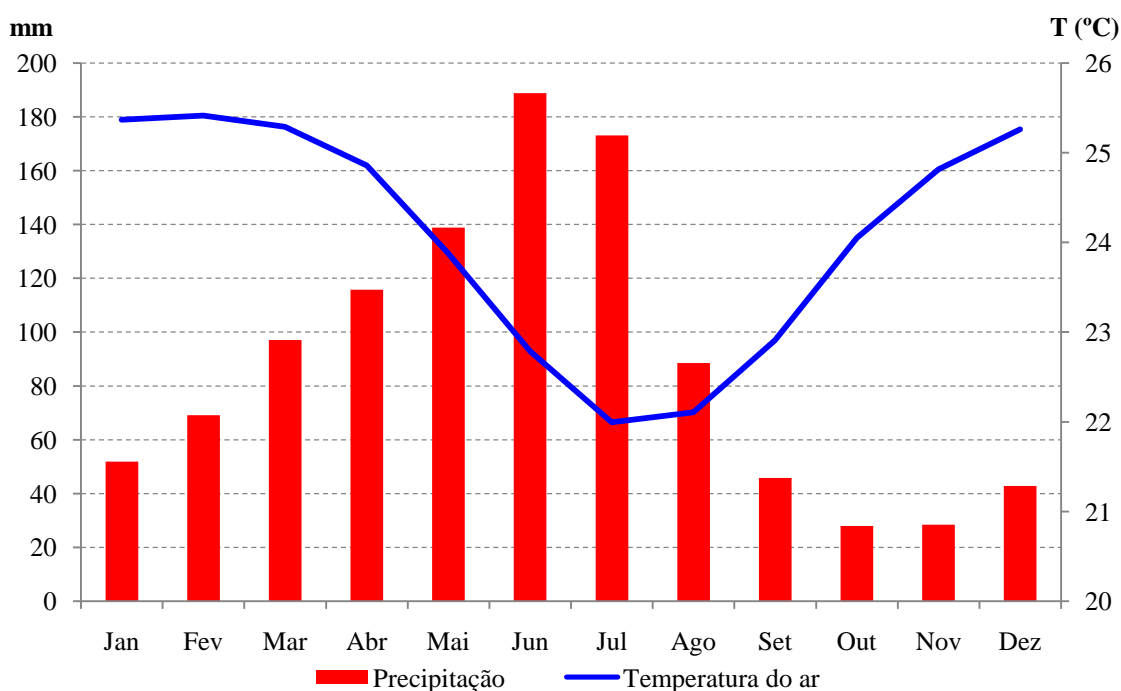


Figura 3. Climograma da microrregião de Vitória de Santo Antão.

A precipitação apresentou uma média anual de 89 mm. Os meses entre abril e julho revelou-se os mais chuvosos (quadra chuvosa), com valor máximo de precipitação no mês de junho, com média de 188,8 mm. Entre os meses de setembro a dezembro verificou-se os mais baixos índices pluviométricos (quadra seca), sendo o mês de outubro com a menor precipitação (27,9 mm).

Essa configuração sazonal da precipitação se dá pela grande disponibilidade energética do Nordeste do Brasil (NEB) e pela movimentação de proximidade e afastamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelo Dipolo do Atlântico, conforme explicação de Ribeiro; Nóbrega; Mota-Filho (2015) e Ribeiro (2016). Além desses sistemas, os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), ou simplesmente Ondas de Leste, que atuam na região tropical do Atlântico e do Pacífico promovem perturbações de escala sinótica nos campos do vento e pressão que modulam a convecção na ZCIT, apresentando como consequência uma umidificação da camada, aumento de nebulosidade e precipitação na costa leste do NEB (SANTIS JUNIOR, 2008; SANTOS, et al., 2012). Os resquícios das frentes frias também influenciam no quantitativo de chuvas no inverno.

A Figura 4 representa a distribuição espacial da temperatura média do ar, onde verificou-se que a temperatura diminui gradativa na direção sul e sudoeste (saindo da classe de temperaturas superiores a 24,1°C para em torno de 22°C), devido a presença dos primeiros contrafortes da escarpa do Planalto da Borborema.

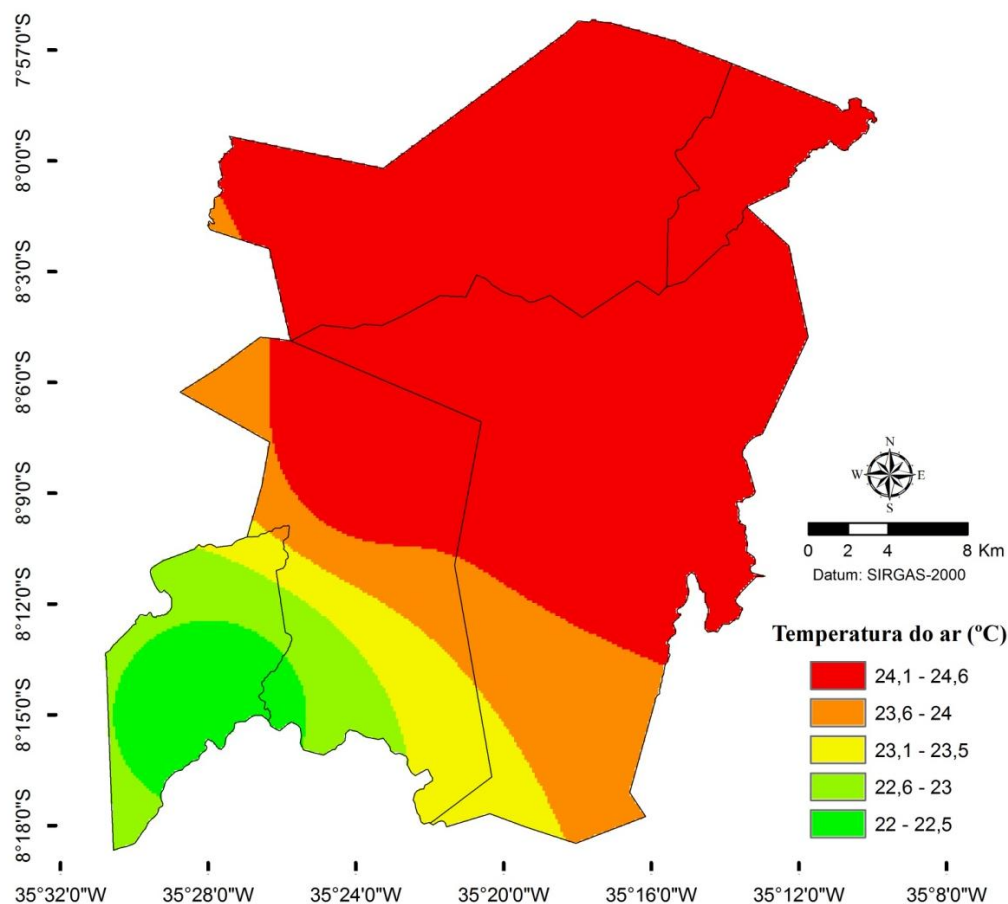


Figura 4. Mapa da temperatura do ar da microrregião de Vitória de Santo Antão

A variação altimétrica na microrregião é a principal responsável pela queda da temperatura do ar, uma vez que ocorre um aumento brusco da altitude. Na porção norte e nordeste a altitude fica entre 100 e 200 metros, contudo na porção sudoeste chega a 600 metros, destacando-se os municípios de Chã grande e Pombos com picos de 700 m de altitude.

A Figura 5 representa a espacialidade da precipitação pluviométrica, na qual apresenta precipitação anual superior a 1.000 mm na maior parte da microrregião. O elevado potencial energético mais os sistemas atuantes citados anteriormente são os responsáveis por esse grande quantitativo de chuva, principalmente na quadra chuvosa. Na porção nordeste a precipitação é superior devido a ZCIT chegar mais fortalecida. Destaca-se também o município de Chã Grande (sudoeste da microrregião), que apesar de apresentar temperaturas amenas obteve um índice pluviométrico >1.100 mm. Isso ocorre devido das primeiras elevações da escapa de falha do Planalto da Borborema que se configura como uma barreira orográfica, promovendo o resfriamento adiabático, conseqüentemente a condensação e a precipitação orográfica.

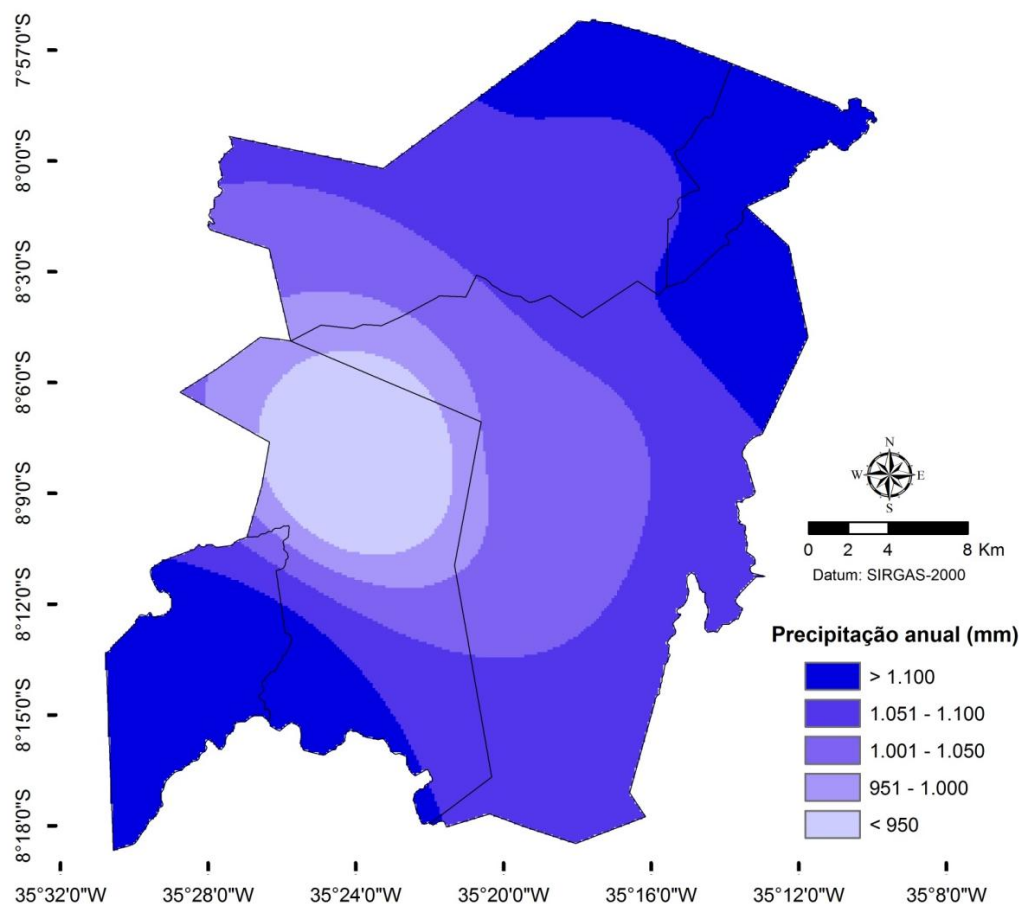


Figura 5. Mapa da precipitação da microrregião de Vitória de Santo Antão

No centro-oeste da região estudada, basicamente no município de Pombos a precipitação ficou abaixo dos 1.000mm anuais. A configuração e a exposição do relevo desse município, com superfícies retrabalhadas, e a configuração serrana no norte de Vitória de Santo Antão e sul de Glória do Goitá diminui as incursões da Zona de Convergência Intertropical e dos Distúrbios Ondulatórios de Leste sobre aquele município, o que ocasiona uma diminuição da precipitação pluviométrica.

A evapotranspiração potencial (ETP) “corresponde à quantidade de água necessária para manter a vegetação sempre verde em função de uma dada temperatura” (AQUINO; OLIVEIRA, 2013, p.85). Neste trabalho, coaduna-se com Fernandes e Foster (2006) quando argumentam que a evapotranspiração potencial é definida como sendo o total possível de água perdida para atmosfera por evaporação e transpiração, por unidade de tempo, em uma extensão superficial coberta por uma vegetação de porte baixo e bem suprida em água em função do potencial energético proveniente do sol.

Na área analisada a ETP apresenta um valor médio anual de 1.251 mm. Contudo, a ETP anual diminui gradativa no sentido sudoeste como se pode observar a espacialidade na Figura 6. Isso ocorre devido a uma diminuição da temperatura do ar como visto na Figura 4.

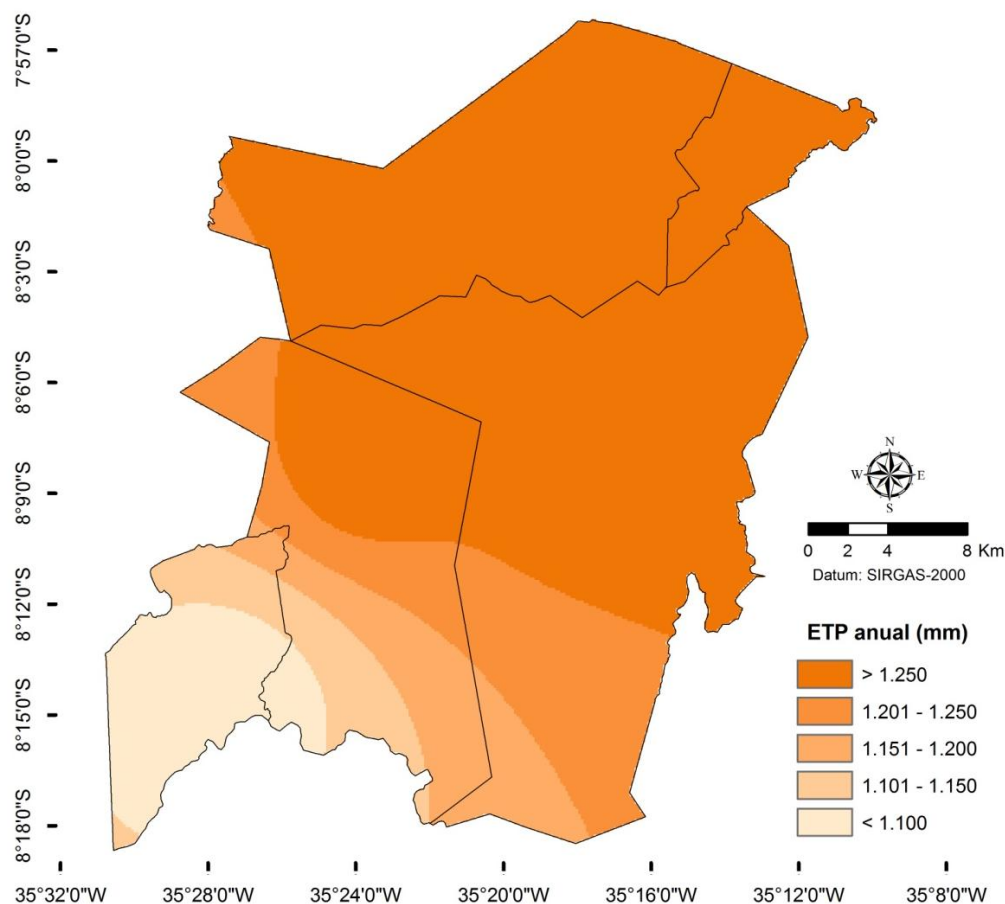


Figura 6. Mapa da evapotranspiração potencial anual da microrregião de Vitória de Santo Antão

Esses valores superiores a 1.000 mm de ETP constituem como característica marcante das regiões tropicais, devido à grande disponibilidade energética proveniente do sol e as altas temperaturas do ar como expõe Ribeiro; Nóbrega; Mota-Filho (2015).

CONCLUSÕES

A análise dos resultados dos elementos pesquisados permitiu realizar inferências sobre as condições climáticas da microrregião de Vitória de Santo Antão. Por conseguinte, constatou-se que tanto a temperatura do ar quanto a ETP diminuem no sentido sudoeste e que a configuração e a exposição do relevo têm forte influência não nesses elementos, mas também na precipitação pluviométrica, uma vez que influencia nos sistemas provocadores desta.

Inferiu-se também que a sazonalidade do período chuvoso na agricultura da região, tipos de cultura, semeadura, colheita e na produtividade dos cultivos. Assim, em decorrência dos resultados deste estudo, recomenda-se o monitoramento da precipitação, dos sistemas meteorológicos atuantes e dos seus impactos na microrregião, necessários no auxílio da gestão dos recursos hídricos empregados nas diversas atividades socioeconômicas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE).

REFERÊNCIAS

APAC. AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>>. Acesso em: 16 de abril de 2016.

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. Emprego do Método de Thornthwaite & Mather (1955) para Cálculo do Balanço Hídrico Climatológico do Núcleo de Degradação de São Raimundo Nonato-Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 01, p. 079-090, 2013.

BRITTO, F.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Regionalização Sazonal e Mensal da Precipitação Pluvial Máxima no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 02, p. 35–51. Presidente Prudente–SP, 2006.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia. **Anais...** Belo Horizonte, p. 154 – 157, 1994.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Brasil, v. 10, n. 1, p. 140 – 147, 2006.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Chã de Alegria, estado de Pernambuco**. Mascarenhas, J. C. et al. (Orgs). Recife: CPRM/PRODEEM, 2005a.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Chã Grande, estado de Pernambuco**. Mascarenhas, J. C. et al. (Orgs). Recife: CPRM/PRODEEM, 2005b.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Glória do Goitá, estado de Pernambuco**. Mascarenhas, J. C. et al. (Orgs). Recife: CPRM/PRODEEM, 2005c.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Pombos, estado de Pernambuco**. Mascarenhas, J. C. et al. (Orgs). Recife: CPRM/PRODEEM, 2005d.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Vitória de Santo Antão, estado de Pernambuco**. Mascarenhas, J. C. et al. (Orgs). Recife: CPRM/PRODEEM, 2005e.

FERNANDES, D. S.; FOSTER, P. R. P. Cálculo da evapotranspiração potencial através do método de Thornthwaite comparação com dados de reanálise de evaporação potencial do NCEP para a cidade de Pelotas –RS. In: XIV Congressos brasileiro de meteorologia, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Cbmet, 2006.

FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia**. Fortaleza, v. suplement., p. 84–95, 2005.

MASCARENHAS, J. C. *et al.* **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Vitória de Santo Antônio, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

RIBEIRO, E. P. **Mudanças ambientais e desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Recife, 2016.

RIBEIRO, E. P.; NÓBREGA, R. S.; F. O. MOTA-FILHO. Spatiotemporal Rainfall Variability in the Pajeú' River Basin, Pernambuco, Brazil, **Journal of Environmental Hydrology**, v. 23, Paper 2, 2015.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e a organização do espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 16, n. 1, p. 119–131, 1998.

SANTIS JUNIOR, W. J. **Avaliação dos Distúrbios Ondulatórios de Leste na América do Sul Tropical e adjacências**. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

SANTOS, A. H. M. et al. Distúrbio Ondulatório de Leste e seus impactos na cidade de Salvador. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.3, p. 355 - 364, 2012.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, p. 55 – 94, 1948.

INFLUÊNCIA DA ZCAS NO ACUMULADO DE CHUVA DA CAPITAL DE GOIÁS

Flávia Dias Rabelo¹, Diego Simões Fernandes², Rosidalva Lopes Feitosa da Paz³,
André de Oliveira Amorim⁴

¹Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO/SED), Goiânia, Goiás, flaviarabelo12@hotmail.com; ² Universidade Estadual de Goiás, Campos Palmeiras de Goiás, diegosifer@gmail.com, ³Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO/SED), Goiânia, Goiás, lrosidalva@gmail.com, ⁴Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO/SED), Goiânia, Goiás, amorim_go@yahoo.com.br

RESUMO: A Zona de Convergência do Atlântico Sul é de suma importância para a quadra chuvosa de Goiás. Visando ampliar os conhecimentos sob esse fenômeno foi realizado o estudo da influência da ZCAS em Goiânia, Goiás e o impacto do ENOS no fenômeno. Para isso foram utilizados os boletins da Climanálise do verão de 2005/2006 até o verão de 2013/2014 e os dados do INMET, para o mesmo período. Como resultado obteve-se que 45% da precipitação do período chuvoso ocorre devido à ZCAS. Foi observado também que as estações chuvosas com o mesmo número de eventos ZCAS tiveram um maior acumulado de precipitação para os anos de La-Niña.

PALAVRAS-CHAVE: Estação Chuvosa, Porcentagem, ENOS

INFLUENCE OF SACZ IN THE RAIN ACCUMULATE OF THE GOIÁS CAPITAL

ABSTRACT: The South Atlantic Convergence Zone is of great importance for the rainy season of Goiás. In order to increase the knowledge under this phenomenon, a study was made of the influence of the ZCAS in Goiânia, Goiás and the impact of ENOS on the phenomenon. Climanálise bulletins in rainy season 2005/2006 at 2013/2014 and INMET data were used for this. As a result, it was obtained that 45% of the precipitation of the rainy season occurs due to the SACZ. It was also observed that rainy seasons with the same number of SACZ events had a greater accumulation of precipitation for La Niña years.

KEY-WORDS: Rainy Season, Percentage, ENOS

INTRODUÇÃO

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um sistema meteorológico típico de verão, caracterizado por uma banda de nuvens que produz chuva intensa, geralmente se estendendo do Brasil Central (Região Sudeste e/ou Centro-Oeste) até o Oceano Atlântico com permanência de uma banda de nebulosidade de orientação NW / SE, de pelo menos 4 dias (BARBOSA, 2001; QUADRO, 2012). A ZCAS é responsável por boa parte da precipitação durante a estação chuvosa nessas regiões e contribui grandemente para a agropecuária mantendo o cultivo e o crescimento dos grãos. Eventos de precipitação intensa observados em dias consecutivos são característicos da atuação de um evento ZCAS, conforme descreve Seabra et al. (2008), onde os autores analisam esses eventos e sua atuação nas bacias dos rios Paraíba do Sul, Grande, Paranaíba e Tocantins, que em sua maioria foram episódios de ZCAS. A grande influência da precipitação ocasionada por eventos de ZCAS em bacias hidrográficas é

mais uma confirmação marcante da importância de estudos sobre esse fenômeno. Segundo Taschetto e Wainer (2008), a escala temporal interanual tem mostrado que a frequência dos eventos de ZCAS oceânica e costeira depende da fase do ENOS. Visando a importância da ZCAS para a agropecuária de Goiânia e região, este trabalho busca verificar se a Zona Convergência é a maior responsável pela precipitação durante a estação chuvosa e também a influência do ENOS em tal fenômeno.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os boletins da Climanálise, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) I durante as estações chuvosas de 2005/2006 até 2013/2014, onde descrevem-se o período de cada evento de ZCAS. Para a aplicação em Goiânia foram utilizados os dados do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o mesmo período. Então foi contabilizado a quantidade de eventos ZCAS, o acumulado da precipitação para cada evento e o acumulado da precipitação durante a estação chuvosa.

O Índice Oceânico Niño (CPC, 2017) foi utilizado para a verificação da influência do Pacífico durante esse período.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentado um episódio de ZCAS. Este fenômeno, na região de Goiânia é responsável, em média, por 45% da precipitação que ocorre durante a estação chuvosa, sendo assim o fenômeno de maior influência neste período. Em cada estação ocorrem entre 4 e 11 eventos de ZCAS com acumulado atingindo 359,6 mm para uma única Zona de Convergência. Na Tabela 1 são apresentadas a quantidade de eventos o acumulado por ZCAS, o acumulado da estação chuvosa, a porcentagem e os ENOS. O acumulado da precipitação na ZCAS corresponde em até 59% de toda a precipitação da estação chuvosa, assim se houver uma presença de bloqueio atmosférico que impeça a formação da Zona de Convergência, a precipitação no Estado ficará comprometida, afetando as culturas, as bacias hidrográficas e o consumo humano. Na bacia do Meio ponte, localizada no município de Goiânia, o presente trabalho auxiliará na previsão da precipitação, a qual influencia toda a capital. Para anos com o mesmo número de eventos, quando ocorre La Niña o acumulado de precipitação é maior em 30%. Para a previsão operacional esta informação é importante, pois prepara o usuário para um maior acumulado. Observando a tabela de ENOS não foi caracterizada nenhuma influência das Oscilações do Pacífico quando observado a porcentagem conforme observou Taschetto e Wainer (2008), possivelmente pelo curto período de dados e por nesse anos não terem tido um sinal tão forte quanto os de 1997/1998 e 2015/2016.

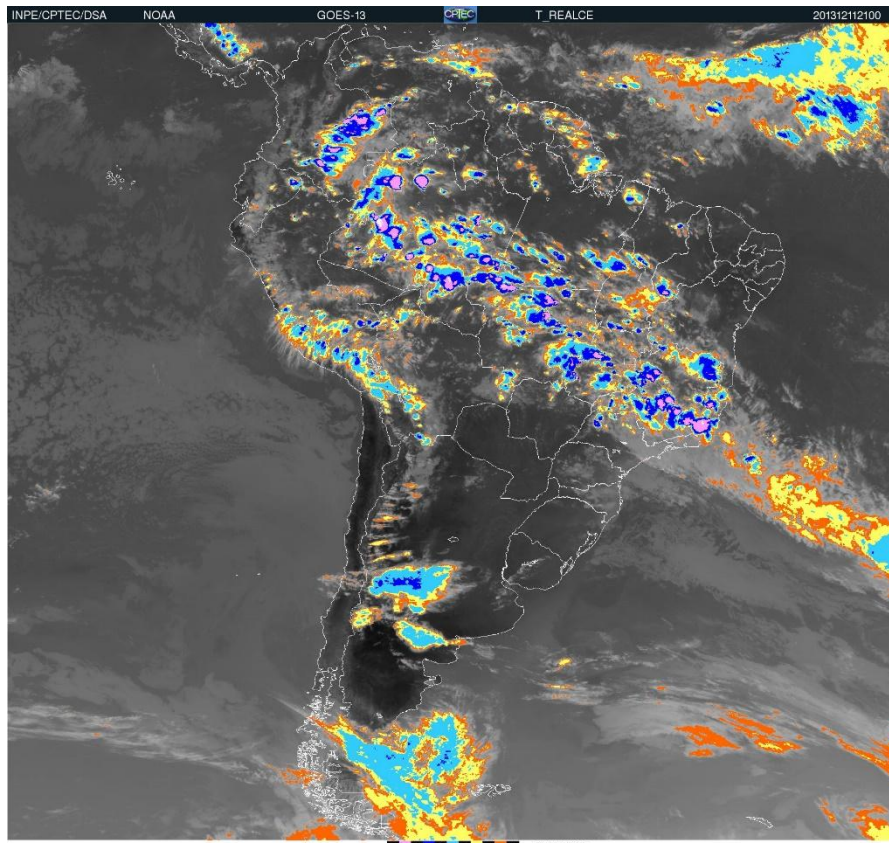


Figura 1. Imagem de Satélite GOES-13 do dia 11 de dezembro de 2013 às 21:00

Tabela 1. Informações das ZCAS durante as estações chuvosas de 2005/2006 até 2013/2014.

Estação Chuvosa	Quantidade ZCAS	Prec. ZCAS (mm)	Prec. Est. Chuv (mm)	Prec.ZCAS/ Prec.Est.Chuv (%)	ENOS
2013/2014	8	801,1	1497,4	0,534994	-
2012/2013	10	545	1120,3	0,486477	-
2011/2012	9	768,2	1632,6	0,470538	La-nina
2010/2011	10	698,4	1621,6	0,430686	La-nina
2009/2010	4	296,7	1204,1	0,246408	El-nino
2008/2009	11	562,1	956,1	0,587909	-
2007/2008	11	766,7	1351,8	0,56717	La-nina
2006/2007	8	578	977,1	0,591546	El-niño
2005/2006	4	276,5	1405,8	0,196685	-

CONCLUSÕES

Diante das características da ZCAS e da importância deste fenômeno para a agricultura conclui-se que a ZCAS é realmente a grande responsável pela precipitação do período chuvoso.

Não houve interferência do ENOS na porcentagem de precipitação, porém o acumulado foi mais intenso para anos de La Niña com o mesmo número de eventos.

AGRADECIMENTOS

O Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás agradece ao Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol do Estado de Goiás (SIFAEG) e à CELG/D pelo apoio.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. S.; A Zona de Convergência do Atlântico Sul, **Dissertação de Mestrado**. INPE, São José dos Campos – SP, 2001.

CPC. CLIMATE PREDICTION CENTER. Cold & Warm Episodes by Season. 2017. Disponível em http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml. Acessado em 20 de abril de 2017.

QUADRO, M. F. L. et al. Análise Climatológica da Precipitação e do Transporte de Umidade na Região da ZCAS através da Nova Geração de Reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p.152-162, 2012.

SEABRA, M. S.; MENEZES, W. F.; ROTUNNO FILHO, O. C.; Influência da ZCAS em Bacias Hidrográficas nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CBMET, 2008.

TASCHETTO, A. S.; WAINER, I.; The impact of the subtropical south atlantic sst on south american precipitation. **Annales Geophysicae**, v. 26, p. 3457–3476, 2008.

NÚMEROS DE DIAS SECOS E CHUVOSOS NOS MUNICÍPIOS DE CÁCERES E DIAMANTINO - MT

Diego Fernando Daniel¹, Adelair Mendes Conceição², Rivanildo Dallacort³,
Rafael Cesar Tieppo⁴, Maria Carolina da Silva Andréa⁵

¹ Graduando em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra - MT, diegodanielmt@gmail.com; ² Mestranda em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola - PPGASP, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra - MT, adelairmendes@hotmail.com; ³ Doutor em Agronomia, Professor Adjunto do Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra - MT, rivanildo@unemat.br; ⁴ Doutor em Ciências, Professor Adjunto do Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra - MT, rafaelt@unemat.br; ⁵ Doutora em Ciências, Professora Doutora do Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra - MT, mcarolesalq@gmail.com

RESUMO: O conhecimento da variabilidade sazonal da precipitação pluvial e do número de dias secos e chuvosos e conseqüentemente a variação destes ao longo de um ciclo de cultivo, é fundamental para o planejamento e obtenção de rendimentos satisfatórios na agricultura. Objetiva-se em avaliar o comportamento anual e mensal do número de dias em que ocorrem precipitação e dias secos no município de Cáceres e Diamantino - MT. Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para análise de ocorrência de dias secos e chuvosos, foram considerados secos, dias em que a precipitação foi igual ou inferior a 5 mm e chuvosos quando a precipitação for igual ou superior a 5,1 mm. O número de dias secos e dias chuvosos na cidade de Cáceres indicam uma média geral de dias secos e chuvosos do período estudado de 297 e de 68, respectivamente. Também é possível constatar que, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, formam os meses com maiores dias chuvosos, junho, julho e agosto, as precipitações são mais escassas, neste período, praticamente todos os dias foram considerados como secos. Em Diamantino a média de dias secos e chuvosos, foi de 277 e 88 dias. Nas médias mensais percebem-se que os meses mais chuvosos são representados de outubro até março. Nos meses de junho a agosto os dias chuvosos foram reduzidos, caracterizado como a estação seca na região. Os números de dias secos foram superiores aos dias chuvosos para ambos os municípios.

PALAVRAS-CHAVE: precipitação, variabilidade pluviométrica, probabilidade.

NUMBERS OF DRY AND RAINY DAYS IN MUNICIPALITIES OF CÁCERES AND DIAMANTINO - MT

ABSTRACT: The knowledge of the seasonal variability of rainfall and the number of dry and rainy days and consequently their variation during a crop cycle is fundamental for planning and obtaining satisfactory yields in agriculture. The objective of this study was to evaluate the annual and monthly behavior of the number of days in which rainfall and dry days occur in the municipality of Cáceres and Diamantino - MT. The data were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET). For analysis of the occurrence of dry and rainy days, were considered dry, days in which the rainfall was equal to or less than 5 mm and rainy when the rainfall was equal to or greater than 5.1 mm. The number of dry days and rainy days in the city of Cáceres indicates an average of dry and rainy days in the studied period of 297 and 68, respectively. It is also possible to observe that during the months of december, january and february, the months with the highest rainy days, june, july and august, the precipitations are scarce, in this period, practically every day were considered as dry. In Diamantino the average

dry and rainy days was 277 and 88 days. In the monthly averages show that the rainier months are represented from october to march. In the months of june to august rainy days were reduced, characterized as the dry season in the region. The number of dry days was higher than the rainy days for both municipalities.

KEY-WORDS: precipitation, pluviometric variability, probability.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da variabilidade sazonal da precipitação pluvial e do número de dias secos e chuvosos e conseqüentemente a variação destes ao longo de um ciclo de cultivo, é fundamental para o planejamento e obtenção de rendimentos satisfatórios na agricultura. A análise do comportamento destes dados permite planejar a melhor época de plantio, bem como o dimensionamento de sistemas de irrigação, monitorar condições favoráveis a ocorrências de pragas e doenças, além de uma série de outras atividades inerentes ao agronegócio (SILVA et al., 2010).

A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos de grande importância, pois está diretamente relacionado aos mais diversos setores da sociedade, de forma que o regime pluviométrico influencia a economia, o meio ambiente e a sociedade, como um todo. Isto ocorre devido a grande variabilidade, em quantidade, duração e tempo de ocorrência (SILVA et al., 2007).

O estado do Mato Grosso, como os demais estados brasileiros, oferece peculiaridades físicas, como vegetação, relevo e solos, além do posicionamento geográfico, que influenciam diretamente na distribuição das chuvas (MARCUIZZO; MELO; ROCHA, 2011). Assim, o conhecimento prévio da variação destes elementos meteorológicos ao longo do ano, possibilita um planejamento mais seguro das mais diversas atividades, reduzindo riscos e minimizando as perdas inerentes a tais eventos.

Objetiva-se em avaliar o comportamento anual e mensal do número de dias em que ocorrem precipitação e dias secos no município de Cáceres e Diamantino - MT.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com a base de dados, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que possui estações meteorológicas automática no município de Cáceres - MT, localizado nas seguintes coordenadas 13.45° S, 56.67° O, com altitude de 340 metros e no município de Diamantino - MT, localizado nas coordenadas 14.40° S, 56.45° O, com altitude de 286,3 metros. Os dados analisados foram coletados em um período de trinta e cinco anos entre 01/1980 e 12/2014. As séries de dados foram avaliadas e sua consistência verificada com o auxílio do software computacional CLIMA desenvolvido pelo Instituto Agrônômico do Paraná (FARIA et al., 2003). Para análise de ocorrência de dias secos e chuvosos, foram considerados secos, dias em que a precipitação foi igual ou inferior a 5 mm e chuvosos quando a precipitação for igual ou superior a 5,1 mm (SANS et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de dias secos e dias chuvosos na cidade de Cáceres - MT (Figura 1) indicam uma média geral de dias secos e chuvosos do período estudado de 297 e de 68, respectivamente. O ano mais crítico de seca foi em 1986 e 2002, com o número total de

320 dias secos e 45 dias chuvosos. Já o ano mais chuvoso foi 1994, com 117 dias chuvosos e 248 dias secos.

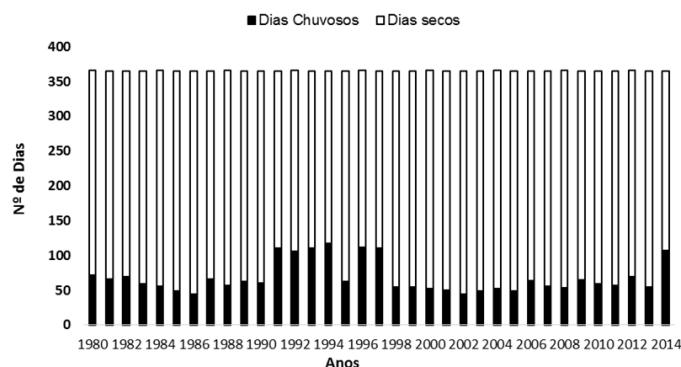


Figura 1. Ocorrência anual de dias secos e chuvosos, no município de Cáceres (MT), de 1980 a 2014.

Na Figura 2, são apresentadas as ocorrências médias mensais de dias secos e chuvosos, sendo possível observar que, em todos os meses, a média de dias secos foi superior ao de dias chuvosos. Também é possível verificar que, nos meses de dezembro (12,9 dias), janeiro (14,2 dias) e fevereiro (11,6 dias), são os meses com maiores dias chuvosos, junho (29,3 dias), julho (30,3 dias) e agosto (30,1 dias), as precipitações reduzem, sendo considerado período seco.

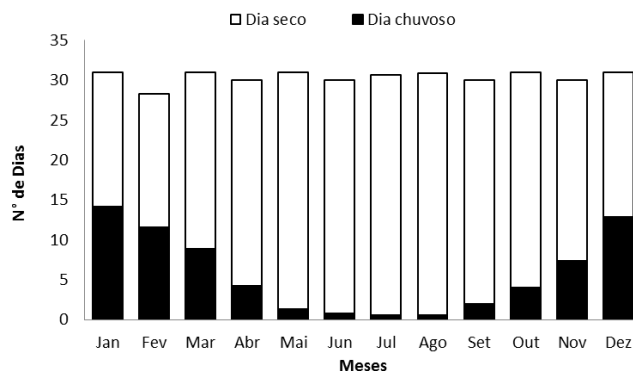


Figura 2. Ocorrência mensal média de dias secos e chuvosos, no município de Cáceres (MT), de 1980 a 2014.

Pizzato et al. (2012), verificaram na região de Cáceres (MT), que entre os meses de dezembro e março, as médias de dias chuvosos foram mais elevadas, superiores a 10 dias chuvosos. O mês de janeiro foi considerado o mais chuvoso, pois o mesmo apresentou média de 13 dias chuvosos.

Para a média de dias secos e chuvosos foram de 277 e 88 dias, respectivamente. No ano 1987, ocorreram 305 dias secos, ano com maior frequência de dias secos (Figura 3). Já 1996 foi o ano mais chuvoso, neste ocorreram 177 dias considerados chuvosos. Moreira et al. (2010) verificaram que 1999 foi o ano mais seco, com 317 dias sem chuva, e 1990 o de maior número de dias chuvosos, para a região de Nova Maringá (MT).

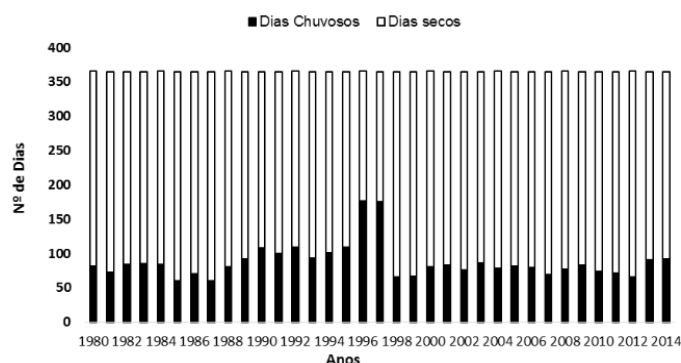


Figura 3. Ocorrência anual de dias secos e chuvosos, no município de Diamantino (MT), de 1980 a 2014.

Para médias mensais de ocorrência de dias secos e chuvosos (Figura 4), o número de dias secos foi superior ao de dias chuvosos. Percebe-se que os meses mais chuvosos foram de outubro até março. Nos meses de junho a agosto os dias chuvosos foram reduzidos, caracterizando como estação seca na região. Estes dados determinam os meses de maio a setembro, como secos e os meses de outubro a abril, como chuvosos, conforme descrito por MOREIRA et al. (2010) e DALLACORT et al. (2011).

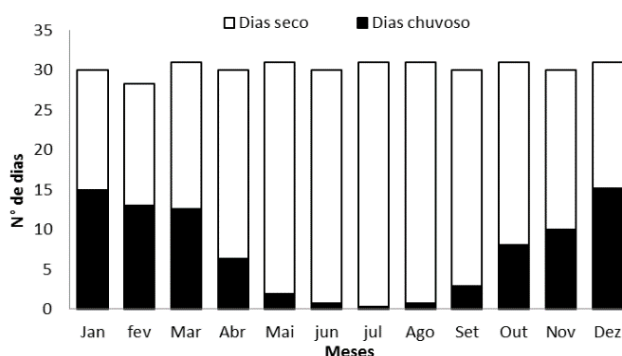


Figura 4. Ocorrência mensal média de dias secos e chuvosos, no município de Diamantino (MT) de 1980 a 2014.

MARTINS et al. (2011) observaram, para Diamantino os períodos de dezembro, janeiro, e fevereiro, caracteriza os maiores números de dias chuvosos, assim como, junho, julho e agosto, os maiores números de dias secos.

CONCLUSÕES

Os números de dias secos foram superiores aos dias chuvosos para ambos os municípios. No período de maio a agosto, considera-se o período com elevados números de dias secos. Há maior concentração de dias chuvosos no período que se estende de outubro a abril, para ambos os municípios.

REFERÊNCIAS

DALLACORT, R. et al. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.

FARIA, R. T. et al. CLIMA - Programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal v. 23, n. 2, p. 372-387, 2003.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 16 n. 4, p. 157-167, 2011.

MARTINS, J. A. et al. Caracterização do regime pluviométrico no arco das nascentes do rio Paraguai. **Revista Brasileira Meteorologia**, São Paulo, v. 26, n. 4, 2011.

MOREIRA, P. S. P. et al. Distribuição e probabilidade de ocorrência das chuvas no município de Nova Maringá - MT. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 9-20, 2010.

PIZZATO, J. A. et al. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p.137-142, 2012.

SANS, L. M. A. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho na região centro-oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria - RS, 9(3): 527-539, 2001.

SILVA, J. C. et al. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 67-72, 2007.

SILVA, J. G. F. et al. Probabilidade de Ocorrência de Dias Chuvosos e Precipitação Mensal e Anual para o Município de Colatina - ES. In: XVI CBMET - CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2010, Belém. **Anais...** Belém: CBMET, 2010.

ÍNDICE DE CLARIDADE E CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE COBERTURA DO CÉU EM ALTA FLORESTA - MT

Diego Fernando Daniel ¹, Daiane Maria Haubricht ², Rivanildo Dallacort ³, Sandra Mara Alves da Silva Neves ⁴, Marco Antônio Camillo de Carvalho ⁵

¹ Graduando em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra - MT, diegodanielmt@gmail.com, ² Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos - PPGBioAgro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta - MT, daianehaubricht@yahoo.com.br; ³ Doutor em Agronomia, PPGBioAgro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta - MT, rivanildo@unemat.br; ⁴ Doutora em Geografia, PPGBioAgro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta - MT, ssneves@unemat.br; ⁵ Doutor em Agronomia, PPGBioAgro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta - MT, marcocarvalho@unemat.br

RESUMO: Compreender o comportamento e a relação entre a radiação que incide no topo da atmosfera e a radiação que atinge a superfície terrestre é de suma importância para entender a variabilidade dos fenômenos climáticos de uma determinada região. O objetivo deste trabalho foi analisar a variação do índice de claridade (Kt) em dias de céu limpo, parcialmente nublado e nublado para o município de Alta Floresta - MT. Foram utilizados dados registrados no período de janeiro a dezembro 2013, coletados por uma estação meteorológica automática, pertencente à Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, instalada nas dependências do *Campus* Universitário de Alta Floresta. A cobertura do céu foi determinada pelo índice de claridade (Kt), definida como a razão entre a radiação solar incidente (Rg) ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) e a radiação solar no topo da atmosfera (Ro) ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$). Com total de 365 dias, 9,6% dos dias possuem valores de Kt no intervalo de $0 < \text{Kt} < 0,3$ (céu nublado), 72,60% dos dias no intervalo de $0,3 \leq \text{Kt} \leq 0,65$ (céu parcialmente nublado) e, 17,80% dos dias no intervalo de $\text{Kt} > 0,65$ (céu limpo). Os meses que apresentaram o maior número de dias de céu limpo, parcialmente nublado e nublado foram agosto (19 dias), outubro (30 dias) e dezembro (8 dias), respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: radiação solar global, meteorologia, transmissividade atmosférica.

CLARITY INDEX AND CLASSIFICATION OF TYPE OF SKY COVERAGE IN ALTA FLORESTA - MT

ABSTRACT: Understanding the behavior and the relation between the radiation that affects the top of the atmosphere and the radiation that reaches the terrestrial surface is of paramount importance to understand the variability of the climatic phenomena of a certain region. The objective of this work was to analyze the variation of the clarity index (Kt) on days of clear, partly cloudy and cloudy sky for the municipality of Alta Floresta - MT. The data were recorded from January to December 2013, collected by an automatic meteorological station, belonging to the State University of Mato Grosso - UNEMAT, installed in the premises of the Alta Floresta University Campus. The sky coverage was determined by the clarity index (Kt), defined as the ratio between the solar radiation (Rg) ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) and solar radiation at the top of the atmosphere (Ro) ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$). With 365 days total, 9.6% of the days have Kt values in the range of $0 < \text{Kt} < 0.3$ (cloudy sky), 72.60% of days in the range of $0.3 \leq \text{Kt} \leq 0.65$ (partly cloudy sky), and 17.80% of the days in the Kt range > 0.65 (clear sky). The months with the highest

number of clear, partly cloudy and cloudy days were august (19 days), october (30 days) and december (8 days), respectively.

KEY-WORDS: global solar radiation, meteorology, atmospheric transmissivity.

INTRODUÇÃO

O índice de claridade (Kt) é normalmente utilizado em modelos de estimativa dos componentes de radiação solar, uma vez que o Kt é inversamente proporcional à umidade atmosférica. Ele pode ser definido pela razão entre a radiação solar global que atinge a superfície terrestre e a radiação solar que incide no topo da atmosfera ($Kt=Rg/Ro$) e, determina a fração da radiação global transmitida na atmosfera (GOMES, 2010).

Este índice irá variar de acordo com a quantidade de nuvens e aerossóis disponíveis na atmosfera, e com isso haverá um aumento ou redução das componentes direta e/ou difusa da radiação solar que atinge a superfície, possibilitando a classificação do céu quanto a sua nebulosidade (TAVARES, 2005).

Diversos estudos foram realizados para determinar, com maior precisão, os índices de claridade nas mais diversas regiões do Brasil (DALLACORT et al., 2004; QUERINO et al., 2011), podendo ser estimado por métodos estatísticos e por técnicas de rede neural artificial (GOMES, 2010). Ricieri (1998) determinou uma metodologia para a obtenção do tipo de cobertura do céu em função do índice de claridade (Kt), classificando-o como: nublado (quando Kt tem seu valor entre 0 e 0,3); parcialmente nublado (quando está entre 0,3 e 0,65) e limpo (quando maior que 0,65 e menor que 1).

O objetivo deste trabalho foi analisar a variação do índice de claridade (Kt) em dias de céu limpo, parcialmente nublado e nublado, no município de Alta Floresta/MT para o ano de 2013.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados registrados no período de janeiro a dezembro 2013, coletados por uma estação meteorológica automática, pertencente à Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, instalada nas dependências do Campus Universitário de Alta Floresta. Sua localização é: latitude 09°51'43''S, longitude 56°04'06''O e altitude de 284 m. Segundo Tarifa (2011), o clima de Alta Floresta é do tipo Aw, conforme a classificação de Köppen, ou seja, tropical chuvoso, alcançando elevado índice pluviométrico no verão, podendo atingir médias que superam 2750 mm e, temperaturas variando entre 24°C e 34 °C.

O cálculo de radiação solar no topo da atmosfera (R_o), foi realizado conforme Iqbal (1983). A cobertura do céu foi determinada pelo índice de claridade (Kt) (eq. 1), definida como a razão entre a radiação solar global incidente (R_g) ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$) e a radiação solar no topo da atmosfera (R_o) ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$), baseado em Ricieri (1998), que determinou uma metodologia para obtenção do tipo de cobertura do céu em função do índice de claridade (Kt), para a cidade de Botucatu, estado de São Paulo, por meio de comparação gráfica da radiação global, direta e difusa, com incidência horizontal.

$$Kt = \frac{R_g}{R_o} \quad (1)$$

A classificação da cobertura do céu (nublado, parcialmente nublado e limpo), foi baseada nos trabalhos de Dallacort et al. (2004) e Ricieri (1998) que, no intervalo de

$0 < K_t < 0,3$ foi definido como céu nublado, entre $0,3 \leq K_t \leq 0,65$ como céu parcialmente nublado e entre $0,65 < K_t < 1,0$ como céu limpo. Os dados encontrados foram analisados e tabulados em planilhas no software Microsoft® Office Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A radiação solar incidente no topo da atmosfera apresentou como limites: mínimo de $30,00 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, verificado no mês de junho (dia Juliano 172) e, máximo de $39,83 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ no mês de fevereiro (dia Juliano 37), com média de $36,78 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. A radiação solar global apresentou como limites: mínimo $2,77 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, verificado no mês de março (dia Juliano 86) e, máximo de $26,97 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, no mês de setembro (dia Juliano 265), com média de $18,99 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ (Figura 1). Com o intuito de determinar o balanço da radiação solar para o município de Tangará da Serra/MT, no período de 2003 a 2008, Martins et al. (2009), averiguaram que a radiação solar no topo da atmosfera apresenta limite mínimo de $25,93 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e máximo de $40,12 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, e a radiação solar global apresenta máxima de $26,79 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e mínimo de $2,12 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, valores próximos aos encontrados nesta pesquisa.

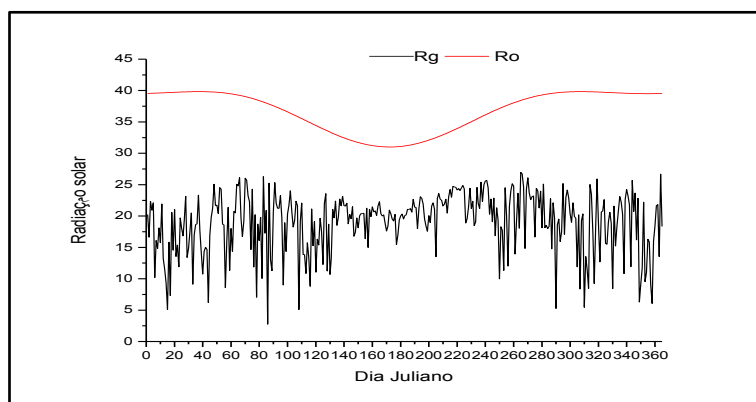


Figura 1: Comportamento da radiação solar global (Rg) e da radiação no topo da atmosfera (Ro), em Alta Floresta/MT, no ano de 2013.

Com total de 365 dias, 9,6% dos dias possuem valores de K_t no intervalo de $0 < K_t < 0,3$ (céu nublado), 72,60% dos dias no intervalo de $0,3 \leq K_t \leq 0,65$ (céu parcialmente nublado) e 17,80% dos dias no intervalo de $K_t > 0,65$ (céu limpo) (Figura 2). A amplitude do índice de claridade variou entre 0,07 (dia Juliano 86) e 0,73 (dia Juliano 217), com média de 0,52. Os valores mais altos de K_t são observados nos dias Juliano que variam de 121 a 304, período este que, segundo Farias et al. (2010) ocorrem baixos níveis de precipitação, consequentemente existe menor concentração de nuvens no céu, permitindo maior permeabilidade da radiação solar.

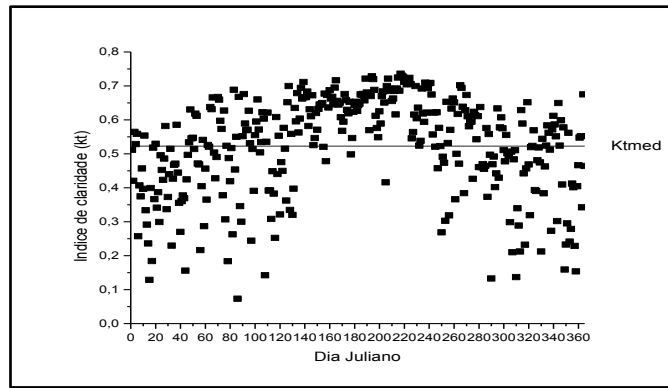


Figura 2: Dispersão do Índice de Claridade (Kt) para Alta Floresta/MT, no ano de 2013.

Os meses que apresentaram o maior número de dias de céu limpo foram agosto (19 dias) e julho (18 dias). O mês que apresentou o maior número de dias de céu parcialmente nublado foi outubro (30 dias) e, o que apresentou o maior número de dias de céu nublado foi dezembro (8 dias) (Figura 3). Outros estudos também encontraram índices mais altos nos meses correspondentes ao inverno, meses sem nuvens, e os menores no período chuvoso e nebuloso (INÁCIO, 2009). Portanto confirmando a dependência da cobertura de nuvens na transmissão da radiação solar global.

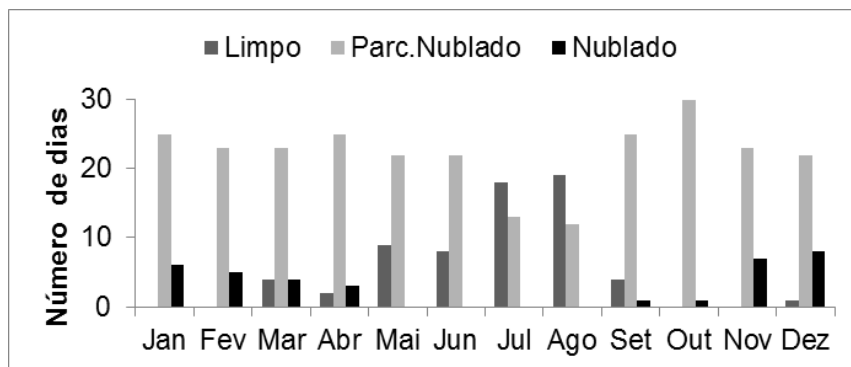


Figura 3: Número de dias com céu nublado, parcialmente nublado e limpo no município de Alta Floresta/MT, no ano de 2013.

CONCLUSÕES

Dos 365 dias, 72,60% apresentaram céu parcialmente nublado. Os meses que apresentaram o maior número de dias de céu limpo, parcialmente nublado e nublado foram agosto (19 dias), outubro (30 dias) e dezembro (8 dias), respectivamente. Demonstrando assim para Alta Floresta, índices mais altos de céu limpo nos meses correspondentes ao inverno, e, para o período com céu nublado nos meses chuvosos do verão.

REFERÊNCIAS

DALLACORT, R.; RICIERI, R. P.; SILVA, S. L.; FREITAS, P. S. L.; SILVA, F. F. Análises do comportamento de um actinógrafo bimetálico (R. Fuess-Berlin-Steglitz) em diferentes tipos de cobertura do céu. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.26, n.4, p.413-419, 2004.

FARIAS, M. R. C.; ROSA, A. M.; HACON, S. S.; CASTRO, H. A.; IGNOTTI, E. Prevalência de asma em escolares de Alta Floresta - município ao sudeste da Amazônia brasileira. **Revista Brasileira Epidemiologia**, v. 13, n. 1, p. 49-57. 2010.

GOMES, F. J. D. **Relação entre Variáveis Meteorológicas e Cobertura do Céu na região central de Cuiabá e entorno**. 2010. 73p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

INÁCIO, T. **Potencial solar das radiações global, difusa e direta em Botucatu**. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2009.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. New York, Academic Press, 1983.

MARTINS, J. A.; DALLACORT, R.; INOUE, M. H.; SILVA, D. J.; CARVALHO, I. F. Caracterização da cobertura do céu na região de Tangará da Serra - MT. In: **XXXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**. 2009, Juazeiro (BA) / Petrolina (PE). **Anais...** CONBEA, 2009.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, J. K. A. S.; VON RANDOW, C.; MARQUES FILHO, A. O. Estudo da radiação solar global e do índice de transmissividade (Kt), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas - Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 204-294, 2011.

RICIERI, R. P. **Modelos de estimativa e avaliação dos métodos de medida da radiação solar difusa**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista - Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 1998.

TARIFA, J. R. **Mato grosso: clima: análise e representações cartográficas**. Entrelinhas, p.102, 2011.

TAVARES, P. S. **Observação e análise da radiação solar global e fotossinteticamente ativa na região de Maceió**. TCC (Graduação em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, p.42. 2005.

VARIABILIDADE DA TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA DO AR E PRECIPITAÇÃO EM ALTA FLORESTA - MT

Diego Fernando Daniel ¹, Daiane Maria Haubricht ², Rivanildo Dallacort ³, Marco Antônio Camillo de Carvalho ⁴, Sandra Mara Alves da Silva Neves ⁵

¹ Graduando em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra - MT, diegodanielmt@gmail.com; ² Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos - PPGBioAgro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta - MT, daianehaubricht@yahoo.com.br; ³ Doutor em Agronomia, PPGBioAgro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta - MT, rivanildo@unemat.br; ⁴ Doutor em Agronomia, PPGBioAgro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta - MT, marcocarvalho@unemat.br; ⁵ Doutora em Geografia, PPGBioAgro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta - MT, ssneves@unemat.br

RESUMO: O estudo das condições climáticas no município de Alta Floresta é essencial para o planejamento das atividades agrícolas da região. O objetivo foi analisar a variabilidade diária dos elementos climáticos no município de Alta Floresta, MT. Para a análise das condições climáticas, foram utilizados dados registrados no período de janeiro a dezembro 2013, pela estação meteorológica automática da Campbell Scientific, instalada na Universidade do Estado de Mato Grosso, localizada nas dependências do Campus Universitário de Alta Floresta. Para o estudo da variabilidade meteorológica diária, utilizaram-se as medições diárias para todo ano de 2013. Considerou-se as medições diárias dos totais de precipitação (mm), a média da máxima, média e mínima da temperatura (°C) e da umidade (%). A aquisição e armazenamento de dados foram realizados por um datalogger modelo CR1000. O maior número de dias ininterruptos com chuva foram 20 dias (dia juliano 6 ao 25), já os sem chuva foram 31 dias (dia juliano 173 ao dia 203). 29,39% das precipitações ocorreram na primavera; 47,32% no verão; 20,08% no outono e 3,21% no inverno. No comportamento da temperatura diária no ano de 2013 houve variação da temperatura máxima de 14,5 °C, entre o dia com o maior e o dia com menor registro, com limite mínimo de 23,6 °C obtido no dia 86 e, máximo de 38,1 °C no dia juliano 238. O maior índice de umidade máxima diária foi de 100%, observado na maioria dos dias, e o menor de 65,5% no dia juliano 241.

PALAVRAS-CHAVE: chuva, clima, análise climatológica.

VARIABILITY OF TEMPERATURE, RELATIVE AIR HUMIDITY AND PRECIPITATION IN ALTA FLORESTA - MT

ABSTRACT: The study of climatic conditions in the Alta Floresta city is essential for the planning of agricultural activities in the region. The objective was to analyze the climatic variability in Alta Floresta city, MT. For an analysis of the climatic conditions, the data were recorded from January to December 2013, by Campbell Scientific automatic meteorological station, installed in the University of the State of Mato Grosso, located in the dependencies of the University Campus in Alta Floresta. For the study of daily meteorological variability, use as daily measurements for the entire year of 2013. Consider daily measurements of precipitation levels (mm), a mean maximum, average and low temperature (°C) and of humidity (%). Data acquisition and storage were performed by a CR1000 datalogger. The largest number of uninterrupted days with has been 20 days (julian day 6 to 25), has been 31 days ago (julian day 173 to 203). 29.39% of precipitation in the spring; 47.32% in summer; 20.08% in autumn and 3.21% in winter. In the behavior of the temperature in the year of 2013 there was a variation of

the maximum temperature of 14,5 °C, with the maximum of diameter with the minimum of registration, with minimum limit of 23,6 °C obtained without diameter 86 and, maximum of 38.1 °C on julian day 238. The highest daily maximum moisture content was 100%, observed on most days, and the lowest of 65.5% on julian day 241.

KEY-WORDS: rain, climate, climatological analysis.

INTRODUÇÃO

Os elementos atmosféricos, como: precipitação, temperatura, umidade, radiação solar, exercem influência sobre todos os estágios da produção agrícola (SILVA; SARTORI; WOLLMANN, 2014), incluindo a preparação da terra, semeadura, crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, colheita, armazenagem, entre outros (BIERAS e SANTOS 2003).

A precipitação é uma das variáveis climatológicas mais importantes em regiões tropicais (MORAES *et al.*, 2005). Pizzato *et al.* (2012) descreve a precipitação como um elemento meteorológico de grande importância, e seu conhecimento histórico torna-se relevante para o monitoramento de impactos causados pelo seu excesso ou falta por períodos prolongados.

A temperatura do ar promove efeitos diretos e significativos sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em plantas e animais, logo, seu conhecimento se torna fundamental em estudos relacionados ao planejamento agrícola e em análises de adaptação de culturas a determinadas regiões com características distintas. (MEDEIROS *et al.*, 2005). Do mesmo modo, a umidade relativa do ar influencia diretamente em processos agrícolas (VAREJÃO, 2006).

Objetivou-se analisar a variabilidade diária dos elementos climáticos (precipitação, temperatura e umidade relativa do ar) no município de Alta Floresta - MT, no período de janeiro a dezembro de 2013.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com a base de dados registrados no período de janeiro a dezembro 2013, por uma estação meteorológica automática da Campbell Scientific, instalada na Universidade do Estado de Mato Grosso, nas dependências do Campus Universitário de Alta Floresta. Sua localização geográfica é 09°51'43" Latitude Sul, 56°04'06" Longitude Oeste e altitude de 284 metros.

A aquisição de dados foi realizada por um datalogger modelo CR1000 programado para realizar uma leitura por segundo de cada canal, o qual armazenava as médias a cada hora (CAMPBELL SCIENTIFIC INCORPORATION, 2009).

Segundo Tarifa (2011), o clima de Alta Floresta é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, ou seja, tropical chuvoso, alcançando elevado índice pluviométrico no verão podendo atingir médias que superam os 2.750 mm. A temperatura varia entre 24 °C e 34 °C, com inverno seco, predominando altas temperaturas.

Para o estudo da variabilidade meteorológica diária, utilizaram-se as medições diárias para todo ano de 2013. Consideraram-se as medições diárias dos totais de precipitação (mm), a média da máxima, média e mínima da temperatura (°C) e da umidade relativa do ar (%). Os dados encontrados foram analisados e tabulados em planilhas eletrônicas no software Microsoft® Office Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No comportamento da temperatura diária no ano de 2013 houve uma variação da temperatura máxima de 14,5 °C, entre o dia com o maior e o dia com menor registro, com limite mínimo de 23,6 °C obtido no dia 86 e, máximo de 38,1 °C no dia 238. A temperatura mínima diária variou 10 °C, com mínima de 13,1 °C no dia 206 e máxima de 23,1 °C no dia 104. A temperatura média com máxima de 29,5 °C no dia 237 e, mínima de 19,7 °C no dia 206, que teve uma variação de 9,8 °C (Figura 1).

O maior índice de umidade máxima diária foi de 100%, observado na maioria dos dias, e o menor de 65,5% no dia 241. O menor registro de umidade média foi de 19,4% no dia 242 e, o maior de 94,6% no dia 86. A umidade mínima apresentou como limite mínimo 9,7% no dia 199 e, máximo de 91,4% no dia 74 (Figura 2).

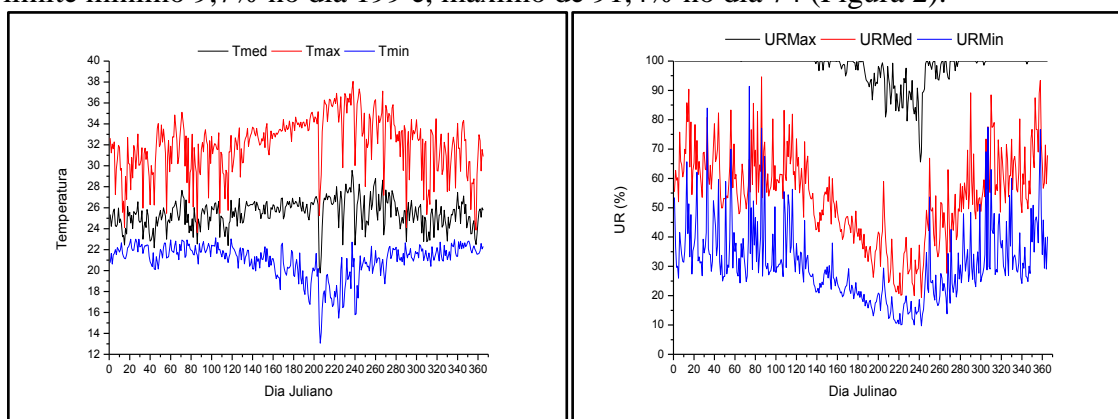


Figura 1: Comportamento diário da temperatura mínima, média e máxima, em Alta Floresta/MT, no ano de 2013.

Figura 2: Comportamento da umidade relativa diária mínima, média e máxima, em Alta Floresta/MT, no ano de 2013.

Durante o ano de 2013 foram contabilizados 174 dias secos e 191 chuvosos. A maior precipitação ocorreu no dia 74 com 116,3 mm. O maior número de dias ininterruptos com chuva foram 20 dias (dia juliano 6 ao 25) e, sem chuva 31 dias (dia juliano 173 ao dia 203). Percebe-se que 29,39% das precipitações ocorreram na primavera; 47,32% no verão; 20,08% no outono; e 3,21% no inverno (Figura 3), distribuição temporária parecida foi encontrada por Batistão *et al.* (2013) para o município de Juína localizado ao norte de Mato Grosso, que observou nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, foram os mais chuvosos com número de dias com precipitação superando os dias secos, com 17, 18, 16 e 17 dias de chuva respectivamente. No período de abril a novembro, o número de dias secos superou os dias com chuva, sendo junho, julho e agosto os mais críticos.

No estado de Mato Grosso a precipitação é irregular, com máximos precipitados no verão e mínimos no inverno, com concentrações de 70% do total de chuvas entre novembro e março (verão) e cujos meses mais chuvosos concentram-se no intervalo de janeiro a março. Durante esse trimestre a precipitação chega a atingir de 45% a 55% do total anual das chuvas (SETTE e TARIFA, 2000). Em contrapartida o inverno é extremamente seco, com chuvas raras e distribuídas em quatro a cinco dias nos meses de junho, julho e agosto, concentrando totais muito baixos, entre 20 e 80 mm (SOUZA *et al.*, 2013), resultados confirmando a sazonalidade encontrada para o município de Alta Floresta.

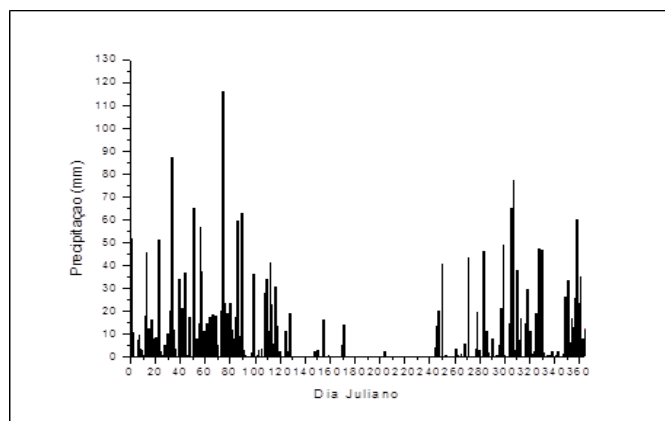


Figura 3: Comportamento da precipitação diária, em Alta Floresta/MT, no ano de 2013.

Ao considerar os dados obtidos por Pizzato *et al.* (2012) com os do presente estudo, verifica-se que na região norte do estado de Mato Grosso, há maior ocorrência de dias chuvosos em relação a região sul do Estado. Os autores, ao analisarem a distribuição e probabilidade de ocorrências de chuvas para a região de Cáceres em um período de 26 anos, encontraram média de dias secos e chuvosos de 305 e 60 dias respectivamente.

Conforme Santos (2005), as chuvas influenciam indiretamente o comportamento de outras variáveis, como temperatura e umidade relativa do ar, fato observado com os resultados desse trabalho, uma vez que os períodos com maiores índices pluviométricos foram relativamente aqueles com maior umidade e menor temperatura, e os períodos com menor índices pluviométricos foram os que obtiveram menor umidade e maior temperatura.

CONCLUSÕES

A temperatura diária no ano de 2013 teve variação, apresentando temperatura mínima de 13,1 °C no dia juliano 206 e temperatura máxima de 38,1 °C no dia juliano 238. O maior índice de umidade máxima diária foi de 100%, observado na maioria dos dias, e o menor de 65,5% no dia 241. Durante o ano de 2013 foram contabilizados 174 dias secos e 191 chuvosos. A maior precipitação ocorreu no dia 74 com 116,3 mm. O maior número de dias ininterruptos com chuva foram 20 dias.

REFERÊNCIAS

BATISTÃO, A. C. *et al.* Distribuição temporal e probabilidade de ocorrência de chuva no município de Juína (MT). **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 9, v. 13, p. 258-270, 2013.

BIERAS, A. R. e SANTOS, M. **Condições climáticas e incidência de pragas e doenças na cultura de citros nas principais regiões produtoras do estado de São Paulo**. Ambientes estudos de Geografia, 2003.

CAMPBELL SCIENTIFIC INCORPORATION. **CR1000 Measurement and Control Datalogger**. 2009. Disponível em: <http://www.campbellsci.com/cr1000>.

MEDEIROS, S. S. *et al.* Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas e máximas na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 9, p. 247-255, 2005.

MORAES, B.C. *et al.* Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. **Acta Amazônica**. 35: 207-214, 2005.

PIZZATO, J. A. *et al.* Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.42, n.2, p. 137-142, 2012.

SANTOS, J. W. M. C. Ritmo Climático e Sustentabilidade sócio-ambiental da agricultura comercial da soja no Sudeste de Mato Grosso. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v. 1, n. esp., p. 1-20, 2005.

SETTE, D. M.; TARIFA, J. R. A estrutura pluvial e as paisagens no Mato Grosso - Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 4, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2000.

SILVA, R. R. da; SARTORI, M.G.B.; WOLLMANN, C. A. Relação entre precipitação pluviométrica e produtividade da cultura de soja, no município de Ibirubá-RS. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, V. 27, p. 296-314, 2014.

SOUZA, A. P. *et al.* Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Pesquisas Agrárias e Ambientais, Sinop, v.1, p. 34-43, 2013.

TARIFA, J. R. **Mato grosso: clima: análise e representações cartográficas**. Entrelinhas, 102p., 2011.

VAREJÃO, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Versão digital 2. Recife, Brasil. 2006.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CHUVA E TEMPERATURA DO AR NO SUDESTE DO BRASIL ENTRE 1961-2012

Marcelo Lima¹, Givanildo Gois², José Francisco de Oliveira-Júnior³

¹ Graduando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, marceloufalicat@gmail.com; ² Professor, Faculdade de Tecnologia de Alagoas, Maceió, AL, givanildogois@gmail.com; ³ Professor, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, joliveirajunior@gmail.com.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição espacial da chuva e da temperatura do ar na região Sudeste no período de 1961-2012. Dados das temperaturas máximas (t_x , °C) e mínimas (t_n , °C) médias do ar juntamente com a chuva (mm) foram obtidos das estações meteorológicas convencionais (EMC) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) entre 1961-2012. O preenchimento de falhas de algumas EMC foi realizado via normais climatológicas do INMET. No estudo foi utilizado o método matemático de interpolação espacial IDW (*Inverse Distance Weighting*) via software ArcGis versão 10.1. O método de interpolação IDW conseguiu espacializar com devida coerência os dados de t_x , t_n e chuva da região Sudeste no período de 50 anos. A variabilidade espacial das t_x e t_n e da chuva avaliadas neste estudo são devido aos fatores fisiográficos, climáticos e a variabilidade nos sistemas meteorológicos de grande escala e local e, por fim a conjunção de todos eles.

PALAVRAS-CHAVE: Interpolação de efeito local; Sistemas meteorológicos; Série temporal.

SPATIAL DISTRIBUTION OF RAINFALL AND AIR TEMPERATURE IN SOUTHEAST BRAZIL BETWEEN 1961-2012

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the spatial distribution of rainfall and air temperature in the Southeast region in the period 1961-2012. Data of the maximum temperatures (t_x , °C) and minimum (t_n , °C) air averages along with rainfall (mm) were obtained from the conventional meteorological stations (CMS) of Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) between 1961-2012. The gap filling of some EMC was carried out via normal climatological of INMET. In the study was used the mathematical method of spatial interpolation IDW (*Inverse Distance Weighting*) via ArcGis software version 10.1. The IDW interpolation method was able to consistently spatialize the t_x , t_n and rainfall data from the Southeast region over a period of 50 years. The spatial variability of the t_x and t_n and the rainfall evaluated in this study are due to physiographic, climatic factors and variability in the large-scale and local meteorological systems, and finally the conjunction of all of them.

KEY-WORDS: Local effect interpolation; Meteorological systems; Time series.

INTRODUÇÃO

A região Sudeste do Brasil possui uma característica climática diversificada, devido a sua topografia complexa, sua posição geográfica e, devido à atuação de diversos sistemas meteorológicos e grande escalas, que interferem no regime de chuva e no padrão da temperatura do ar (MINUZZI et al., 2007; REBOITA et al., 2010).

O conhecimento da distribuição espacial da chuva, das temperaturas máximas (t_x , °C) e mínimas (t_n , °C) do ar e suas interações com outras variáveis climáticas e as características fisiográficas, assim, como o entendimento dos mecanismos relacionados aos seus padrões e a dinâmica dos sistemas meteorológicos subsidia diversas atividades, por exemplo, nas áreas agrícolas, florestal, defesa civil, turismo, geração de energia, ambiental, entre outras (ANDRÉ et al., 2008; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2014).

A construção de um banco de dados climáticos consistente é de suma importância na avaliação de setores produtivos e avaliação de diversos fenômenos meteorológicos (WMO, 2006). A região Sudeste apresenta influência nítida e marcante da altimetria e disposição do relevo nas configurações dos climas regionais, em comparação as demais regiões do país (SANT'ANNA NETO, 2005). E, portanto avaliar a distribuição das variáveis climáticas no período superior a 50 anos é extremamente importante em virtude da sua variabilidade e das mudanças climáticas que têm impacto direto nas catástrofes naturais (secas, enchentes, desertificação entre outros) (REBOITA et al., 2010; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2014; BRITO et al., 2016)

Assim, o estudo tem como objetivo avaliar a distribuição espacial da chuva e da temperatura máxima e mínima do ar na região Sudeste no período de 1961-2012.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foi coletado dado de 68 Estações Meteorológicas Convencionais (EMC) da região Sudeste via INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), (<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>). Os dados foram organizados em um modelo de banco de dados com o auxílio do programa Excel, calculadas as médias anuais, mensais e sazonais para a variável chuva (mm), para todas as estações dos estados do Rio de Janeiro (RJ), São Paulo (SP) e Espírito Santo (ES); estando ainda os dados do estado de Minas Gerais (MG) em organização e análise.

Após a organização, foi feito o preenchimento de falhas de algumas EMC com os dados das normais climatológicas do INMET e, assim perfazendo o total de 51 anos (1961-2012). No estudo foi utilizado o método matemático de interpolação espacial IDW (Inverse Distance Weighting - Ponderação do Inverso da Distância) para espacializar os dados de chuva, das t_x e t_n baseado no software ArcGIS versão 10.1.

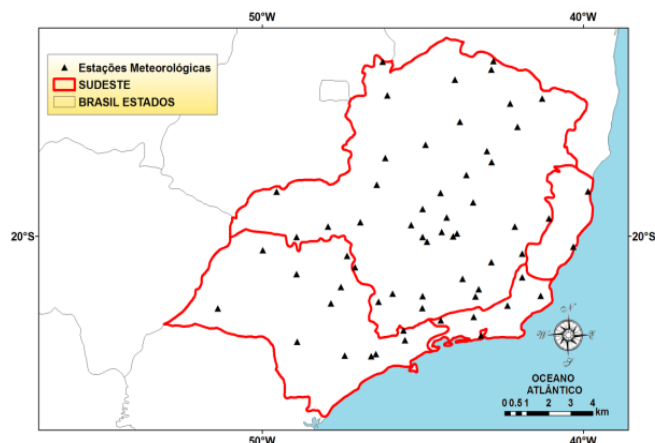


Figura 1. Região Sudeste com as 68 estações meteorológicas convencionais (Δ).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 mostra a chuva média dos estados da região Sudeste, obtidas via método de interpolação IDW dos valores acumulados mensais de das chuvas das 68 estações do período de 1961-2012. Na análise espacial, o estado que se mostrou com valores mais homogêneos foi ES, com totais na faixa de 1200-1400 mm, isso se deve a proximidade com o Oceano Atlântico, ou seja, influência marcante da maritimidade (MINUZZI et al., 2007; REBOITA et al., 2010). As regiões nordeste (NE) e noroeste (NW) dos estados RJ, ES e MG aparecem como as regiões com baixos valores de chuva acumulada da Região Sudeste, entre 750-1000 mm, e vale ressaltar que algumas cidades destas regiões encontram-se no Novo Polígono da Seca. Entretanto, existem regiões com maiores totais de chuvas, por exemplo, oeste (W) e sul (S) de MG, com totais entre 1400-1700 mm, o extremo S do estado do RJ (Brito et al., 2016), com valores nessa mesma faixa, e com destaque ao NE e sudeste (SE) de SP, chuvas entre 1400-1600 mm em quase todo o estado, salvo algumas exceções pontuais.

Ainda, na Figura 2 verifica-se um gradiente no padrão de chuva na região Sudeste nas direções sudoeste (SW) e NE. As direções norte (N) e NW apresentam características similares do clima semiárido do Nordeste Brasileiro (NEB), com totais anuais entre 750 a 870 mm e esse padrão é baseado em períodos longos de estiagem e que pode ser forte indício de ocorrência de processo de desertificação. Enquanto no S e SW os totais anuais foram superiores a 1500 mm no período de estudo. Esse gradiente de chuva se deve a grande extensão territorial na direção N-S (SANT'ANNA NETO, 2005). Os sistemas atmosféricos, como os Sistemas Frontais (SF), a Zona de Convergência do Atlântico Sul, a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's), Bloqueios Atmosféricos (BA), sistemas de brisas, convecção local e os modos de variabilidade climática (El Niño-Oscilação Sul - ENOS, Oscilação Decadal do Pacífico - ODP e Anomalia da TSM do Oceano Atlântico) entre outros contribuem para essa grande variabilidade da chuva na Região Sudeste (MINUZZI et al., 2007; REBOITA et al., 2010; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2014; BRITO et al., 2016).

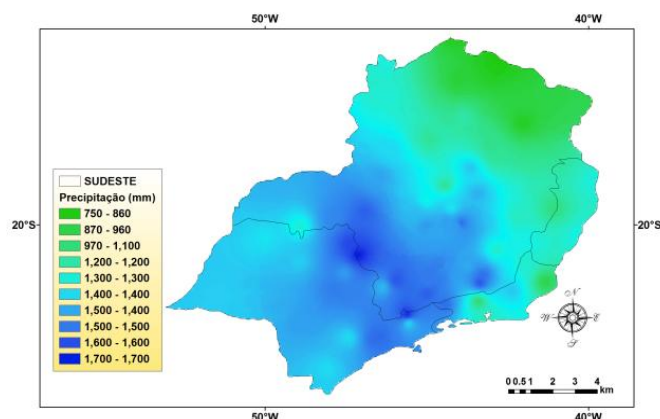


Figura 2. Chuva (mm) da região Sudeste no período de 1961-2012.

Na Figura 3(a) observa-se que os valores médios de t_x variam bastante na região Sudeste, visto que altimetria, radiação solar, disposição do relevo e a distância do mar (~1000 km) interferem no regime de temperatura (SANT'ANNA NETO, 2005). Os maiores valores encontram-se entre 29-32°C nos setores W de SP, N do RJ e ES e, sobretudo no centro, N e NW de MG, que apresenta os valores superiores (> 30°C). Os valores entre 24-28°C ocorreram embora parte do RJ, no centro e E de SP, no S, E e parte do centro mineiro, e uma pequena faixa do sul de ES. Com relação à t_n média, Figura 3(b), nota-se que os valores entre 19-22°C no estado de MG e nos setores N e E do RJ. Valores médios entre 16-19°C foram observados nos setores N e W de MG, no S do ES e no W de SP. As regiões centrais dos estados do RJ, SP e MG apresentam valores entre 15-16°C, estando os menores valores registrados no E de SP e S de MG. Elas são influenciadas pelas cadeias montanhosas, os efeitos da maritimidade e continentalidade e pela vegetação (MINUZZI et al., 2007; REBOITA et al., 2010). Sant'anna Neto (2005) explica que a diversidade climática da região sudeste se deve a altimetria e disposição do relevo nas configurações dos climas regionais.

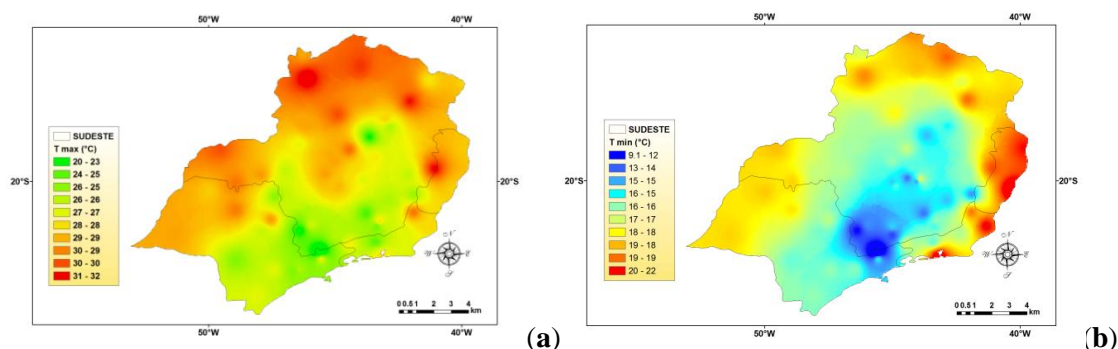


Figura 3. Temperaturas médias máximas (t_{max} , °C) (a) e mínimas do ar (t_{min} , °C) (b) da região Sudeste no período de 1961-2012.

CONCLUSÕES

O método de interpolação de efeito local IDW conseguiu espacializar com devida coerência a temperatura máxima, mínima e a chuva da região Sudeste no período estudado.

A variabilidade espacial das temperaturas máxima e mínima do ar e da chuva avaliadas no período de 50 anos são devido aos fatores fisiográficos, climáticos e a

variabilidade nos sistemas meteorológicos de grande escala e local e, por fim a conjunção de todos eles.

AGRADECIMENTOS

Ao INMET por disponibilizar as séries temporais dos elementos meteorológicos. Ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade (José Francisco de Oliveira Júnior).

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, R. G. B.; MARQUES, V. S.; PINHEIRO, F. M. A.; FERRAUDO, A. S. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.4, 501 – 509, 2008.

BRITO, T.T., OLIVEIRA JÚNIOR, J.F., LYRA, G.B., GOIS, G., ZERI, M. Multivariate analysis applied to monthly rainfall over Rio de Janeiro state, Brazil. **Meteorology and Atmospheric Physics (Print)**, v. 1, 1-10, 2016.

MINUZZI, R. B., SEDIYAMA, G.C., BARBOSA, E.M., MELO JÚNIOR, J.C.F. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 338-346, 2007.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; DELGADO, R. C., GOIS, G., LANNES, A., DIAS, F. O., SOUZA, J. C. S., SOUZA, M. Análise da Precipitação e sua Relação com Sistemas Meteorológicos em Seropédica, Rio de Janeiro. **Floresta e Ambiente**, v. 21, p. 140-149, 2014.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, p. 185-204, 2010.

SANT'ANNA NETO, J. L. Décalogo da Climatologia do Sudeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p. 43-60, 2005.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. Guide to meteorological instruments and methods of observation: Preliminary seventh edition. Geneva, WMO, 2006. 569 p. (Technical Report WMO-No. 8).

UM SÉCULO DE DADOS METEOROLÓGICOS EM PIRACICABA, SP: MUDANÇAS DO CLIMA PELA CLASSIFICAÇÃO DE KÖPPEN

Henrique Boriolo Dias¹, Clayton Alcarde Alvares², Paulo Cesar Sentelhas³

¹ Eng. Agrônomo, Doutorando do PPG-ESA, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, henrique.bdias@yahoo.com.br; ² Eng. Florestal, Pesquisador Dr., Suzano Papel e Celulose, Itapetininga, SP, caalvares@yahoo.com.br; ³ Engenheiro Agrônomo, Prof. Associado 3, Depto. de Engenharia de Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba, SP, pcsentel.esalq@usp.br

RESUMO: A classificação climática de Köppen foi aplicada às normais climatológicas de 30 anos, de forma dinâmica e iniciando-se em 1917, para a série histórica de 100 anos de dados meteorológicos do posto meteorológico da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP. Esse procedimento gerou 71 classificações (1917-1946 a 1987-2016). Os resultados indicaram que ao longo desse período Piracicaba apresentou três tipos climáticos: Cfa, Cwa e Aw. O clima subtropical Cfa predominou em 55 normais de 1917-1946 a 1979-2008, enquanto que o Cwa ocorreu por oito vezes entre 1927-1956 e 1940-1969. Mais recentemente (1980-2009 a 1987-2016), o clima tropical Aw vem predominando, o que indica que o clima de Piracicaba está mudando devido às forçantes globais e regionais, especialmente associadas à temperatura do ar.

PALAVRAS-CHAVE: Série histórica; ESALQ/USP; Agrometeorologia; Adaptação.

A CENTURY OF METEOROLOGICAL DATA IN PIRACICABA, SP: CLIMATE CHANGE BY KÖPPEN'S CLASSIFICATION

ABSTRACT: The Köppen's climate classification was applied to normal climatological of 30 years, dynamically and beginning in 1917, from the historical series of 100 years of meteorological data of the weather station of ESALQ/USP, located in Piracicaba, SP. It was generated 71 classifications (1917-1946 to 1987-2016). The results indicated that during this period Piracicaba presented three climatic types: Cfa, Cwa and Aw. The subtropical climate Cfa predominated in the 55 normal from 1917-1946 to 1979-2008, while Cwa occurred eight times between 1927-1956 and 1940-1969. Recently (1980-2009 to 1987-2016), the tropical climate Aw has been predominated, which indicate that the climate of Piracicaba are changing due global and local forcing's, especially in air temperature.

KEY-WORDS: Historical series; ESALQ/USP; Agrometeorology; Adaptability.

INTRODUÇÃO

O sistema de classificação (macro)climática de Köppen é ainda amplamente usado e tem sido empregado em uma série de livros didáticos em climatologia, meteorologia, geografia, ecologia, bioclimatologia e a agrometeorologia, bem como em estudos envolvendo zoneamento de espécies agrícolas e florestais (ALVARES et al., 2013). De acordo com Alvares et al. (2013), um número significativo de trabalhos tem sido publicado para avaliar mudanças climáticas utilizando o sistema de Köppen, uma vez que a referida classificação pode mostrar didaticamente, tanto para especialistas quanto para o público geral, que as zonas climáticas estão ou podem estar se alterando.

No entanto, mudanças no clima podem estar relacionadas a diferentes origens, como terrestre, extraterrestre, astronômica e antrópica (PEREIRA et al., 2002). A maior contribuição humana para as mudanças climáticas vem da emissão de gases de efeito

estufa que tem contribuído para um aumento significativo nos níveis de concentração na atmosfera terrestre, desde a revolução industrial, em 1750 (IPCC, 2014).

Ao final de 2016, o posto meteorológico da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), situado em Piracicaba, SP, completou 100 anos de registro de dados. Com o intuito de avaliar possíveis alterações nos padrões climáticos da referida localidade, o presente estudo aplicou a classificação climática de Köppen para essa série histórica de forma dinâmica, com médias móveis de 30 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo empregou os dados meteorológicos diários de temperatura máxima (Tmax) e mínima (Tmin) do ar e precipitação (P) de 1917 a 2016 do posto meteorológico da ESALQ/USP, situado em Piracicaba, SP (22° 42' 30" Sul, 47° 38' 00" Oeste, 546 m). A instalação do posto teve início em 1916 e as variáveis começaram a ser registradas no ano seguinte. Houve poucas falhas de P ao longo desse período, as quais foram preenchidas com dados provenientes da estação meteorológica automática (EMA) da ESALQ/USP e por estações próximas do Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Para as temperaturas, falhas entre 1997 e 2016 foram preenchidas com os dados da EMA, enquanto que entre 1980 e 1996 o preenchimento se deu com os dados de Xavier, King e Scanlon (2015) e antes disso com o valor da mediana calculada por meio da série histórica para cada dia do ano. Os dados foram processados para a escala mensal para que a classificação climática pudesse ser realizada. A temperatura média do ar (Tmed) foi obtida pela média da Tmax e da Tmin e, após essa etapa, foi calculada a média anual, ao passo que a P foi acumulada.

A classificação climática de Köppen (1936) foi aplicada aos dados meteorológicos mensais e anuais. Os tipos de clima de Köppen são simbolizados por dois ou três caracteres, onde o primeiro indica a zona climática e é definida pela Tmed e P, o segundo considera a distribuição de P, e o terceiro é a variação sazonal da Tmed. Os símbolos, zonas climáticas, descrições e critérios podem ser encontrados em Köppen (1936) e Alvares et al. (2013). A classificação climática foi realizada usando dados agrupados de 30 em 30 anos, de forma dinâmica (média móvel), a partir de cada ano de 1917 a 1987, totalizando 71 normais climatológicas e classificações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As classificações climáticas de Köppen para as séries de dados meteorológicos de 30 anos (normais) de Piracicaba, SP, iniciando em 1917-1946 e indo até 1987-2016, são apresentadas na Figura 1, bem como as tendências correspondentes de Tmed e P. Com relação a Tmed, esta foi relativamente estável considerando as normais de 1917-1946 até 1951-1980, todavia, há uma tendência de aumento dos valores a partir desta última normal até o último período considerado, ou seja, 1987-2016 (Figura 1). A análise dos dados anuais de temperatura do ar em um século de registros em Piracicaba, por meio de regressão linear, mostra que houve incremento de 1,32°C, 1,64°C e 1,48°C na Tmax, Tmin e Tmed, respectivamente (dados não apresentados). A elevação nas temperaturas, especialmente as mínimas, também foi verificado por Blain, Picoli e Lulu (2009) e Blain (2010) em Piracicaba e em localidades próximas com dados até 2006. Forçantes regionais relacionadas a ações antrópicas, como o desmatamento (SENTELHAS et al., 1994) e urbanização (KARL; DIAZ; KUKLA, 1998; FREITAS; DIAS, 2005) podem impactar nas condições meteorológicas/climáticas de um dado local/região. O desmatamento e a urbanização crescente foram fenômenos comuns no

último século na região de Piracicaba e isso pode ter impactado na temperatura do ar. Até o final do século, é muito provável que a temperatura aumente em mais de 2 °C para todo o continente sul-americano em todas as estações (TORRES; MARENGO, 2013).

A P é umas das variáveis de maior variabilidade. Houve uma tendência de decréscimo nos acumulados entre as normais de 1922-1951 até 1951-1980, havendo inversão desse padrão a partir deste último período até a normal de 1973-2002, com tendência de aumento nos acumulados de P (Figura 1). Entre as normais 1974-2003 até 1987-2016 não houve uma tendência, com padrão de flutuação dos acumulados de P, permanecendo estável, em torno de 1350 mm (Figura 1). Na escala regional, a redução da cobertura florestal ao longo de um século não apresentou efeito consistente nos padrões de P em Campinas, SP (SENTELHAS et al., 1994). Em São Paulo, entre os principais efeitos observados nas séries históricas de P estão a diminuição das chuvas fracas (chuviscos e a garoa) e o aumento da frequência de ocorrência de chuvas fortes (DIAS, 2006). Para condições de clima futuro na América do Sul, as alterações projetadas na P têm a mesma magnitude do intervalo de incerteza e são comparáveis à variabilidade natural (TORRES; MARENGO, 2013).

Utilizando as variáveis Tmed e P na classificação de Köppen, o clima de Piracicaba, SP pode ser classificado como Cfa (Subtropical úmido com clima oceânico, com ausência de estação seca com verão quente), embora outros dois tipos de climas também se fizeram presentes nas normais consideradas (Cwa – Subtropical úmido com inverno seco e verão quente; Aw – Tropical com inverno seco). O clima Cfa para o referido município concorda com aqueles classificados por Alvares et al. (2013) e Kottek et al. (2006), onde os autores consideraram séries entre 1950-1990 e 1951-2000, respectivamente. Oito climas Cwa ocorreram entre 1927-1956 e 1940-1969, principalmente pela Tmed do mês mais frio abaixo de 18°C. Já as últimas oito normais avaliadas (1980-2009 a 1987-2016) foram classificadas como Aw. Este tipo de clima predomina no oeste e noroeste de SP e em grande parte da região central do Brasil (ALVARES et al., 2013; KOTTEK et al., 2006). Isso pode estar indicando uma possível alteração nos padrões climáticos de Piracicaba, SP, levando a um clima mais tropical, com a elevação nas temperaturas, condicionada principalmente pelas mínimas.

As culturas da cana-de-açúcar, citros, milho, frutíferas e hortaliças, as principais de Piracicaba e diversas localidades próximas com clima semelhante poderão sofrer impactos negativos na produção caso as temperaturas continuem a se elevar, o que pode exigir adaptações e estratégias para mitigação dos efeitos das alterações climáticas observadas nos últimos anos e previstas para o futuro.

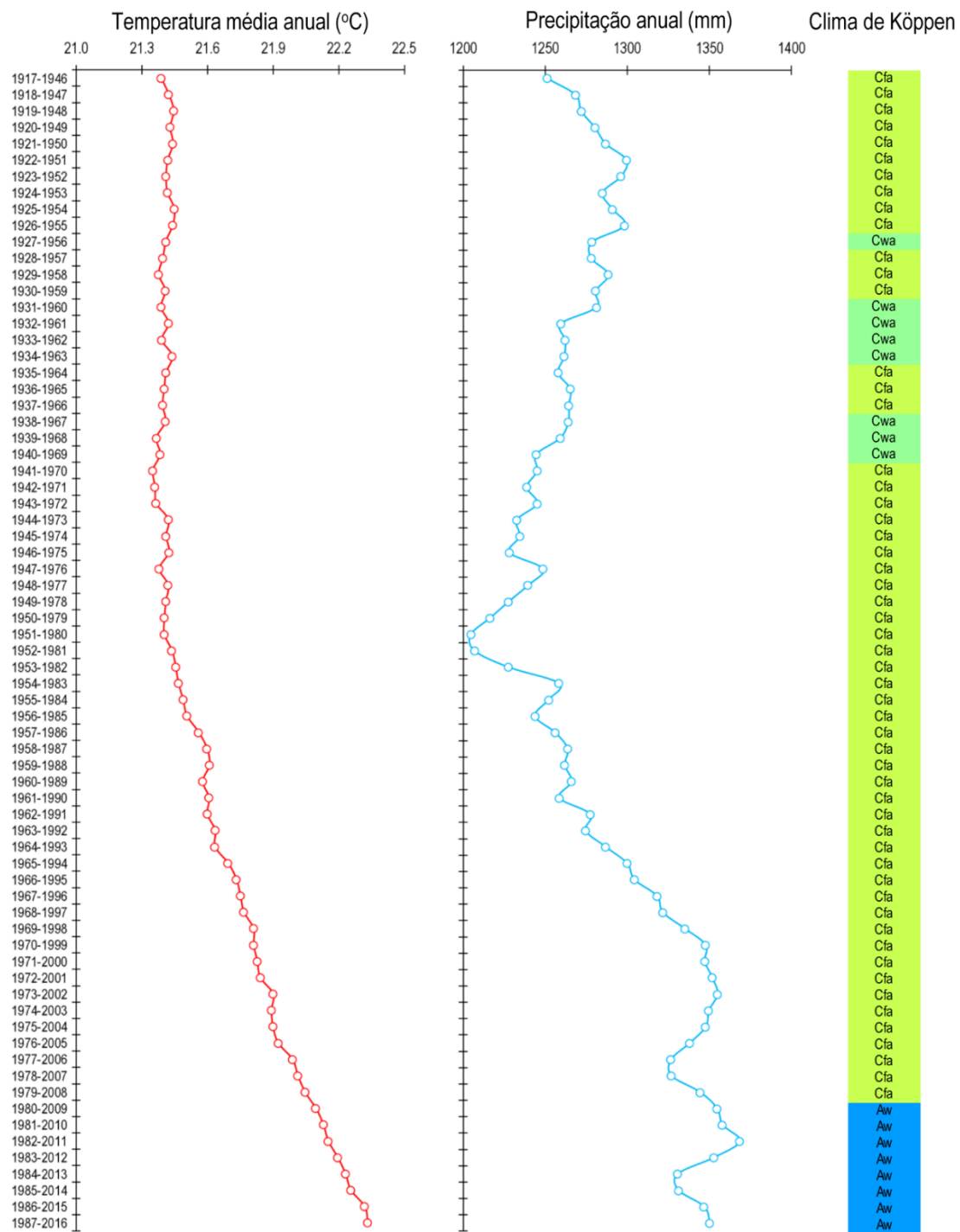


Figura 1. Temperatura média, precipitação e classificação climática de Köppen (1936) para 100 anos de dados meteorológicos do posto meteorológico da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, considerando 71 normais climatológicas de 30 anos, a partir de 1917.

CONCLUSÕES

O clima de Piracicaba, SP, baseado na classificação climática de Köppen, está se alterando de Cfa (subtropical úmido com clima oceânico, com ausência de estação seca com verão quente) para Aw (tropical com estação seca). Isso se deve principalmente à elevação das temperaturas, especialmente a mínima verificada nos últimos anos.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.D. de; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BLAIN, G.C. séries anuais de temperatura máxima média do ar no Estado de São Paulo: variações e tendências climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 114-124, 2010.

BLAIN, G.C.; PICOLI, M.C.A.; LULU, J. Análises estatísticas das tendências de elevação nas séries anuais de temperatura mínima do ar no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 807-815, 2009.

DIAS, M.A.F. da S. Efeito estufa e mudanças climáticas regionais. **Revista USP**, n. 71, p. 44-51, 2006.

FREITAS, E.D. de; DIAS, P.L. da S. Alguns efeitos de áreas urbanas na geração de ilhas de calor. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 3, p. 355-366, 2005.

IPCC 2014: Climate Change 2014. Synthesis Report. **Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, PACHAURI, R.K.; MEYER, L.A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p., 2014.

KARL, T.R., DIAZ, H.F., KUKLA, G. Urbanization: its detection and effect in the United States climate record. **Journal of Climate**, v. 1, n. 11, p. 1099-1123, 1988.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate – KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): **Handbuch der Klimatologie** – Gebrüder Bornträger, Berlin, 1, 1–44, part C, 1936.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, p. 259-263, 2016.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002. 478p.

SENTELHAS, P.C.; CAMARGO, A.B.P. de; CAMARGO, M.B.P. de; ALFONSI, R.R. Um século de desmatamento: efeitos no regime térmico, pluvial e no balanço hídrico em Campinas, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 99-103, 1994.

TORRES, R.R.; MARENGO, J.A. Uncertainty assessments of climate change projections over South America. **Theoretical Applied Climatology**, v. 12, p. 253–272, 2013.

XAVIER, A.C.; KING, C.W.; SCANLON, B.R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, n. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016.

ANÁLISE DO CICLONE TROPICAL DINEO E FURACÃO MATTHEW

Lara Amanda Marques Vieira¹, Matheus Vicente Regis², Jéssica de Cássia Mendes³,
Michelle Simões Reboita³

¹Graduanda de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, laramanda96@gmail.com; ²Graduando de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, matheus_regis1@hotmail.com; ³Graduanda de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, jessica.cassia_mendes@hotmail.com; ⁴Docente do Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, reboita@gmail.com

RESUMO: A análise sinótica é essencial para o entendimento de eventos e/ou fenômenos que acontecem na atmosfera e que, muitas vezes, estão diretamente relacionados com impactos à sociedade, como os ciclones tropicais, que causam precipitação excessiva, ventos fortes e inundação em áreas costeiras. No ano de 2016, um intenso furacão, denominado de Matthew, se formou sobre o oceano Atlântico e ao se deslocar para oeste afetou a Jamaica, Cuba, República Dominicana, Bahamas e, de forma devastadora o Haiti. Já, no ano de 2017, um ciclone tropical, que se formou no oceano Índico e recebeu a denominação de Dineo, ao se deslocar para o oeste afetou Moçambique, causando desastres. Diante disto, este estudo tem dois objetivos: a análise sinótica do ciclo de vida destes dois ciclones tropicais, e a comparação de ambos. Para tanto, foram utilizados dados do *Global Forecast System Analysis*. O ciclo de vida destes sistemas foi analisado em quatro estágios: pré-ciclogênese, ciclogênese, maturidade e decaimento. Entre os resultados têm-se que ambos os ciclones mostram o perfil vertical do desvio zonal de temperatura do ar bem marcado com valores positivos, e que a divergência de massa em altos níveis excede a convergência em baixos níveis.

PALAVRAS-CHAVE: Processos Sinóticos, Desastres Naturais, Fenômenos Meteorológicos.

ANALYSIS OF TROPICAL CYCLONE DINEO AND HURRICANE MATTHEW

ABSTRACT: Synoptic analysis is essential for the understanding of events and/or phenomena that occur in the atmosphere and affect the society, such as tropical cyclones, which cause excessive precipitation, strong winds and flooding in coastal areas. In the 2016-year, an intense hurricane, named Matthew, formed over the Atlantic Ocean and displaced westward affecting Jamaica, Cuba, the Dominican Republic, the Bahamas and devastatingly Haiti. In 2017-year, a tropical cyclone, which formed in the Indian Ocean and received a name of Dineo, moved westward and affected Mozambique, causing disasters. Therefore, the study has two objectives: a synoptic analysis of the life cycle of the two tropical cyclones, and a comparison of both. For this, Analysis of the Global Forecast System were used. The life cycle of the systems was analyzed in four stages: pre-cyclogenesis, cyclogenesis, maturity and decay. Among the results are that both cyclones show the vertical profile of the zonal temperature deviation well marked with positive values, and that the mass divergence at high levels exceeds a convergence at low levels.

KEYWORDS: Synoptic Analysis, Natural Disasters, Weather Phenomena.

INTRODUÇÃO

Sistemas meteorológicos causam grandes impactos sociais, pois além dos ventos fortes que danificam as construções, propiciam chuvas intensas e inundações (WANG e WU, 2004). Os ciclones tropicais são sistemas de baixa pressão atmosférica, com núcleo quente e se formam sobre os oceanos tropicais ou subtropicais, devido ao fornecimento de energia do mar para o ar (EMANUEL, 1986). Os ciclones tropicais podem receber nomes diferentes de acordo com a localização que estão no globo e sua intensidade. Furacão é o nome dado aos ciclones tropicais que ocorrem na bacia do oceano Atlântico Norte e no leste do oceano Pacífico Norte; tufão é o nome dado aos ciclones que ocorrem no oeste do Pacífico Norte e, apenas, ciclone, aos sistemas que se formam no oceano Índico. Os ciclones tropicais também possuem uma classificação, chamada de Saffir-Simpson presente na Tabela 1 (NOAA, 2012).

Tabela 1. Valores de vento e pressão que precisam ser considerados na classificação segundo a Escala Saffir-Simpson. Fonte: <http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php>

Categoria	Vento (mph)	Vento (km/h)	Pressão (nPa)
Tempestade Tropical	35 – 73	51 – 118	-
1	74 – 95	119 – 153	Maior que 980
2	96 – 110	154 – 177	965 – 979
3	111 - 130	178 – 210	945 – 964
4	131 - 155	211 – 249	920 – 944
5	Mais que 155	Mais que 249	Menor que 920

À medida que os ciclones adentram o continente, eles podem se dissipar por falta do suprimento de energia, por atrito com a superfície ou pelo cisalhamento vertical do vento (JONES, 1995; DE MARIA, 1996; BENDER, 1997).

Em 2016, o furacão Matthew se formou sobre o oceano Atlântico Norte e ao se deslocar para oeste afetou a Jamaica, Cuba, República Dominicana, Bahamas e, de forma devastadora o Haiti. Outro ciclone tropical que causou muitos impactos sociais foi o ciclone Dineo, que ocorreu no ano de 2017 no oceano Índico e ao se deslocar para o oeste afetou Moçambique. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo (a) descrever a evolução do ciclo de vida destes dois sistemas tropicais e (b) compará-los.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise do ciclo de vida do furacão Matthew e do ciclone Dineo foi realizada através dos dados do *Global Forecast System Analysis* (GFSanl - Sistema de Previsão Global). O GFS é um sistema de previsão numérica de tempo da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), que fornece análises atmosféricas quatro vezes por dia (a cada seis horas) com resolução horizontal de 0,5° de latitude por longitude (CHARLES e COLLE, 2009) e 21 níveis verticais. As

informações do GFS estão disponíveis em: http://nomads.ncdc.noaa.gov/GFS/analysis_only.

As variáveis consideradas no estudo foram as componentes horizontais do vento, movimento vertical (ω), pressão ao nível médio do mar, temperatura da superfície do mar e temperatura do ar e altura geopotencial nos horários das 0000, 0600, 1200 e 1800 UTC. No caso do furacão Matthew, foram utilizados dados entre os dias 26 de setembro de 2016 a 09 de outubro de 2016. Já para o ciclone Dineo, entre os dias 12 de fevereiro de 2017 a 17 de fevereiro de 2017.

Inicialmente, nos resultados, será mostrada a trajetória de ambos os ciclones, que foi obtida através do registro no site do *Weather Underground* (<http://www.wunderground.com/hurricane>). Nesse, foi traçada as coordenadas dos ciclones correspondentes à posição central em cada horário com base nos dados do GFS. Na sequência, com o objetivo de descrever a evolução do ciclo de vida dos sistemas, foram selecionados quatro estágios: antes da formação do ciclone (pré-ciclogênese), ciclogênese, maturidade (que é quando a vortacidade relativa atinge valor máximo no centro do ciclone) e decaimento. Em cada estágio são mostradas as seguintes variáveis: imagens do canal infravermelho do satélite GOES-Meteosat-10 (obtidos da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do INPE), anomalia da temperatura da superfície do mar (obtido no *Global Forecast System Analysis* para os mesmos dias citados acima e com resolução horizontal de 5 km), perfil vertical de vortacidade relativa, perfil vertical da velocidade vertical ω e divergência de massa, e desvio zonal da temperatura do ar e da altura geopotencial. A partir dessas variáveis foi possível realizar uma comparação entre ambos os ciclones.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Trajatória dos Ciclones

O furacão Matthew formou-se em águas tropicais do oceano Atlântico Norte, nas proximidades do norte da América do Sul. A sua gênese ocorreu no dia 27 de setembro de 2016 e sua dissipação no dia 08 de outubro de 2016, já sobre o continente (Figura 1, esquerda). O furacão Matthew iniciou como tempestade tropical (círculos verdes na Figura 1) e evoluiu para a categoria 5 de furacão (rosa claro) ao se deslocar para oeste e depois, em direção a Cuba, apresentou categoria 4 (rosa). O sistema só enfraquece sobre a área continental dos Estados Unidos.

O ciclone Dineo (Figura 1, direita) formou-se sobre o oceano Índico, também em uma região tropical, mas do Hemisfério Sul. A sua gênese ocorreu no dia 13 de fevereiro de 2017 e sua dissipação no dia 17 de fevereiro de 2017, já sobre o continente (Figura 1). Assim como no caso do Matthew, o ciclone Dineo iniciou-se como tempestade tropical (em verde), mas evoluiu apenas até a categoria 1 da escala Saffir-Simpson (cor amarela). Ao chegar sobre o continente, devido ao atrito com a superfície e a não existência de energia do oceano para a atmosfera, foi perdendo força até se dissipar.

A partir da escala de cores ao longo da trajetória dos sistemas, nota-se que o furacão Matthew foi mais intenso do que o Dineo. A fim de mostrar mais detalhes sobre esses sistemas, a Figura 2 apresenta a evolução temporal da intensidade do vento e pressão no centro do Matthew e do Dineo, respectivamente. Essas variáveis são inversamente proporcionais: quanto menor a pressão no centro do ciclone, mais intenso são os ventos. O ciclone Matthew (Figura 2, esquerda) mostra valores de intensidade do vento que variam de 25 m/s (90 km/h) a 70 m/s (252 km/h) e valores de pressão que variam de 940 hPa a 1010 hPa. O máximo na intensidade dos ventos ocorre no dia 01 de

outubro, que é justamente quando o sistema adquire categoria 5 (Figura 1). Com relação ao ciclone Dineo, o menor e maior valor de pressão foram 998,7 hPa e 1004,7 hPa, respectivamente, e a intensidade mínima e máxima do vento foi de 36 m/s (130 km/h) e 20 m/s (72 km/h), respectivamente.

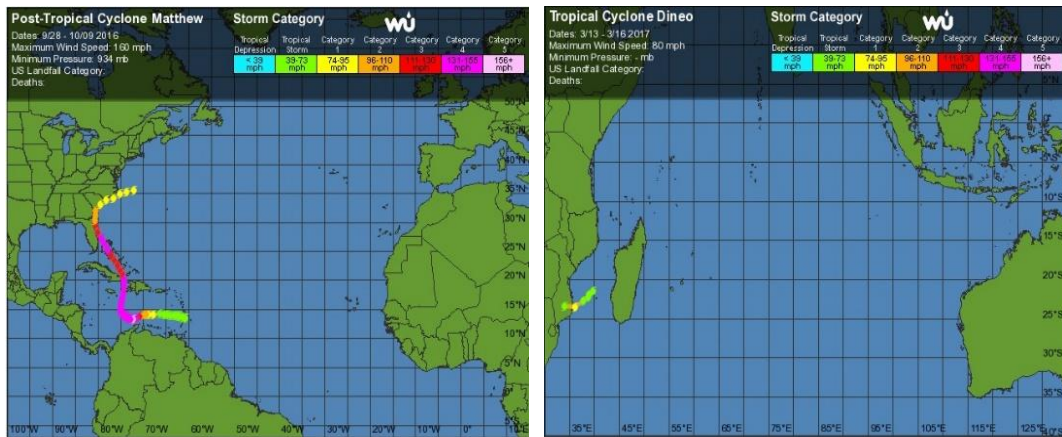


Figura 1. Trajetória do furacão Matthew, à esquerda, destacada em círculos coloridos do dia 27/09 a 08/10/2016. A escala de cores no topo da figura indica em azul o estágio de depressão tropical, em verde tempestade tropical e a partir do amarelo, as escalas de Saffir-Simpson. Similar ao Matthew, à direita, têm-se a trajetória do ciclone Dineo, destacada em círculos coloridos, do dia 13/02 a 17/02/2017. Fonte: *Weather Underground* (<https://www.wunderground.com>).

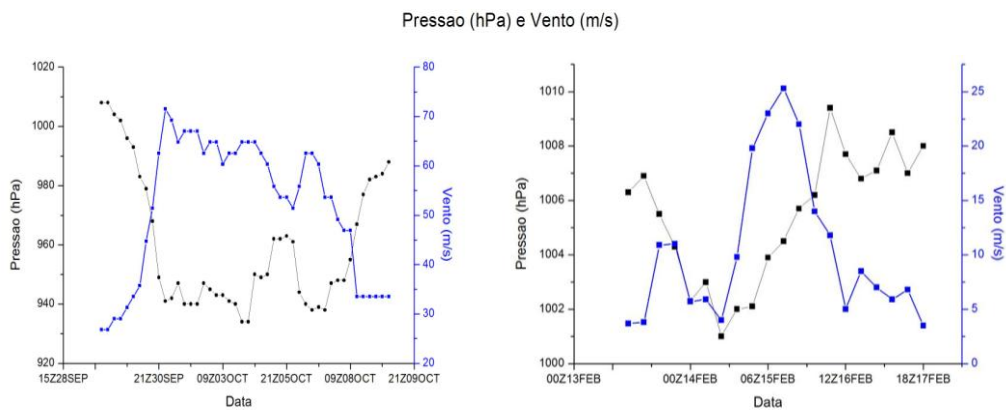


Figura 2. Evolução temporal da intensidade do vento (m/s; azul) e pressão atmosférica (hPa, preto) a cada 6 horas no centro do furacão Matthew, à esquerda, e no do ciclone Dineo, à direita.

Ciclo de vida dos ciclones

a) Pré-ciclogênese

Na análise do ciclo de vida dos ciclones, a Figura 3 a esquerda mostra os campos atmosféricos do furacão Matthew e a da direita, do ciclone Dineo. O horário das 00Z dos dias 26 de setembro e 12 de fevereiro marcam o período que precede ao aparecimento dos sistemas nos campos atmosféricos. Com a imagem de satélite do canal infravermelho é possível monitor os sistemas de tempo (nuvens) que atuam sobre o planeta, uma vez que este canal mede a energia/ temperatura emitida pelos corpos. Assim, nas imagens, nuvens com topos frios (grande desenvolvimento vertical)

apresentam tonalidade branca. No caso das Figuras 3a e 3b, antes da formação dos ciclones já havia aglomerados de nuvens. Na região sob a nebulosidade, a anomalia de TSM possui valor de $0,5^{\circ}\text{C}$ no caso do furacão Matthew e de $-0,5^{\circ}\text{C}$ no caso do ciclone Dineo (Figuras 3c e 3d).

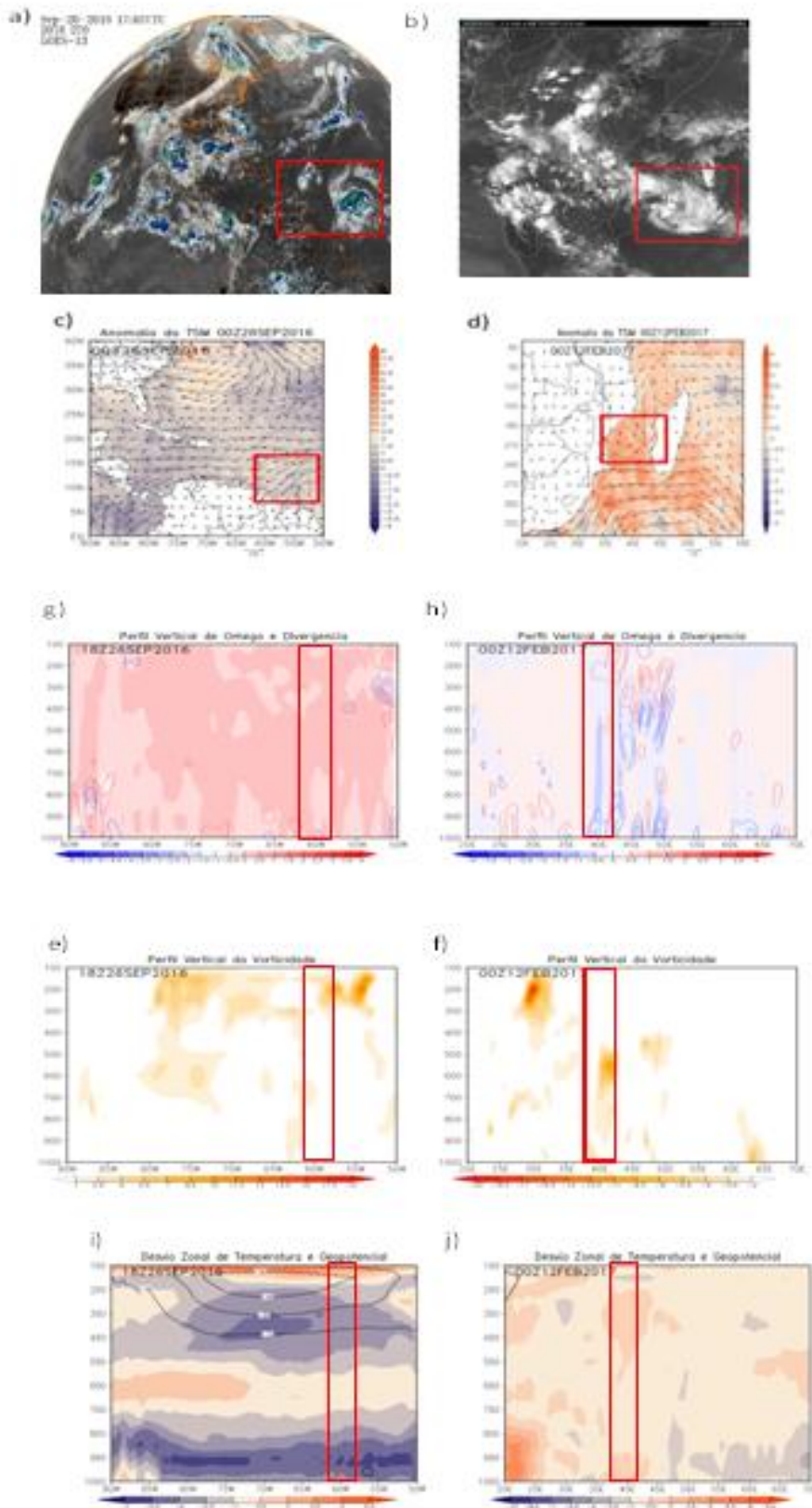


Figura 3. Estágio anterior à formação dos ciclones, dia 26 de setembro de 2016 no caso do furacão Matthew à esquerda (latitude 13,6° N e longitude 60° W), e dia 12 de fevereiro de 2017 no caso do ciclone Dineo à direita (latitude 21,5° S e longitude 40° E). Tem-se: imagens de satélites no canal infravermelho, temperatura na superfície do mar (°C) juntamente com a intensidade do vento (m/s) no nível de 925hPa, vorticidade relativa ($\times 10^{-5} s^{-1}$), divergência de massa (linhas em azul são convergência e em vermelho divergência) juntamente com ômega (em *shaded*, $Pa s^{-1}$) e, por fim, desvio zonal da temperatura (°C, colorido) e altura geopotencial (metros, linhas).

b) Ciclogênese

A vorticidade relativa é uma grandeza física utilizada para quantificar a rotação das partículas de um fluido em movimento. A vorticidade relativa é, por definição, positiva no Hemisfério Norte e negativa no Hemisfério Sul. No período pré-ciclogênese (Figuras 3e e 3f), essa variável é pouco intensa. O perfil vertical da velocidade vertical (ômega) indica a ocorrência de movimentos ascendentes (valores negativos) e subsidentes na atmosfera (valores positivos). No período pré-ciclogênese, essa variável tem pouca assinatura (Figuras 3g e 3h). O desvio zonal da temperatura do ar no ciclone Matthew mostra valores negativos na baixa e alta atmosfera, enquanto no caso do Dineo, não há desvios com valores muito elevados (Figuras 3i e 3j).

A formação dos ciclones ocorreu no dia 27 de setembro de 2016 para o Matthew e dia 13 de fevereiro de 2017 para o Dineo, devido à circulação ciclônica estar bem definida (Figura 4c e Figura 4d, respectivamente) no campo dos ventos em 925hPa. Destaca-se, que como o furacão Matthew está no Hemisfério Norte, sua circulação ciclônica é anti-horária, enquanto que o ciclone Dineo, como está no Hemisfério Sul, possui circulação ciclônica horária. Além disso, já é possível notar a nebulosidade dos sistemas mais organizada (Figuras 4a e 4b), bem como o perfil vertical da vorticidade relativa ciclônica bem definido em ambos os ciclones (Figuras 4c e 4d). Sob a região do sistema, a anomalia da TSM é de $-1^{\circ}C$ no caso do ciclone Matthew (Figura 4e) e de $1^{\circ}C$ no caso do ciclone Dineo (Figura 4f).

Tanto a convergência no nível de 1000hPa (Figura 4g) quanto a divergência em 400 hPa (Figura 4h) mostram intensificação em comparação ao estágio anterior, sendo a intensidade dessa maior do que a convergência em superfície, padrão que contribui para a redução da pressão ao nível médio do mar. O perfil vertical do desvio zonal da temperatura já mostra um núcleo quente no Dineo e ainda com desvios frios em baixos níveis no caso do Matthew.

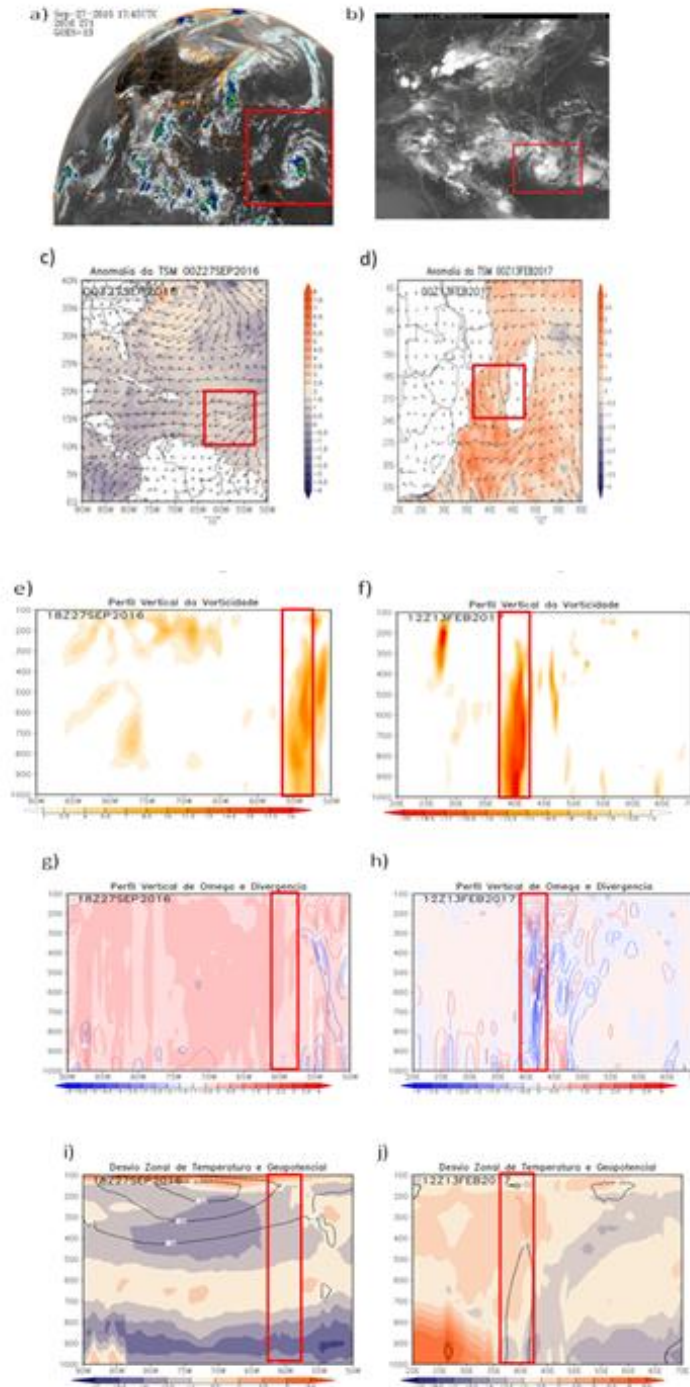


Figura 4. Estágio de ciclogênese, para o dia 27 de setembro de 2016 do furacão Matthew Matthew à esquerda (latitude 13,4° N e longitude 60,7° W), e dia 13 de fevereiro de 2017 no caso do ciclone Dineo à direita (latitude 21,5° S e longitude 39,8° E). Tem-se: imagens de satélites no canal infravermelho, temperatura na superfície do mar (°C) juntamente com a intensidade do vento (m/s) no nível de 925hPa, vorticidade relativa ($\times 10^{-5} s^{-1}$), divergência de massa (linhas em azul são convergência e em vermelho divergência) juntamente com ômega (em *shaded*, $Pa s^{-1}$) e, por fim, desvio zonal da temperatura (°C, colorido) e altura geopotencial (metros, linhas).

c) Maturidade

Nessa fase do ciclo de vida, ambos os ciclones atingiram sua intensidade máxima, no caso do ciclone Matthew foidia 01 de outubro de 2016 e no caso do Dineo, no dia 15 de fevereiro de 2017. Em relação ao estágio anterior, os ciclones se tornam muito mais definidos nos campos atmosféricos. Em ambos os casos, a nebulosidade torna-se mais simétrica (Figura 5a e Figura 5b).

A vorticidade relativa torna-se ainda mais extensa verticalmente e intensa em ambos os ciclones (Figuras 5c e 5d). Com relação à TSM, o ciclone Matthew está sobre águas com anomalia de $-1,5^{\circ}\text{C}$ e no caso do ciclone Dineo esta anomalia é de $2,5^{\circ}\text{C}$.

movimento vertical ômega e a divergência de massa também estão mais intensos nesse estágio (Figura 5g e Figura 5h); o mesmo ocorre para o perfil vertical do desvio zonal de temperatura e altura geopotencial.

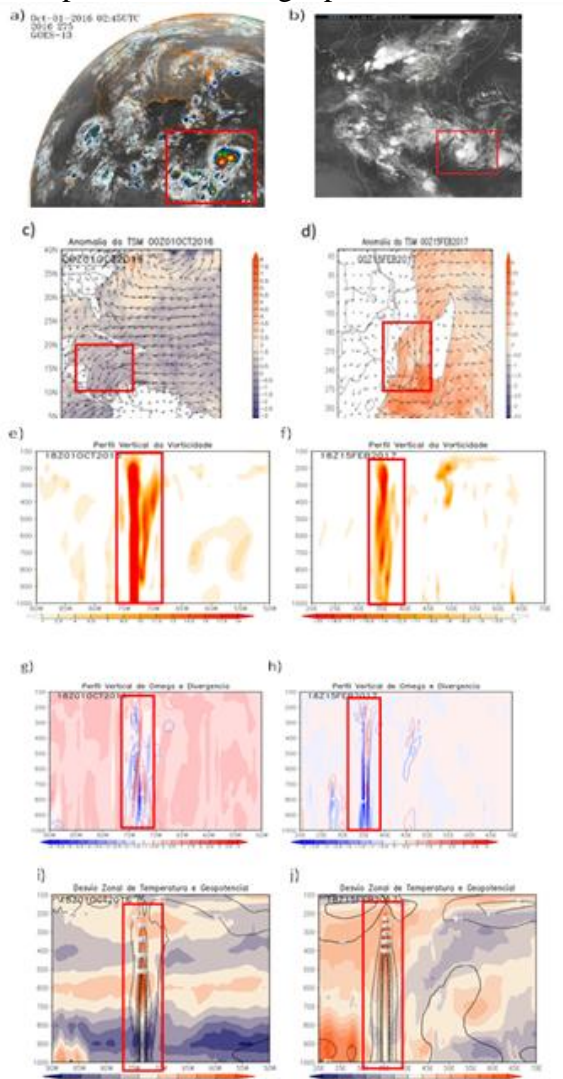


Figura 5. Estágio de maturidade, para o dia 01 de outubro de 2016 do furacão Matthew à esquerda (latitude $13,3^{\circ}\text{ N}$ e longitude $72,3^{\circ}\text{ W}$), e dia 15 de fevereiro de 2017 no caso do ciclone Dineo à direita (latitude $23,5^{\circ}\text{ S}$ e longitude $36,2^{\circ}\text{ E}$). Tem-se: imagens de satélites no canal infravermelho, temperatura na superfície do mar ($^{\circ}\text{C}$) juntamente com a intensidade do vento (m/s) no nível de 925hPa, vorticidade relativa ($\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$), divergência de massa (linhas em azul são convergência e em vermelho divergência) juntamente com ômega (em *shaded*, Pa s^{-1}) e, por fim, desvio zonal da temperatura ($^{\circ}\text{C}$, colorido) e altura geopotencial (metros, linhas).

d)Decaimento

O decaimento começa no dia 08 de outubro de 2016 no caso Matthew e no dia 17 de fevereiro de 2017 no caso Dineo, quando os ciclones se aproximam do continente e começa a perder sua intensidade. Deste modo não há mais a forma simétrica da nebulosidade(Figura 6a e6b, respectivamente), pois a fonte de energia proveniente da evaporação oceânica é suprimida quando o sistema atinge o continente. Por isso, a vorticidade relativa também aparece enfraquecida (Figuras 6c e 6d).

Há enfraquecimento da convergência em 1000 hPa e da divergência em 400 hPa em ambos os casos (Figura 6g eFigura6h). Por fim, o desvio zonal da temperatura e altura geopotencial se mantém consideravelmente bem definida no caso Matthew, uma vez que iniciou o processo de dissipação, mas ele perdura por mais um tempo, sendo de 150 à 30 negativo entre os níveis de 1000 hPa e 400 hPa, e positivo entre os níveis 350 hPa e 100 hPa(Figura 6i). Como o ciclone Dineo foi menos intenso, para esta data já há praticamente total dissipação do sistema, praticamente inexistindo valores de geopotencial (Figura 6j).

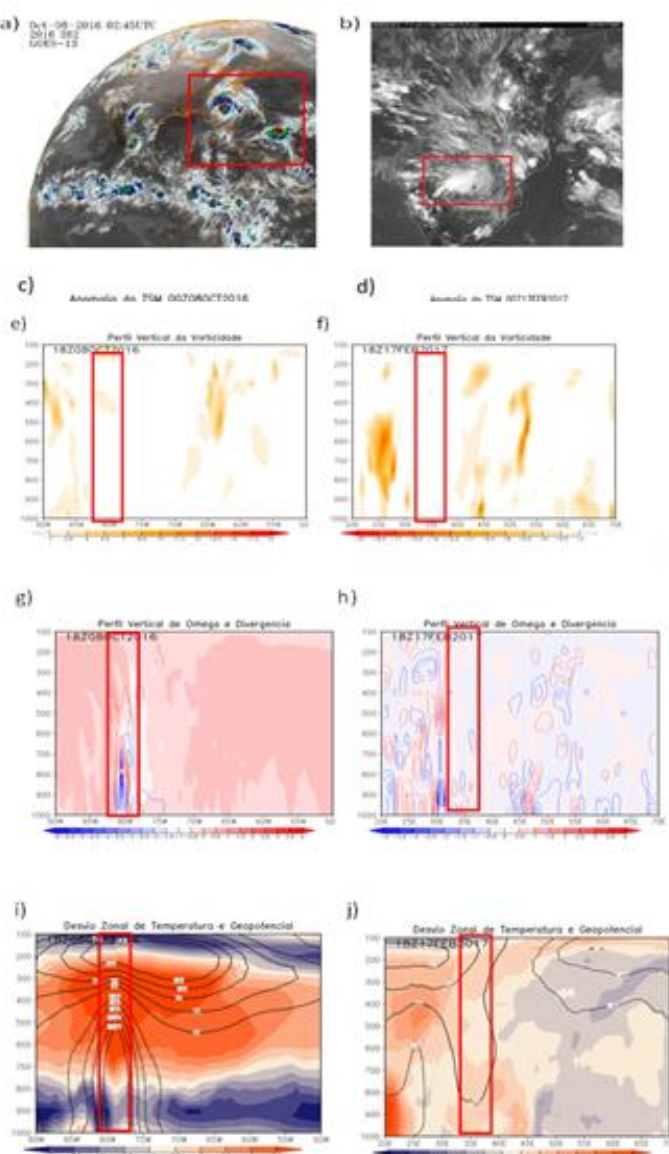


Figura 6.Estágio de dissipação, para o dia 08 de outubro de 2016 do furacão Matthew à esquerda (latitude 31,2° N e longitude 80,5° W), e dia 17 de fevereiro de 2017 no caso

do ciclone Dineo à direita (latitude 23,4° S e longitude 34,1° E). Tem-se: imagens de satélites no canal infravermelho, temperatura na superfície do mar (°C) juntamente com a intensidade do vento (m/s) no nível de 925hPa, vorticidade relativa ($\times 10^{-5} \text{s}^{-1}$), divergência de massa (linhas em azul são convergência e em vermelho divergência) juntamente com ômega (em *shaded*, Pa s^{-1}) e, por fim, desvio zonal da temperatura (°C, colorido) e altura geopotencial (metros, linhas).

CONCLUSÕES

Esse estudo apresenta uma descrição sinótica do ciclo de vida de dois ciclones tropicais. O furacão Matthew se formou a partir do dia 27 de setembro de 2016. Ao longo do ciclo de vida, o Matthew se deslocou para oeste e depois para norte, sofrendo um decaimento sobre o continente sob os Estados Unidos, no dia 09 de outubro de 2016.

O ciclone Dineo formou-se no dia 13 de fevereiro. Ao longo do ciclo de vida, o Dineo se deslocou para oeste no oceano Índico, sofrendo um decaimento sobre o continente próximo a Moçambique no dia 17 de fevereiro.

Ao comparar ambos os sistemas, nota-se que o Matthew foi mais intenso e duradouro que o Dineo. Entretanto, as variáveis atmosféricas em ambos os casos mostraram claramente as características estruturais desses sistemas. As informações publicadas na mídia sobre os impactos sociais também mostraram que o furacão Matthew ocasionou maiores estragos.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Previsão de Tempo de Minas Gerais (CEPreMG) pela disponibilidade do local de trabalho e utilização de computadores.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo auxílio financeiro.

Ao *Global Forecast System Analysis* (GFS), ao *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), ao *Weather Underground* e à Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do INPE pela disponibilidade dos dados usados no estudo.

REFERÊNCIAS

BENDER, M. A., 1997. The effect of the relative flow on the asymmetric structure of the interior of hurricanes. **J. Atmos. Sci.** 54, 703-724.

CHARLES, M. E., COLLE, B. A., 2009. Verification of Extratropical Cyclones within the NCEP Operational Models. Part I: Analysis Error and Short-Term NAM and GFS Forecasts. **Wea. Forecasting.** 24, 1173-1190.

DE MARIA, M., 1996. The effect of vertical shear on tropical cyclone intensity change. **J. Atmos. Sci.** 53, 2076-2087.

EMANUEL, K. A., 1986. Na air-sea interaction theory for tropical cyclones. **J. Atmos. Sci.** 43, 585-605.

JONES, S. C., 1995. The evolution of vortices in vertical shear. Part I: Initially barotropic vortices. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.** 121, 821851.

NOAA -NationalOceanicandAtmosphericAdministration. Escala Saffir-Simpson, 2012. Disponível em: <<http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php>> Acesso em: 02 de junho de 2017.

RTP Notícias, 2017. Ciclone Dineo faz sete mortos no sul de Moçambique. Disponível em: <https://www.rtp.pt/noticias/mundo/ciclone-dineo-faz-sete-mortos-no-sul-de-mocambique_n983579> Acesso em: 02 de junho de 2017.

WANG, Y., WU, C. C., 2004. Current understanding of tropical cyclone structure and intensity changes - a review. **Meteorol. Atmos. Phys.** 87, 257–278.

WEATHER UNDERGROUND, Trajetória do Sistema Matthew, 2016. Trajetória do Sistema Dineo, 2017. Disponível em: <<https://www.wunderground.com>> Acesso em: 02 de junho de 2017.

FREQUÊNCIAS DE IRRADIÂNCIA SOLAR DIRETA NA REGIÃO DE MACEIÓ-AL

José Marcelo Lopes Júnior¹, Nayara Barreto da Costa², José Leonaldo de Souza³, Ricardo Araújo Ferreira Júnior⁴, Rosiberto Salustiano da Silva Júnior⁵

¹Graduando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas - ICAT, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió, Alagoas, josemarcelolopesjunior@hotmail.com; ²Graduando em Geografia licenciatura, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente – IGDEMA, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió, Alagoas, nayarabarretodacosta@gmail.com; ³Doutor em Agronomia, Instituto de Ciências Atmosféricas – ICAT, Universidade Federal de Alagoas -UFAL, Maceió, Alagoas, leonaldojs@yahoo.com.br; ⁴Professor Doutor em Agronomia, CECA - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, Alagoas ricardo_ceca@hotmail.com, ⁵Professor Doutor em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas - ICAT, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió, Alagoas, rosiberto@icat.ufal.br.

RESUMO: Este trabalho apresenta frequências de irradiância solar direta em escala de tempo diária sob condições de céu claro e diferentes épocas sazonais, na região de Maceió-AL (9° 33' S, 35° 46' O, 100 m) durante os anos de 2011- 2014. As medidas da irradiância direta foram obtidas através de um pireliômetro (sNIp, Eppley), ligado a um Micrologger 21XL da Campbell Scientific INC. As frequências da irradiância solar direta diária tiveram maiores ocorrências entre 400 W m⁻² e 700 W m⁻² para ambas as estações, na estação seca, a frequência correspondeu a 84,0 % dos casos para esse intervalo, na estação chuvosa a frequência foi de 60,9 %.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar, Irradiância solar, Sazonalidade, Energias Renováveis

FREQUENCIES OF DIRECT SOLAR IRRADIANCE IN THE REGION OF MACEIÓ-AL

ABSTRACT: This work show frequencies of direct solar irradiance on a daily time scale under clear sky conditions and different seasonal times, in the region of Maceió-AL (9 ° 33 'S, 35 ° 46' W, 100 m) during the years of 2011 - 2014. Direct irradiance measurements were obtained through a pyrheliometer (sNIp, Eppley), connected to a Micrologger 21XL of Campbell Scientific INC. The frequencies of daily direct solar irradiance had higher occurrences between 400 W m⁻² and 700 W m⁻², for both seasons, in the dry season, the frequency corresponded to 84.0% of the cases for that interval, in the rainy season the frequency was 60.9%.

KEY-WORDS: Solar Energy, Solar Irradiance, Seasonality, Renewable Energies.

INTRODUÇÃO

A radiação solar é a principal fonte de energia da Terra e sua distribuição no planeta determina as variações das variáveis meteorológicas, estabelecendo os padrões de circulação atmosférica e oceânica que configura o clima terrestre (SOUZA, 1997). O conhecimento da disponibilidade de radiação solar incidente em uma superfície e sua variação local e sazonal é importante em diversas atividades humanas, com destaque para meteorologia, agricultura, engenharia, hidrologia, transporte, energia e meio ambiente (SOUZA; NICÁCIO; MOURA, 2005; MONTEIRO, 2009). Na agricultura, a radiação solar tem o papel de garantir o desenvolvimento e crescimento das plantas, influenciando nos processos fisiológicos e fotoquímicos, tal como a fotossíntese, trazendo implicações na determinação da sua produtividade (SOUZA et al., 2011).

Atualmente, um dos principais enfoques da radiação solar é o seu aproveitamento para a produção de energia tendo em vista o aumento da demanda energética em conjunto com a possibilidade de redução da oferta de combustíveis convencionais e a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente (MARTINS et al., 2007; JACOVIDES, 2006). Assim, há uma grande necessidade de se obter dados de radiação solar confiáveis, uma vez que a medição da radiação solar é significativamente complicada devido aos altos custos de manutenção dos instrumentos, aos erros provenientes de falhas técnicas e problemas relacionados à operação dos instrumentos (MORADI, 2009). Dessa forma, o presente trabalho objetiva apresentar a frequência de irradiância solar direta na região de Maceió, Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados da irradiância solar direta (R_D) utilizados para a elaboração deste trabalho foram obtidos de forma automática a partir de uma estação radiométrica solar ($9^{\circ} 33' S$, $35^{\circ} 46' O$, 100m), do Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar (LARAS), localizada sobre o telhado do prédio Severinão da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no município de Maceió. A irradiância solar direta foi medida através de um pireliômetro NIP da *Eppley* (Figura 1), ligado a um *Micrologger 21XL* da *Campbell Scientific Inc*, programado para fazer médias a cada minuto das 06:00h as 17:00h, que foram posteriormente calculadas em médias diárias. Foram utilizados dados medidos das estações seca (novembro-fevereiro) e chuvosa (maio-agosto), determinadas com base em Souza et al. (2004), durante os anos de 2011-2014.

A transmitância atmosférica global (K_t), adaptada de Iqbal (1983), foi utilizada para caracterizar a nebulosidade, determinada pela razão entre a irradiância ou irradiação solar global e a irradiância ou irradiação solar esperada numa superfície horizontal no topo da atmosfera (R_o). Assim, quando os valores de $K_t < 0,4$, as condições são de céu nublado ou com alta nebulosidade (NB), $0,4 \leq K_t < 0,6$, céu parcialmente nublado ou com média nebulosidade (PN) e $K_t \geq 0,6$, as condições são de céu claro ou com pouca nebulosidade (CL). Detalhes dos cálculos são descritos em Iqbal (1983) e Souza, Nicácio e Moura (2005).



Figura 1. Pireliômetro utilizado para a medição da irradiância solar direta sobre o telhado do prédio Severinão, na Universidade Federal de Alagoas (UFAL) em Maceió-AL ($9^{\circ} 33' S$, $35^{\circ} 46' O$, 100 m).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise dos histogramas de frequência e da frequência acumulada (Figura 2) é possível determinar as características da irradiância solar direta diária média (R_D^d) para cada estação sob condições de céu claro, assim como os intervalos de maiores ou menores ocorrências, com a finalidade de determinar-se os períodos com maior ou menor incidência da R_D .

Observou-se que a R_D^d para a estação seca (Figura 2a e Figura 2b), teve maior ocorrência entre 400 W m^{-2} e 600 W m^{-2} , compreendendo a uma frequência de 68,8 %, equivalendo a 86 dias, sendo o valor de maior ocorrência de R_D^d próximo a 440 W m^{-2} . Entre 160 W m^{-2} - 400 W m^{-2} a R_D^d se manteve com uma frequência de 13,6 % (17 casos) e dos 600 W m^{-2} até o valor máximo (740 W m^{-2}), a frequência correspondeu a 17,6 % (22 casos).

Na estação chuvosa (Figuras 2c e 2d), a R_D^d também teve maior frequência entre 400 W m^{-2} - 600 W m^{-2} , porém, compreendeu cerca de 60,92 % totalizando 53 casos dos dias dessa estação e de 250 W m^{-2} a 400 W m^{-2} a ocorrência atingiu 39,08 % (34 casos). Essa diminuição do número de ocorrências da R_D^d para valores maiores e aumento para menores valores, deve-se ao fato da quantidade de radiação solar que atinge a superfície do local nessa época do ano, sendo principalmente determinada pela latitude e pela declinação solar (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

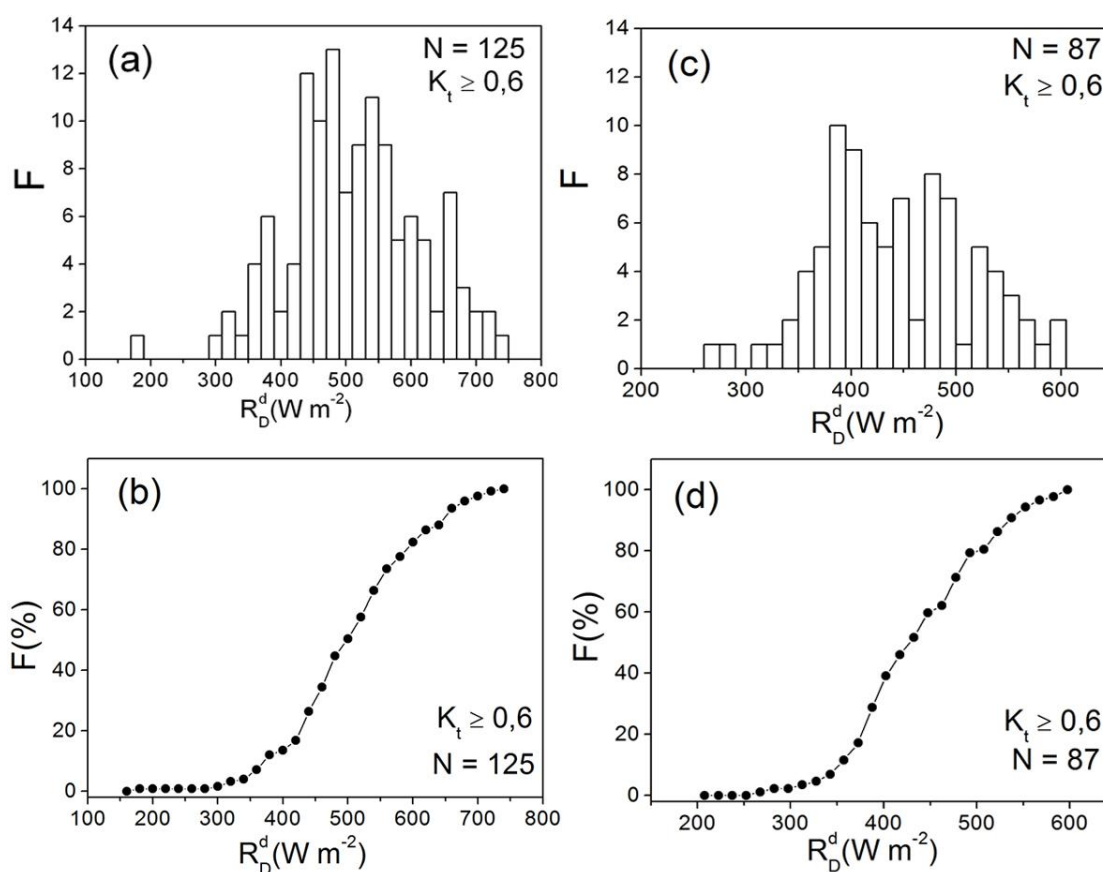


Figura 2. Frequência (F) e frequência acumulada [F(%)] da irradiância solar direta diária (R_D^d) sob condições de céu claro ($K_t \geq 0,6$), na estação seca (a) e (b) e estação chuvosa (c) e (d), respectivamente.

CONCLUSÕES

A irradiância solar direta diária teve uma maior ocorrência entre 400 W m^{-2} e 600 W m^{-2} para ambas as estações, não havendo uma variação significativa da quantidade de radiação solar direta entre cada época sazonal, sendo o local de estudo caracterizado com bons índices de incidência da radiação solar direta. Pode-se notar então, que os padrões de energia solar na região de estudo são mais dependentes das condições de nebulosidade, sendo a sazonalidade um fator secundário que pouco contribui para a configuração desses padrões energéticos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior – CAPES e a Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. New York: Academic Press, 1983. 390p.
- JACOVIDES, C.P. et al. Comparative study of various correlations in estimating hourly diffuse fraction of global solar radiation. **Renewable energy**. v. 31, n.15, p. 2492 – 2504, 2006.
- MARTINS, F.R. et al. Mapeamento dos recursos de energia solar no Brasil utilizando modelo de transferência radiativa Brasil - SR. In: **Congresso Brasileiro de Energia Solar**, n.1, Fortaleza, 2007.
- MONTEIRO, G. et al. Solar radiation and shadow modeling with adaptive triangular meshes. **Solar Energy**. v. 83, n.7. p. 998 – 1012, 2009.
- MORADI, I. Quality control of global solar radiation using sunshine duration hours. **Energy**. v. 34, p. 1- 6, 2009.
- PEREIRA, R. A.; ANGELOCCI, R. L.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária. 487p., 2002.
- SOUZA, J.L. et al. Análise da Precipitação e Temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, período 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 12, n.1, p.131-141, 2004.
- SOUZA, J.L. et al. Irradiância solar global e fotossintética em regiões de alagoas. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 17, Guarapari, 2011.
- SOUZA, J.L. Irradiância solar no litoral do nordeste: avaliação preliminar. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 10, Piracicaba, P. 457-459, 1997.
- SOUZA, J.L.; NICÁCIO, R. M.; MOURA, M. A. L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil. **Renew Energy**, v. 30, p.1203 – 1220, 2005.

ÍNDICE DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL PARA A REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO

Taynara Tuany Borges Valeriano¹, José Reinaldo da S. C. de Moraes², Kamila da Cunha Meneses³, Lucas E. O. Aparecido⁴, Glauco de Souza Rolim⁵

¹ Doutoranda, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, taynarabvaleriano@gmail.com; ² Mestrando, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, reinaldojmoraes@gmail.com; ³ Mestranda, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, meneses.kamila@yahoo.com.br; ⁴ Doutorando, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, lucas-aparecido@outlook.com; ⁵ Dr. Prof. Glauco de Souza Rolim, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, rolim@fcav.unesp.br

RESUMO: Uma das formas de estudar a precipitação pluviométrica é através de Índices de Anomalia de Precipitação (IAP), que ajudam a monitorar anos de seca e de chuvas excessivas, permitindo averiguar os impactos do clima sobre a distribuição pluviométrica de uma região, devido a sua capacidade de fornecer informações sobre a ocorrência, gravidade e impacto da anomalia. O objetivo do presente trabalho foi analisar o IAP em quatro municípios do Triângulo Mineiro no Estado de Minas Gerais, evidenciando os anos de seca e de chuva. Os dados mensais de precipitação foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do período de 1990 a 2016. Utilizou-se o índice de anomalias de chuva (IAP), associando IAP para explicar os desvios da precipitação. A região do Triângulo Mineiro apresentou uma alta variabilidade dos padrões de anomalias de precipitação pluvial, entretanto índices com desvio positivo foram predominantes principalmente no verão.

PALAVRAS-CHAVE: Efeitos climáticos, Chuva, Minas Gerais.

INDEX OF PRECIPITATION ANOMALIES FOR THE REGION OF THE TRIÂNGULO MINEIRO

ABSTRACT: One of the ways to study precipitation is through precipitation anomaly indexes (IAP), which help monitor years of drought and excessive rainfall, allowing us to ascertain the impacts of climate on the rainfall distribution of a region. The objective of the present work was to analyze IAP in four municipalities of the Triângulo Mineiro in the State of Minas Gerais, evidencing the years of drought and rainfall. The National Institute of Meteorology (INMET), between 1990 and 2016, obtained the data. The rainfall anomaly index (IAP) was used, and the nine classes of IAC were used to explain precipitation deviations. The Triângulo Mineiro region presented a high variability of the patterns of pluvial precipitation anomalies; however, indexes with positive deviation were predominant.

KEY-WORDS: Climatic effects, Rainfall, Minas Gerais.

INTRODUÇÃO

Uma das variáveis meteorológicas de grande importância para a sociedade, por influenciar diretamente as atividades humanas é a precipitação pluvial, onde tanto o excesso quanto a escassez ocasiona danos socioeconômicos e ambientais (DINIZ, 2013). Devido as variabilidades na precipitação pluvial em função de diversos fatores é necessário um melhor conhecimento e interpretação das escalas da variabilidade pluviométricas que podem ser efetuadas por meio de índices (ALVES et al., 2016).

O Índice de Anomalias de Precipitação (IAP), ajuda a monitorar anos de seca e chuva excessiva, permite realizar comparações do regime pluvial de determinado local a partir de uma série de dados históricos com as condições atuais de chuva e também utilizado para a caracterização da variabilidade espaço-temporal da precipitação na região de estudo (ARAÚJO et al., 2007; MARCUZZO et al., 2011; SANCHES et al., 2014). Outra vantagem deste índice em relação a outros, como o Índice Padronizado de Precipitação (SPI), utilizado por Blain e Kayano (2011), é que o IAP necessita somente de um dado de entrada, que é a precipitação.

A região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais, apresenta um grande potencial no setor agrícola de grãos e áreas com atividade da pecuária. Tendo em vista a grande importância de analisar as condições de tempo e clima da região que podem influenciar nos ganhos produtivos da região, o presente trabalho teve como objetivo analisar o IAP em quatro municípios do Triângulo Mineiro no Estado de Minas Gerais, evidenciando os anos de seca e de chuva.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados dados de precipitação pluvial nos municípios de Uberaba, Araxá, Ituiutaba e Frutal, na mesorregião do Triângulo Mineiro, Minas Gerais (Figura 1), correspondentes a série histórica homogênea do período de 1990 a 2016, cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A análise exploratória de dados foi realizada para avaliar variações anuais da precipitação pluvial. Utilizou-se o índice de anomalias de chuva (IAP), desenvolvido por Rooy (1965) e aplicado para diferentes regiões do Brasil para classificar a magnitudes de anomalias de precipitações positivas e negativas, associando as nove classes de IAC, descritas pelo autor. Os desvios da precipitação em relação à condição normal foram estimados pelas equações 1 e 2.

$$IAC = 3 \left(\frac{PRP - PRPm}{x - PRPm} \right) \quad (1)$$

$$IAC = -3 \left(\frac{PRP - PRPm}{y - PRPm} \right) \quad (2)$$

em que, IAP é o índice de anomalia de chuva; PRP (mm) é a precipitação observada; PRPm (mm) é a precipitação média; x (mm) é a média dos dez maiores valores observados; y (mm) é a média dos dez menores valores observados.

Para anomalias positivas e negativas foi adotado valores acima e abaixo da média, respectivamente da série histórica estudada. Foi utilizada a classificação de anos secos e úmidos de acordo com a Tabela 1, como indicador climático para a intensidade destas anomalias.

Tabela 1. Faixas de Índice de Anomalia de Precipitação Pluvial.

IAP	CLASSIFICAÇÃO DE PADRÕES CLIMÁTICOS DE UMIDADE
$\geq 4,00$	EC- Extremamente chuvoso
3,00 a 3,99	AC- Altamente chuvoso
2,00 a 2,99	MC- Moderadamente chuvoso
0,5 a 1,99	BQCN- Baixa quantidade de chuva
-0,49 a 0,49	NORM- Normal
-1,99 a -0,50	RSC- Redução suave de chuva
-0,49 a -2,99	MRC- Moderada redução de chuva
-3,00 a -3,99	ARC- Alta redução de chuva
$\leq -4,00$	REC- Redução extrema de chuva

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de anomalias positivas sobressai em relação aos índices de anomalias negativas para todos os locais da região do Triângulo Mineiro (Figura 1). Isto indica que o IAC positivo máximo foi de aproximadamente 10 em Ituiutaba, no ano de 1990, neste mesmo ano, o município de Araxá obteve o maior IAC negativo, aproximadamente -8.

Nos últimos cinco anos houve uma predominância de anomalias negativas em todos os locais com exceção de Frutal, corroborando com Rodrigues et al. (2011), enquadrando-se em anos de seca alta a extremamente seco, podendo ser explicado por corresponderem aos anos de El niño. Os Anos de 1996 e 2008, foram de anomalias positivas, apresentando classificações de umidade variando de baixa a extremamente úmido, influenciados pelo efeito da oscilação sul La Niña na região, resultado semelhante foi encontrado por Moraes et al. (2013), que avaliaram o índice de anomalias de precipitação associados aos fenômenos enos no município de Santarém, Pará.

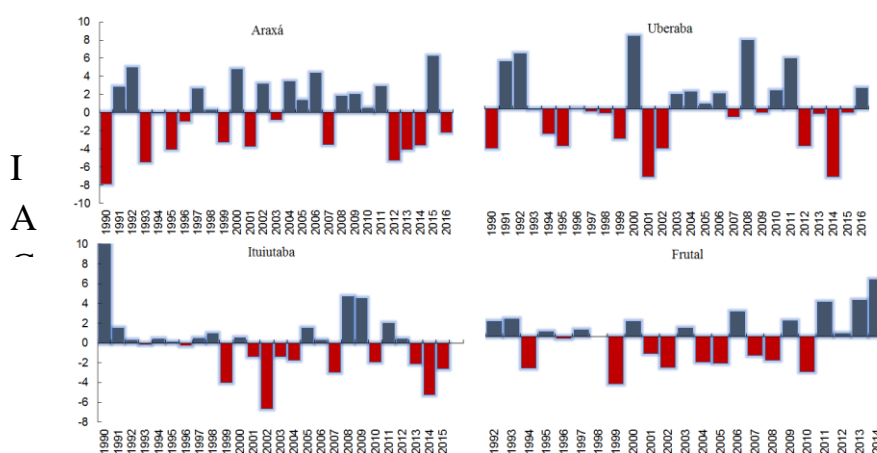


Figura 1. Índice de Anomalias de precipitação pluvial para Araxá, Uberaba, Ituiutaba e Frutal, na região do Triângulo Mineiro.

As médias percentuais dos índices de umidade dos dezesseis anos observados concentraram-se na classificação de padrões climáticos de Redução extrema de chuva, alta redução de chuva, extremamente chuvoso e moderadamente chuvoso, para o município de Araxá, representando aproximadamente 70% dos IAP (Figura 2A). No

município de Frutal, os índices se concentraram nas classificações, baixa quantidade de água, normal, alta redução de chuva e extremamente chuvoso, representando aproximadamente 80% dos IAC (Figura 2D), tais condições refletem a sazonalidade da distribuição da precipitação pluvial nestas localidades.

Os municípios de Uberaba e Ituiutaba apresentaram grande frequência no padrão normal de distribuição pluvial (Figura 2B,C). Os resultados dessas localidades foram semelhantes, onde o segundo padrão mais frequente foi, baixa quantidade de chuva. O terceiro padrão que somando aos demais respondem 80% das anomalias, para Uberaba foi, extremamente chuvoso, enquanto que para Ituiutaba foi redução suave de chuva.

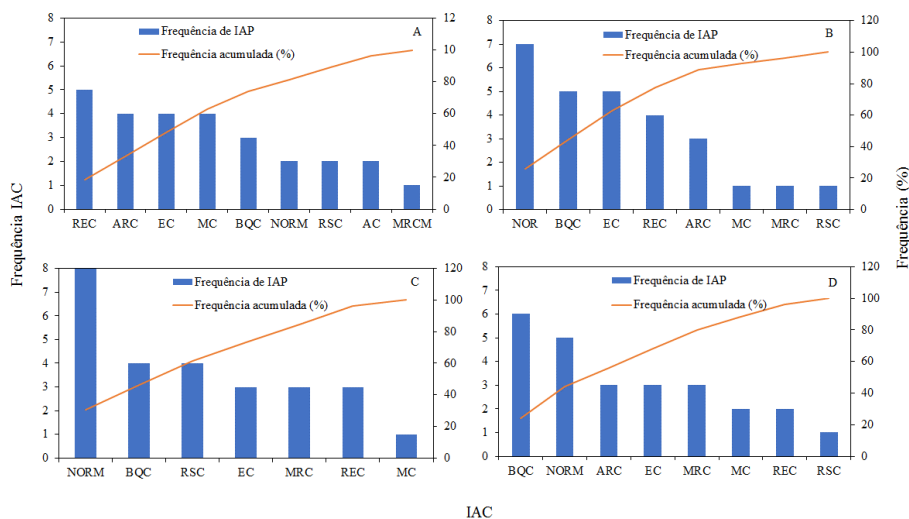


Figura 2. Frequência do Índice de Anomalias de precipitação pluvial dos locais: Araxá (A), Uberaba (B), Ituiutaba (C) e Frutal (D), no período de 1990 a 2016. Legenda: EC, Extremamente Chuvoso; AC, Altamente Chuvoso; MC, Moderadamente Chuvoso; BQC, Baixa Quantidade de Chuva; NORM, Normal; RSC, Redução Suave de Chuva; MRC, Moderada Redução de Chuva; ARC, Alta Redução de Chuva; REC, Redução Extrema de Chuva.

CONCLUSÕES

A região do Triângulo Mineiro apresenta uma alta variabilidade dos padrões de anomalias de precipitação pluvial, entretanto é predominante índices com desvio positivo, indicando que é uma região relativamente úmida.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. O.; PEREIRA, P. C.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, J. M. S.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N. Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do Estado de Pernambuco. *Pensar Acadêmico*, Manhuaçu, v. 14, n. 1, p. 37 – 47, 2016.

- ARAÚJO, L. E.; SILVA, D. F.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Bacia do Rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2007.
- BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T. 118 anos de dados mensais do Índice Padronizado de Precipitação: série meteorológica de Campinas, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.1, 137-148, 2011.
- DINIZ, J. M. T., Variabilidade da precipitação e do número de dias com chuvas de duas cidades distintas da Paraíba, **Holos**, v. 3, p. 171-180, 2013.
- MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.16, n.4, p.157-167, 2011.
- MORAES, J. R. S.; MARTORANO, L. G.; BATISTA, V. H. S.; SILVA, G. M. Índice de anomalias de precipitação pluvial associados aos fenômenos ENOS no município de Santarém, Pará. **Anais... XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.**
- RODRIGUES, S. P.; MARTORANO, L. G.; ALMEIDA, R.; OLIVEIRA, N. F. de. Efeitos da oscilação sul evidenciados no regime de precipitação pluvial em Santarém e Belterra. In: **15º seminário de iniciação científica da Embrapa Amazônia Oriental**, 2011.
- ROOY, M. P.; VAN. A. Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space, *Notes*, v. 14, p. 1- 43, 1965.
- SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/Rs (1928-2009). **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 51, p. 73–84, 2014.

REPRESENTATIVIDADE DA MÉDIA COMPENSADA DA TEMPERATURA E UMIDADE DO AR DE SÃO GONÇALO-PB

Roziane Oliveira Gurjão¹, Bernardo Barbosa da Silva², Renato Francisco Cândido Lopes³, Gemeson Alves⁴ e Rejane Maria dos Santos⁵

^{1,3,4,5} Estudantes de Graduação em Meteorologia, UFCG, Campina Grande – PB, roziane4@hotmail.com, renatomet2014@gmail.com, gemeson_alves@hotmail.com, rejane.15santos@bol.com.br; ² Professor, UFCG, Campina Grande-PB, bernardo.silva@ufcg.edu.br

RESUMO: Em inúmeras aplicações agrometeorológica são empregadas médias diárias da temperatura e umidade relativa do ar. No entanto, há várias décadas se emprega a temperatura compensada – Tc na representação da temperatura média diária no Brasil. O objetivo da pesquisa foi avaliar a representatividade da Tc e também da URc ao compará-las com a média de observações horárias atualmente disponíveis nas estações automáticas do INMET. Foram usados dados horários de Ta e UR de São Gonçalo – PB, coletados pelo INMET no ano de 2014. Determinaram-se as médias compensadas da Ta e UR conforme vem sendo feito pelo INMET, com outras variantes, sendo uma delas a média aritmética dos extremos diários de Ta e UR. As métricas empregadas para avaliar a representatividade das médias compensadas foram o Erro Absoluto Médio, o Erro Relativo Médio e a Raiz do Erro Quadrático Médio. Concluiu-se que sistematicamente a Tc foi maior que a média horária e, ao contrário, a URc se mostrou menor que a UR média horária.

PALAVRAS-CHAVE: temperatura compensada, umidade relativa compensada, erro absoluto médio, temperatura média diária.

REPRESENTATIVITY OF THE AVERAGE AIR TEMPERATURE AND MOISTURE OF SÃO GONÇALO-PB

ABSTRACT: In several agrometeorological applications daily averages of the air temperature and relative humidity are commonly used. However, for several decades has been used the compensated air temperature - Tc to represent the average daily air temperature in Brazil. The objective of this research is to evaluate the representativity of Tc and also of URc when comparing them with the hourly average form observations currently available in the automatic weather stations of INMET. We used the hourly data of Ta and UR of São Gonçalo - PB, collected by INMET in the year 2014. We determined the compensated averages of Ta and UR as has been done by INMET, with other variants, one of them being the arithmetic mean of the daily extremes of Ta and UR. The metrics used to evaluate the representativity of the compensated means were the Average Absolute Error, the Mean Relative Error, and the Root Mean Square Error. It was concluded that the Tc was systematically higher than the hourly mean and, on the contrary, the URc was less than the mean hourly UR.

KEY-WORDS: compensated air temperature, compensated relative humidity, average absolute error, mean daily air temperature.

INTRODUÇÃO

Em agrometeorologia são muito usadas médias diárias da temperatura e umidade relativa do ar. No entanto, há várias décadas se emprega a temperatura compensada – T_c na representação da temperatura média diária do ar. O problema é que antes das estações automáticas essa era a única opção existente e para a determinação da T_c se empregava as temperaturas extremas do dia, além daquelas obtidas nos horários sinóticos das 1200, 1800 e 2400 UTC (ANDREA et al., 2009).

Ocorre que ainda se faz alguma confusão ao se calcular a T_c , diante da dificuldade de acesso ao artigo em que Serra (1974) apresentou sua proposição. Em alguns livros, a exemplo de Varejão-Silva (2006), se apresenta a expressão de cálculo da T_c indicando os horários sinóticos de 0000, 1200 e 1800 UTC, quando o correto seria 1200, 1800 e 2400 UTC. Nas regiões do Brasil que adotam o horário do Fuso -3 (*Hora de Brasília*), ao se empregar a T_a de 0000 UTC, se está empregando o valor da T_a das 2100 (Tempo local) do dia anterior. Ou seja, ao se determinar a temperatura média diária do ar se usa a T_a das 21h do dia anterior, e isso provoca erro que pode exceder 2–3 °C, ou mais, como se pretende demonstrar com a pesquisa.

A pesquisa objetiva avaliar a representatividade da T_c e também da UR_c ao compará-las com a média de observações horárias atualmente disponíveis nas estações automáticas do INMET. As métricas empregadas foram o Erro Absoluto Médio –EAM, o Erro Relativo Médio- ERM e a Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM (SILVA et al., 2015).

MATERIAL E MÉTODOS

Para a pesquisa foram considerados os dados horários da temperatura do ar (instantânea, máxima e mínima) e da umidade relativa do ar (instantânea, máxima e mínima) coletados na localidade de São Gonçalo, PB, no ano de 2014.

Foram determinadas as temperaturas compensadas T_{com1} e T_{com2} , além da temperatura média T_{med} e a média aritmética entre T_{max} e T_{min} , por meio das seguintes equações:

$$T_{com1} = \frac{(T_{max} + T_{min} + T_{12} + 2 \times T_{00})}{5}$$

$$T_{med} = \frac{\sum_{i=0}^{24} T_{a,i}}{25}$$

$$T_{xn} = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2}$$

em que T_{com1} é a T_a compensada com a T_a dos horários 00 e 12 UTC, e T_{com2} é a compensada com a T_a dos horários 12 e 24 UTC, T_{med} é a média aritmética dos 25 valores instantâneos iniciando 00 h (Tempo local) e finalizando às 24 h (tempo local), T_{xn} a média aritmética da T_{max} e T_{min} diária.

No caso da umidade relativa considerou-se a umidade relativa compensada – UR_c , que é dada por (ANDREA et al., 2009):

$$UR_c = \frac{(UR_{12} + UR_{18} + 2 \times UR_{24})}{4}$$

em que UR12, UR18 e UR24 compreendem os valores da umidade relativa obtida nos horários sinóticos 1200, 1800 e 2400, respectivamente. Considerou-se como mais precisa a umidade média dos 25 (URmed) valores instantâneos situados entre 00 e 24 h (tempo local).

Para se avaliar as diferenças entre as proposições, empregaram-se o Erro Absoluto Médio – EAM, Erro Relativo Médio – ERM e a Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM dados respectivamente pelas expressões contidas em Silva et al., (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão representadas as séries temporais relativas aos valores da temperatura do ar – Ta (°C) obtidas segundo expressão proposta por Serra (1974), Tcom1 e Tcom2, além da média horária calculada sobre os valores instantâneos de 25 instantes intervalados de uma hora em São Gonçalo – PB, durante o ano de 2014. Não obstante a pequena diferença registrada entre as diferentes propostas de cálculo da Tc fica evidenciada que, de um modo geral, os valores da Tcom1 e Tcom2 são sistematicamente superiores aos da Tmed. Essa característica também se verifica quando se compara a Tmed com a Tc obtida por meio da média aritmética entre Tmax e Tmin, que na média apresenta maior proximidade da Tmed do que as duas outras propostas.

De acordo com os valores dos erros empregados na análise da representatividade da Tc e que estão sumarizados na Tabela 1, observa-se que as menores diferenças entre Tmed e a Tc dos modelos ocorreu com o uso da Txn, ou seja, quando usou simplesmente a média aritmética das Ta's extremas (Tmax e Tmin). Os valores do EAM situaram-se entre 0.72 (Txn no trimestre JFM) e 1.13 (Tcom2 em OND). Já os erros relativos – ERM se apresentaram entre 2.62 % (Txn em OND) e 4.77% (Tcom1 em JAS). A REQM apresentou seu maior valor no trimestre OND com o modelo Tcom2, coincidentemente com o modelo empregado pelo INMET no cálculo das Normais Climatológicas do Brasil (ANDREA et al., 2009). Ao se considerar os valores dos erros detectados com as avaliações dos diagramas de dispersão, se conclui que todos os modelos usados no cômputo da Tc superestimam os valores dessa importante variável climática.

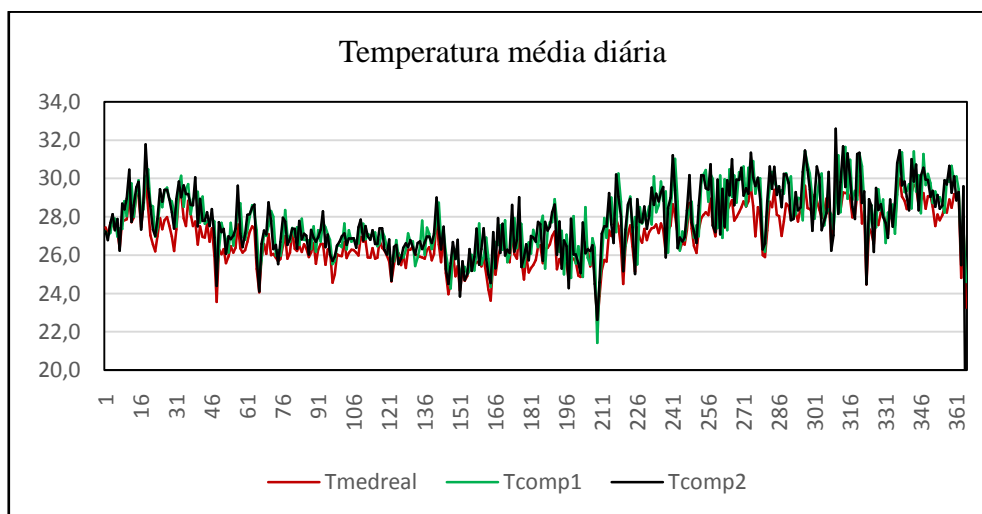


Figura 1. Comportamento da temperatura média diária em São Gonçalo – PB no ano

de 2014 segundo diferentes modelos com dados do INMET.

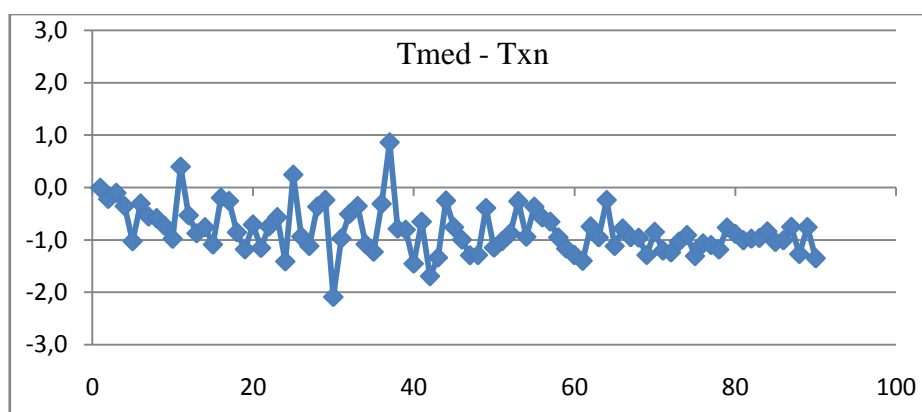


Figura 2. Diferença entre a Tmed versus a Txn registrada em São Gonçalo no período JFM de 2014 com dados do INMET.

Tabela 1. Valores do Erro Absoluto Médio – EAM, Erro Relativo Médio – ERM e Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM na comparação com dados médios horários e temperaturas compensadas em São Gonçalo – PB para os trimestres JFM, AMJ, JAS e OND do ano de 2014.

Modelo	EAM.JFM	ERM.JFM	REQM.JFM	EAM.AMJ	ERM.AMJ	REQM.AMJ
TCOM1	0.73	2.86	0.90	0.89	3.30	1.10
TCOM2	0.73	2.81	0.86	0.87	3.21	1.00
TXN	0.72	2.79	0.85	0.85	3.19	0.94
Modelo	EAM.JAS	ERM.JAS	REQM.JAS	EAM.OND	ERM.OND	REQM.OND
TCOM1	1.07	4.77	1.50	1.12	3.98	1.33
TCOM2	1.08	4.01	1.26	1.13	4.04	1.59
TXN	0.66	2.45	0.79	0.72	2.62	1.03

Preliminarmente foram avaliados os erros verificados ao se comparar a umidade média diária – URmed (baseada em 25 valores instantâneos horários) com aquelas obtidas pela média compensada – URcom que tem sido empregada pelo INMET, e mais a umidade relativa correspondente à média aritmética entre a máxima e mínima diária – URxn. Observou-se que as diferenças entre URmed – URcom são geralmente positivas com EAM igual 5.44 (%), ERM = 9.85 % e REQM de 6.66 (%). Já as diferenças entre URmed com URxn foram positivas até a primeira metade do ano e se mostraram negativas no restante do ano.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos com a pesquisa se conclui que em São Gonçalo – PB todos os modelos empregados apresentaram valor maior que a média aritmética das observações horárias. A UR compensada, por sua vez, se apresentou sistematicamente inferior ao valor médio das medições horárias.

AGRADECIMENTOS

Ao INMET, pela disponibilização dos seus dados, e ao CNPq, pela bolsa de Produtividade em Pesquisa do segundo autor.

REFERÊNCIAS

ANDREA, M. R.; SANTOS, L. A. R.dos; FORTES, L.T.G. Normais Climatológicas do Brasil: 1961-1990. INMET, Brasília, 2009, Ebook, 472p.

SERRA, A. Climatologia do Brasil. **Boletim Geográfico**, v.33, n.243, p.53-119, 1974.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife, 2006, Versão digital 2, 463p.

SILVA, B. B. da; SILVA, V. P. R. da; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ROCHA, H. R. da; OLIVEIRA, L. M. M. Determination of instantaneous and daily net radiation from TM - Landsat 5 data in a subtropical watershed. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v.135, p.42 - 49, 2015.

APTIDÃO CLIMÁTICA DA CULTURA DO CAJÚ NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA

Mirella Alexandre Viana¹, Maria Carolina da Silva², Raimundo Mainar de Medeiros³, João Guilherme Ferreira Silva⁴, Romildo Morant de Holanda⁵

¹Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mirellaviana@hotmail.com; ² Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mcskrol@gmail.com; ³Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; ⁴Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: ferreira.joaguilherme@yahoo.com.br; ⁵Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE, e-mail: romildomorant@gmail.com.

RESUMO: O estudo expõe os fatores climáticos, balanço hídrico climatológico e a classificação climática para o cultivo do caju, para a área da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca – BHRI, que abrange 25 municípios de Pernambuco. Utilizou-se de séries de dados mensais e anuais de precipitação e temperatura do ar fornecido pela Agência Pernambucana de Água e Clima do Estado do Pernambuco e da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, referente ao período de 1960-2016. Aplicou-se o método do balanço hídrico de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955), seguindo essas formulações planilhas eletrônicas foram desenvolvidos por Medeiros (2016), os valores mensais e anuais de temperatura do ar foram estimados através do software Estima-T em conformidade com publicações pré-existentes e adquiridas no Instituto Nacional de Meteorologia. A separação dos climas na área da BHRI foi possível através das classificações e aptidões climáticas de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955). Os maiores índices hídricos foram encontrados no litoral, zona da mata e parte este da região do agreste na BHRI. A classificação de aptidão climática aponta o litoral e a zona da mata sul como predominantemente plena, a zona da mata norte restrita, o agreste este tem aptidão climática inapta. O conhecimento dos componentes do balanço hídrico permitiu visualizar a realidade climática, permitindo um maior conhecimento da área estudada, como também condições de compatibilizar a água obtida do solo e as possíveis maneiras de utilizá-la, com a finalidade de assegurar à agropecuária e à manutenção da população.

Palavras-chave: balanço hídrico, deficiência e excedente hídrico, irrigação.

CLIMATE APTITUDE OF CASHEW CULTURE IN THE HYDROGRAPHIC BASIN OF RIO IPOJUCA

ABSTRACT: The study exposes the climatic factors, climatic water balance and the climatic classification for cashew cultivation, at the Ipojuca River Basin - IRB, which covers 25 municipalities in Pernambuco. A series of monthly and annual precipitation and air temperature data was provided by the Pernambuco State Agency for Water and Climate and the Northeast Development Superintendency for the period of 1960-2016. It was applied the water balance method of Thornthwaite (1948) and Thornthwaite and Mather (1955), following these formulations spreadsheets were developed by Medeiros (2016), the monthly and annual values of air temperature were estimated using the software Estima-T in accordance with pre-existing and acquired publications at the

National Institute of Meteorology. The separation of climates in the IRB area was possible through the climatic classifications and aptitudes of Thornthwaite (1948) and Thornthwaite and Mather (1955). The highest water indexes were found on the coast, forest area and the eastern part of the wilderness region of the IRB. The classification of climatic aptitude indicates the coast and the south zone of the forest as predominantly full, the zone of the restricted north forest, the east wilderness region has inapt climatic aptitude. The knowledge of the components of the water balance allowed to visualize the climatic reality, thus allowing a knowledge of the studied area, as well as conditions to make compatible the water obtained from the soil and the possible ways of using it, with the purpose of assuring the farming and the maintenance of the population.

Keywords: water balance, water deficit and surplus, irrigation.

INTRODUÇÃO

Os aspectos agroclimáticos de uma região intervêm nas atividades humanas desenvolvidas na produção agrícola. A precipitação no semiárido da região Nordeste Brasileiro (NEB) constitui variável climática com reflexos na produção agrícola. Portanto, é essencial a identificação de áreas e períodos críticos para cultivos com menor risco à agricultura, com uso reduzido de volumes de água obtendo produções economicamente viáveis, ao atender às exigências hídricas nos estágios de maior necessidade, principalmente nos períodos críticos da cultura de acordo com Oliveira (1996).

Buscando uma ferramenta de manejo na produção agrícola, o balanço hídrico de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) dirigem ações de planejamento na produção para cada região, permitindo maior produção e a redução dos riscos de degradação ambiental. Segundo Medeiros et al. (2013) a técnica do balanço hídrico fornece a disponibilidade de água no solo para o vegetal, contabilizando a taxa de precipitação e/ou irrigação e a evapotranspiração potencial; e através da capacidade de armazenamento de água do solo, faz-se o balanço hídrico da localidade.

A cultura do caju (*Anacardium occidentale L.*) é uma planta tropical, originária do Brasil, difundida em quase todo o território, amplamente praticada no NEB, sendo considerado um produto de exportação que enriquece a economia regional de acordo com Severino (2008). Entretanto, segundo Pereira et al. (2007), apesar do amplo cultivo dessa cultivar no NEB, existem poucos estudos de zoneamento agrícola nos estados produtores de caju.

De acordo com Blain (2009) o estudo da variabilidade espaço-temporal de extensas séries meteorológicas revelam os períodos e áreas mais adequadas para o plantio/semear de culturas, como também fornecimentos relevantes a respeito de prováveis descontinuidades climáticas, tendências ou periodicidades, possibilitando o estudo das forças moduladoras das condições meteorológicas em uma região.

O objetivo deste trabalho refere-se à realização de um zoneamento climático com a finalidade de identificar o potencial produtivo da área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca para o cultivo do caju, como também a identificação dos 25 municípios com maior aptidão baseada em indicadores de clima e as exigências da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Á bacia do Rio Ipojuca (BHRI), localiza-se em sua totalidade no Estado de Pernambuco, entre 08°09'50" e 08°40'20" de latitude Sul, e 34°57'52" e 37°02'48" de

longitude Oeste. Devido à sua conformação alongada no sentido oeste-leste, essa bacia tem posição estratégica no espaço estadual, servindo de grande calha hídrica de ligação entre a Região Metropolitana do Recife e a região do Sertão do Estado. Os trechos superior, médio e submédio da bacia estão localizados nas regiões do Sertão (pequena porção) e Agreste do Estado, enquanto que o trecho inferior tem a maior parte de sua área situada na zona da Mata Pernambucana, incluindo a faixa litorânea do Estado limita-se ao norte, com a bacia do rio Capibaribe, grupo de bacias de pequenos rios litorâneos e com o Estado da Paraíba; ao sul, com a bacia do Rio Sirinhaém; a leste, com o Oceano Atlântico; e, a oeste, com as bacias dos Rios Ipanema e Moxotó e o Estado da Paraíba (Figura 1).



Figura 1. Bacia hidrografia do rio Ipojuca e municípios de entorno. Fonte: Adaptada pelo Autor.

Solos

Nos trechos superior, médio e sub-médio da BHRI predominam e destacam-se as classes de solos Planossolos (PL), Regossolos (RE), Podzólicos Amarelo e Vermelho-Amarelo (PA e PV) e Solos Litólicos (R), além de significativas áreas de Afloramentos de Rocha (AR). Nesses trechos também são encontradas outras classes de solos, como os Solos Aluviais (A) e os Latossolos (L), mas em áreas de menor expressão. Os Regossolos (RE) são bem característicos das condições ambientais da região agrestina, pouco desenvolvidos, arenosos (muitas vezes com cascalho ou cascalhentos), profundos a medianamente profundos, porosos, com fragipã situado comumente logo acima da rocha, relevo predominantemente suave ondulado. Sua drenagem está relacionada basicamente à profundidade onde se encontram o fragipã e a rocha, podendo variar desde moderadamente até excessivamente drenados. Apesar de sua textura arenosa, são solos bastante cultivados. Os Planossolos (PL) são, em geral, solos moderadamente profundos a rasos, imperfeitamente drenados, de baixa permeabilidade e muito susceptíveis à erosão, que ocorrem em áreas de cotas mais baixas e de relevo predominantemente suave ondulado e plano. Os Podzólicos Amarelo e Vermelho-Amarelo (PA e PV) aparecem com frequência; apresentam variadas profundidades e texturas, em sua maioria profunda a pouco profundos, com presença de cascalhos ou cascalhentos. Em geral ocorrem em relevo movimentado, o que representa uma das maiores restrições à sua exploração, em decorrência do impedimento à mecanização agrícola e dos severos riscos de erosão. Em virtude da baixa fertilidade natural e do elevado grau de acidez, são solos que requerem adubação e calagem para a sua utilização agrícola. Os Solos Litólicos (R) são pouco desenvolvidos, rasos; em geral sua profundidade é estimada em menos de 50 cm. No trecho inferior da bacia, que se localiza inteiramente na Zona da Mata e na faixa litorânea, o padrão de ocorrência dos

solos é bastante diferenciado, registrando-se, além dos Podzólicos Amarelo e Vermelho-Amarelo, a significativa presença de Latossolos e Gleissolos. Os Podzólicos encontrados nessa região apresentam-se, de maneira geral, com características semelhantes às aquelas descritas para a mesma classe encontrada na região agrestina, com algumas diferenças tais como a profundidade, em geral maior, variando entre profundos e muito profundos, a textura geralmente argilosa, o relevo mais movimentado, oscilando entre ondulado, forte ondulado e montanhoso. Não é comum serem encontrados com cascalho ou cascalhentos, e com fragipã e plíntica, características mais comuns na região agrestina.

Clima

A quadra chuvosa se inicia em fevereiro com chuvas de pré-estação (chuvas que antecedem ao início da quadra chuvosa) com seu término ocorrendo no final do mês de agosto e podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro em conformidade com Medeiros (2016).

Segundo a classificação climática de Köpper para a área da BHRI ocorre em sua maioria o clima do tipo AS, seguidamente dos tipos Am e BSh.

Utilizou-se de séries de dados mensais e anuais de precipitação e temperatura do ar fornecido pela Agência pernambucana de água e clima do Estado do Pernambuco (APAC) referente ao período de 1960-2016.

Aplicando-se o método do balanço hídrico de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955), Medeiros (2016) formulou planilhas eletrônicas, que contabiliza a água do solo, em que a precipitação representa ganho e a evapotranspiração perda de umidade do solo, podendo-se estimar os valores correspondentes ao Excedente Hídrico (EXC) e Deficiência Hídrica (DEF). Com base nesta metodologia foi estimada a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. A Evapotranspiração Potencial (ETP) foi obtida conforme a Equação seguinte.

$$ETP = Fc \cdot 16 \cdot \left(10 \frac{T}{I}\right)^a \quad (1)$$

Em que:

ETP – Evapotranspiração potencial anual em mm.mês⁻¹;

Fc – Fator de correção, conforme a Tabela 1;

T – Temperatura média mensal em °C;

I – Índice anual de calor, correspondente a soma dos doze índices mensais; e

a – Função cúbica do índice anual de calor dada por: $6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492$ em mm.mês⁻¹.

Tabela 1. Fator de Correção (Fc) conforme a metodologia de Thornthwaite (1948) em função dos meses do ano.

FATOR DE CORREÇÃO											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

Fonte: UNESCO (1982).

No cálculo dos índices de aridez, umidade e hídrico, utilizaram-se as equações abaixo. Tais índices são essenciais para a caracterização climática da região segundo o

método de Thornthwaite (1948), e no estudo de adaptação de culturas à região – Zoneamento Agrícola.

$$Ia = 100 \frac{\sum DEF}{\sum ETp} \quad (2)$$

$$Iu = 100 \frac{\sum EXE}{\sum ETp} \quad (3)$$

$$Ih = Iu - 0,6 \cdot Ia \quad (4)$$

Em que:

Ia – Índice de aridez;

Iu – Índice de umidade;

Ih – Índice hídrico;

$\sum DEF$ – Somatório da deficiência hídrica anual;

$\sum EXE$ – Somatório do excesso hídrico anual; e

$\sum ETp$ – Somatório da evapotranspiração potencial anual.

A classificação climática foi obtida de acordo com a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) utilizando-se os valores dos índices de aridez (Ia), umidade (Iu), hídrico (Ih) e (Cv) em conformidade com a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano.

A concentração da evapotranspiração potencial na estação quente foi dada pela Equação seguinte a qual representa a percentagem da evapotranspiração anual que ocorre nos meses j, k, l, de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente).

$$Cv = 100(ETp_j + ETp_k + ETp_l) / (ETp) \quad (5)$$

Em que:

Cv – Concentração da evapotranspiração na estação mais quente do ano;

ETp_j – evapotranspiração potencia no mês j;

ETp_k – evapotranspiração potencial no mês k;

ETp_l – evapotranspiração potencial no mês l;

ETp – evapotranspiração potencial anual.

Realizou-se a elaboração do evapopluvograma, o qual se refere a um climograma adaptado ao BHC, para fins de estudo das condições climáticas mais adequadas às culturas, através do sistema de coordenadas ortogonais. Como nesse caso a evapotranspiração potencial é plotada em função da precipitação, assim obtém-se o evapopluvograma.

O diagrama apresenta-se dividido em seis setores hídricos, nos quais os valores da precipitação correspondem a diferentes múltiplos e submúltiplos da evapotranspiração potencial, e em outras quatro faixas térmicas com valores correspondentes às limitações e exigências térmicas da cultura.

Utilizando-se dos pontos do evapopluvograma determinaram-se os índices de vegetação (Iv), de repouso por seca (Irs) de repouso por frio (Irf) e hídrico (Ih).

Por fim, os valores dos índices climáticos foram aplicados na Tabela 2 para determinação da aptidão climática da região, classificando as culturas em aptidão plena, moderada, restrita e inaptidão.

Utilizaram-se séries de dados médios mensais e anuais de precipitação pluvial com oscilações de 54 anos para a área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca. Os postos pluviométricos utilizados foram da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE (1990); Agencia Pernambucana de Águas e Clima –(APAC), abrangendo 25 postos pluviométricos da área em estudo.

O método adotado para obtenção do balanço hídrico climático foi o proposto por Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955), com elaboração de planilhas eletrônicas realizadas por Medeiros (2016) que contabiliza a água do solo, no qual a precipitação representa ganho e a evapotranspiração perda de umidade do solo, estimando-se os valores correspondentes ao Excedente Hídrico (EXC) e Deficiência Hídrica (DEF). Com base nesta metodologia foi definida a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm.

A temperatura média do ar foi estimada através do software Estima-Tem conformidade com Cavalcanti et al (1994) e Cavalcanti et al.(2006).

Na Tabela 2 encontra-se a síntese da aptidão e exigências climáticas da cultura do caju de acordo com Ometto (1981) na BHRI, aplicada a quatro tipos de aptidão: Plena; Moderada; Restrita e Inapta.

Tabela 2. Síntese da aptidão e exigências climáticas da cultura de acordo com Ometto(1981).

	APTIDÕES	EXIGÊNCIAS	OBSERVAÇÕES
Caju	Plena	$I_h > -10$ $DEF < 100$ mm	Em geral não há limitações climáticas para a cultura, principalmente nas regiões de clima quente.
	Moderada	$I_h < -10$ $100 < DEF < 200$ mm $200 < DEF < 700$ mm	Ocorrência normal de pequena deficiência hídrica. Cultivo parcial prejudicado pela deficiência hídrica.
	Restrita	$700 < DEF < 900$ mm	Deficiência hídrica severa na maioria dos solos. Cultivo somente através de suprimento d'água por irrigação.
	Inapta	$DEF > 700$ mm	Suprimento hídrico insuficiente para a cultura.

Na Tabela 3 tem-se os fatores indicadores climáticos para a cultura do cajueiro utilizado na BHRI adaptado de Aguiar et al. (2000).

Tabela 3. Fatores e indicadores climáticos para a cultura do Cajueiro.

Fatores climáticos	FAIXAS DE APTIDÃO		
	Ideal	Tolerável	Não indicado
Faixa Térmica (°C)	19 – 34	34 – 40	<15
Precipitação (mm ano ⁻¹)	800 – 1500	600 – 800	<500
Umidade Relativa do ar (%)	65 – 85	40 – 65	<40 ou >90

Fonte: Adaptado de Aguiar et al. (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2, demonstra a variabilidade do índices hídrico para o cultivo do caju na área da Bacia hidrográfica do rio Ipojuca. No litoral, zona da mata e parte este da região do agreste tem-se maiores índices hídrico. O solo da BHRI tem baixo poder de retenção de água, que é causado pela impermeabilização crescente, da urbanização e da arborização escassa.

No restante da região agreste as áreas de menores índices hídricas e suas flutuações ocorrem entre -0,11 a -0,3%.

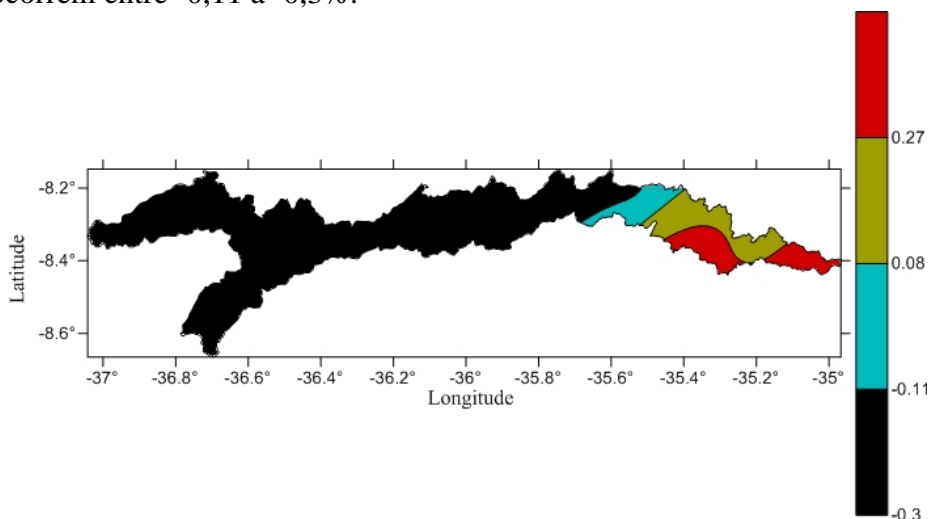


Figura 2. Variabilidade do índice hídrico para a cultura do caju na bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

A figura 3 tem-se a variabilidade da classificação de aptidão climática para a cultura do caju na área da BHRI, com quatro classes predominantes assim descritas: plena, restrita, inapta e moderada.

No litoral, zona da mata e agreste é possível encontrar as quatro classes de aptidão. O litoral e a zona da mata sul é predominantemente plena, a zona da mata norte restrita, o agreste este tem aptidão climática inapta. A geoespacialização da classe moderada está com maior significância na região agreste oeste.

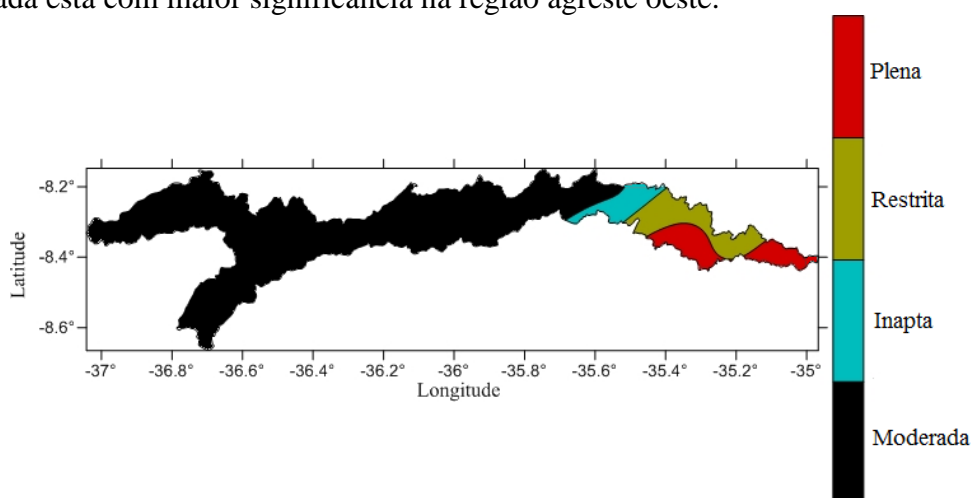


Figura 3. Classificação de aptidão climática para a cultura do caju na área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

As variáveis utilizadas na determinação do balanço hídrico climatológico para o período de 54 anos encontram-se nas Tabelas 3, considerando a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) 100 mm. A quantidade de água evapotranspirada é expressa pela evapotranspiração real (ETR), que se comportou de forma semelhante à distribuição da precipitação pluvial.

Através do balanço hídrico climatológico foi possível determinar os índices de aridez (Ia), umidade (Iu), hídrico (Ih) e o CV, onde o CV é a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, determinada pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente). Tais índices determinam a classificação climática, baseada em observações e estudos realizados nas condições do Sudeste árido dos Estados Unidos da América e aplicado ao resto do mundo, proposto por Thornthwaite (1948).

A Tabela 4 representa o BHC médio da área da BHRI. Observa-se que a temperatura média oscila entre 20,4 °C no mês de julho a 24,5 °C no mês de janeiro com temperatura média anual de 22,8 °C.

A precipitação média anual dos 25 municípios que compõem a área da BHRI é 882,6 mm, os meses mais chuvosos estão representados entre março, abril, maio, junho e julho com flutuação entre 114,1 a 128,6 mm mês⁻¹, o período seco ocorre nos meses de agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro com índices pluviométricos fluando entre 19,1 a 62,9 mm mês⁻¹.

A evapotranspiração potencial anual é 1.118 mm, os meses com maiores valores evapotranspirados são janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro registrando valores de 114,9 a 104,2 mm. A oscilação mensal de ETP foi entre 67,2 a 114,9 mm. Nos meses de abril a outubro ocorrem os menores índices evaporativos fluindo entre 67,2 a 96,1 mm.

A evaporação real anual é 808,2 mm. Os meses de maiores valores de evaporação ocorrem entre março a maio oscilando entre 86,2 a 111,4 mm e nos meses de novembro, dezembro e janeiro ocorrem os menores índices evaporativos com flutuações entre 35,4 a 46,7 mm.

As deficiências hídricas ocorrem entre os meses de agosto a dezembro e em janeiro, fevereiro e os excedentes hídricos ocorrem nos meses de junho e julho.

Tabela 4. Balanço hídrico climatológico da área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

Meses	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	24,5	44,1	114,5	46,7	67,8	0,0
Fev	24,3	62,6	104,2	63,5	40,7	0,0
Mar	24,1	116,9	111,4	111,4	0,0	0,0
Abr	23,3	128,6	96,1	96,1	0,0	0,0
Mai	22,3	114,1	86,2	86,2	0,0	0,0
Jun	21,0	120,0	70,3	70,3	0,0	17,3
Jul	20,4	124,3	67,2	67,2	0,0	57,0
Ago	20,5	59,7	69,0	68,6	0,4	0,0
Set	21,9	39,0	80,7	70,0	10,6	0,0
Out	23,1	19,1	98,3	52,0	46,4	0,0
Nov	23,8	19,8	105,2	35,4	69,8	0,0

Dez	24,2	34,5	114,9	40,9	74,0	0,0
-----	------	------	-------	------	------	-----

Legenda: Temperatura do ar média (T), Precipitação (P), Evapotranspiração potencial (ETP), Evaporação real (EVR), Deficiência hídrica (DEF) e Excesso Hídrico (EXC).

A Figura 4 ilustra o resultado da contabilidade hídrica para a área da BHRI mostrando a ocorrência de excedente entre os meses de junho e julho. As deficiências ocorrem entre os meses de setembro a fevereiro. A reposição de água no solo ocorre entre os meses de março a junho. A retirada ocorre nos meses de agosto a fevereiro. É recomendável complementar a lâmina de água através do uso de irrigação, principalmente nos meses onde há uma maior perda de água do solo.

Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano

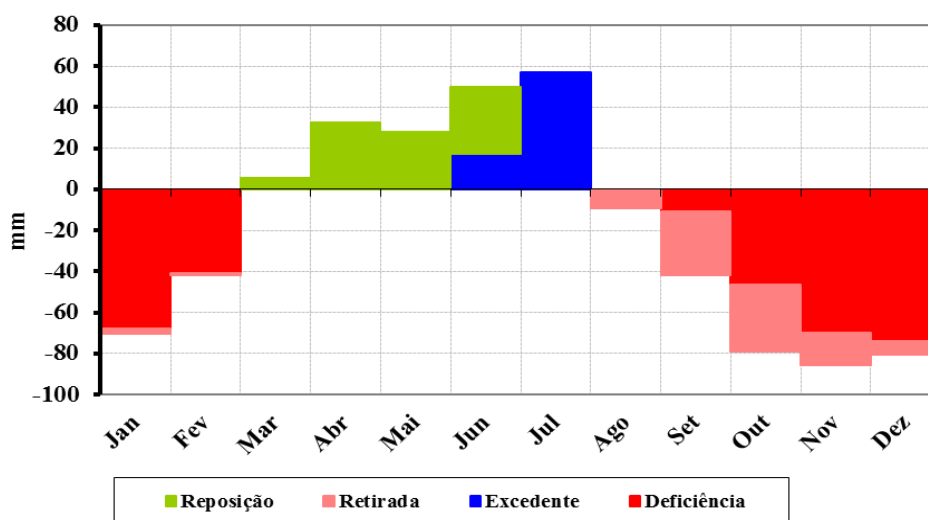


Figura 4. Representação gráfica do balanço hídrico climatológico para a área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

O sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) permite separar eficientemente os climas de uma região, uma vez que o método é muito sensível aos totais de chuva, temperatura e relevo de cada região estudada, resultando em maior número de tipos climáticos, gerando informações eficientes através do balanço hídrico, demonstrando a capacidade para delimitação das zonas agroclimáticas de acordo com Rolim (2007).

Wollmanneetal (2013) relatam que as condições locais hídricas e de clima são levadas em consideração no zoneamento agroclimático, visando à exploração de culturas economicamente rentáveis. São estas as características agroclimáticas desta localidade que determinam aptidão ao desenvolvimento das culturas.

Na Figura 5 tem-se a distribuição dos setores hídricos e faixas térmicas do evapopluviograma para a área da BHRI. Destacando que existem quatro tipos de clima predominante na área de estudo que são: Árido, Seco, Subúmido e Úmido, sendo os climas secos e úmidos os de maiores predominância. A temperatura predominante é a mesotérmica seguida pela hipotérmica. Em média as precipitações são inferiores a 150 mm.

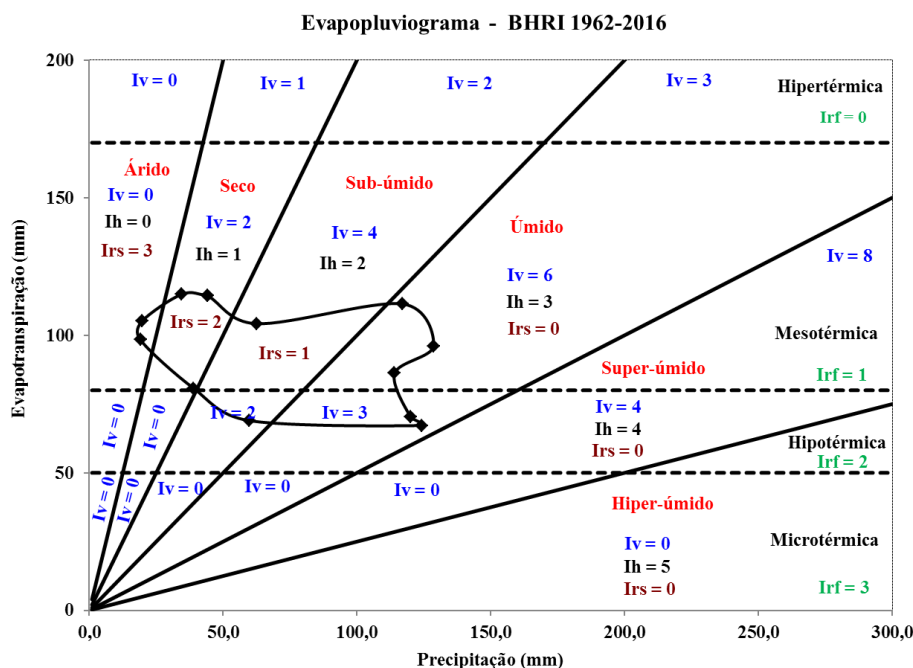


Figura 5. Distribuição dos setores hídricos e faixas térmicas do evapopluviograma para a área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

Os resultados identificaram que os 25 municípios têm aptidões necessárias para o plantio.

CONCLUSÕES

A partir desse estudo, foi possível compreender que os maiores índices hídricos foram encontrados no litoral, zona da mata e parte da região do agreste na BHRI, mostrando assim que nas 25 cidades estudadas, a cultura do caju se adapta bem às condições climáticas da área geográfica em questão.

A separação eficaz dos climas das áreas foi possível com a utilização das classificações e aptidões climáticas de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955).

Através do conhecimento dos componentes do balanço hídrico, a realidade climática foi visualizada permitindo assim um maior conhecimento da área estudada, como também condições de compatibilizar a água obtida do solo e as possíveis maneiras de utilizá-la, com a finalidade de assegurar à agropecuária e à manutenção da população.

Conclui-se dessa forma que na bacia hidrográfica do rio Ipojuca composta de 25 municipalidades possui aptidão plena para plantio de acordo com as exigências da cultura do caju.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Pós-doc e ao Departamento de Engenharia Ambiental pela pesquisa em desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

BERGAMASCHI, H. **Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos.** Pesq. agropec. bras. 39,p. 831-839. 2004

BLAIN, G. Considerações estatísticas relativas à oito séries de precipitação pluvial da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, **Revista Brasileira de Meteorologia** – v. 24,p.12-23. 2009.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157. 1994.

CAVALCANTI, E. P. et al. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.140-147, 2006.

FERREIRA, E. J. Determinação da evapotranspiração e do coeficiente de cultura (Kc) para a aveia preta (*Avena strigosa*, Sckereb) irrigada. 1988. 70 f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1988.

MEDEIROS, R. M. Representação gráficas dos fatores provocadores de chuvas no Estado do Pernambuco. 2016.

MEDEIROS, R. M. et. al. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para a área produtora da banana do município de Barbalha, CE **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.7, nº. 4, p. 258 - 268, 2013. ISSN 1982-7679 (On-line), Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>, DOI: 10.7127/rbai.v7n400018, Protocolo 018.13 – 07/05/2013.

OLIVEIRA, J.B. **Análise pluviométrica e evapotranspiração de referência para dez localidades do estado do Ceará-Brasil.** Areia: UFPB, CCA, (Trabalho de conclusão de curso de graduação). 1996.

OLIVEIRA, V.H.;et al. Cultivo do cajueiro. Fortaleza – CE. **EMBRAPA Agroindústria Tropical**. Sistemas de Produção 1, 2013. ISSN 1678-8702, Versão eletrônica. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/CultivodoCajueiro/index.htm>>. Acesso em 27 de março de 2016.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ceres, 1981.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Meteorologia Agrícola.** Departamento de Ciências Exatas, p. 173, Piracicaba, SP. 2007.

ROLIM, G. S. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Revista Bragantina**, v. 66, n. 4, p. 711 - 720, 2007.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 3, p.142 - 149, 2010.

SEVERINO, R.P. Busca de produtos naturais como inibidores específicos de enzimas. Tese (**Doutorado em Ciências – Química Inorgânica**), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2008.

SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - **Dados pluviométricos mensais do Nordeste** – Série pluviometria 5. Estado da Paraíba. Recife, 239 p. 1990.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v. 38, p. 55 - 94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publication in Climatology** N° 8, Laboratory of Climatology, Centerton, N. J. 1955.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Sociedade e Natureza**, v. 25, p. 179-190, 2013.

TENDÊNCIAS DE EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE GOIÂNIA, GOIÁS

Santos, L. C.¹, Capuchinho, F. F.², Cruz, G. H. T.², Fialho, E. F.³

¹Eng. Agrônomo, Pós-doutorando, Universidade Estadual de Goiás/UEG, Anápolis, GO, lucas.cs21@gmail.com; ²Graduandos em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás/UEG, Anápolis, GO, guilerspancaaa@gmail.com, frankcf13@gmail.com; ³Eng. Agrícola, Professor, Universidade Estadual de Goiás/UEG, Anápolis, GO, fialhoreis@ueg.br

RESUMO: Os eventos climáticos extremos figuram entre as principais causas deflagradoras de catástrofes naturais que atingem o homem, pois a forma como as sociedades têm se organizado desconsidera o ritmo e a variabilidade do sistema atmosférico, tomando como parâmetro apenas seu estado médio. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho, analisar o ajuste da distribuição de Gumbel aos dados de precipitação diária máxima em diferentes níveis de probabilidade, para o município de Goiânia no Estado de Goiás. Para estimativa dos parâmetros da distribuição foi utilizado o método dos momentos. A partir dos resultados, observou-se que a distribuição de Gumbel ajustou-se a maioria dos valores de máximas de precipitação; a exceção ficou por conta dos meses de junho, julho e agosto.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento urbano, Chuvas, Distribuição Gumbel

TRENDS OF EXTREME PRECIPITATION FOR THE MUNICIPALITY OF GOIÂNIA, GOIÁS, BRAZIL

ABSTRACT: Extreme climatic events are among the main causes of natural disasters that affect mankind, since the way societies have organized themselves ignores the rhythm and variability of the atmospheric system, taking as a parameter only their average state. Thus, the objective of this work was to analyze the adjustment of the Gumbel distribution to the data of maximum daily precipitation at different levels of probability for the city of Goiânia in the State of Goiás, Brazil. The moment method was used to estimate the distribution parameters. From the results, it was observed that the distribution of Gumbel adjusted the majority of the maximum values of precipitation, the exception was the months of June, July and August.

KEY-WORDS: Urban planning, Rainfall, Gumbel distribution

INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis climáticas mais relevantes nos estudos hidrológicos, sendo seu entendimento de fundamental importância para que se tenha um planejamento adequado das inúmeras atividades humanas que dela dependem. Neste contexto, pesquisas sobre a frequência de extremos de precipitação vem crescendo nos últimos anos, tendo sido identificados eventos com maior intensidade e duração, o que pode alterar a ocorrência de desastres naturais, tais como inundações e secas severas (MARENGO et al., 2011; SONG et al., 2015; COSTA et al., 2015).

De acordo com Monteiro (2011), a cidade é uma grande expressão geográfica da atualidade e junto com o aumento do processo de expansão urbana, também aumenta a preocupação com os episódios pluviométricos extremos, gerando inundações, deslizamentos, desmoronamento e erosão. Nessa perspectiva, acredita-se que para

reduzir a probabilidade de insucesso diante de chuvas intensas e longas secas, a teoria de valores extremos é fundamental para o planejamento das atividades da engenharia, sendo para isso usado modelos probabilísticos baseados na teoria de extremos, os quais visam prever cenários futuros, a partir de um conjunto de dados de máximos obtidos em uma série histórica representativa (SANSIGOLO, 2008).

Diante do exposto e tendo em vista a importância do conhecimento das possíveis precipitações diárias máximas, objetivou-se com este trabalho, analisar a ocorrência de extremos de precipitação na cidade de Goiânia/GO, ajustando seus dados de precipitação a distribuição de Gumbel para os níveis de probabilidade de 50, 60 70, 80, 90 e 95%.

MATERIAL E MÉTODOS

Goiânia é um município que está localizado a Latitude 16°41' S, Longitude 49°17' W e altitude de 749 metros, situado na região central do Estado de Goiás. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, predominantemente tropical, com temperatura mínima de 18°C e máxima de 30°C.

Para realização deste estudo foram utilizados dados de precipitações máximas diárias expressas em altura de lâmina d'água (mm), referentes a 51 anos de observações, do período compreendido entre os anos de 1966 a 2016. Os dados referentes à série histórica de 1975 a 2016 foram obtidos na estação evaporimétrica instalada no campus da Universidade Federal de Goiás – UFG, já os anos restantes para a complementação dos dados foram retirados do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Para o estudo do ajustamento da distribuição de Gumbel, foram utilizados os maiores valores de precipitação ocorridos em cada mês ao longo de toda série estudada. Com esses dados foram determinadas as estimativas dos parâmetros da distribuição de valores extremos do tipo I (Gumbel) pelo método dos momentos e, a partir destes parâmetros, calculou-se a precipitação diária máxima provável para os níveis de 50, 60, 70, 80, 90 e 95% de probabilidade.

O teste de aderência do modelo aos dados observados foi feito por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, considerando-se o nível de significância igual a 5%.

A função de densidade de probabilidade da distribuição de Gumbel, da variável aleatória, associada a valores máximos, é dada pela Equação 1:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} \exp\left(-\frac{x - \alpha}{\beta} - \exp\left(-\frac{x - \alpha}{\beta}\right)\right) \quad (1)$$

em que:

x é a variável associada a valores de precipitação máxima; α e β são os parâmetros da função de distribuição, sendo o primeiro denominado de parâmetro de escala e o segundo de posição.

A função cumulativa de probabilidade é dada pela Equação 2:

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx = \exp\left\{-\exp\left[-\left(\frac{x - \beta}{a}\right)\right]\right\} \quad (2)$$

As estimativas dos parâmetros α e β foram obtidas com base nos dois primeiros momentos da amostra (média (\bar{x}) e desvio padrão (s)), obtidas pelas Equações 3 e 4:

$$\beta = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S \quad (3)$$

$$\alpha = \bar{x} - 0,5772 \beta \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a caracterização da distribuição de extremos pluviométricos, é importante que se conheça a pluviosidade média, a fim de se definir as características estacionais da região. A partir da Figura 1 pode ser observado que para Goiânia, os meses que compõem a estação chuvosa, iniciam-se no mês de outubro indo até o mês de março. O maior volume de precipitação ocorre em dezembro, com média superior a 250 mm. Já a estação seca ocorre de abril até o outubro, sendo o mês de julho o mais seco, com média mensal de 3,7 mm. A média pluviométrica anual para o período de estudo foi de 1467 mm.

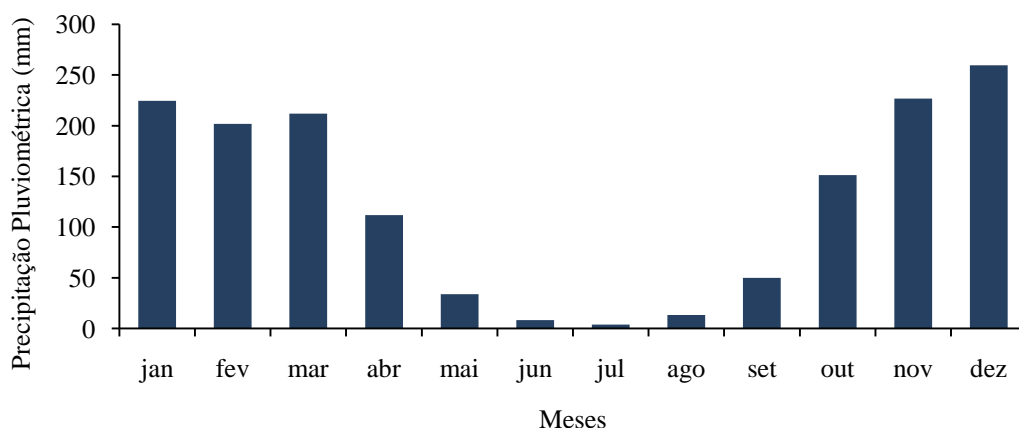


Figura 1. Distribuição da precipitação média mensal em Goiânia/GO para um período de 51 anos (1966 – 2016).

Na Tabela 1 são apresentados alguns parâmetros da estatística descritiva para a pluviosidade de Goiânia. Os valores de precipitação máxima média não diferiram muito entre os meses do trimestre janeiro-fevereiro-março. O mês de dezembro é o que concentra o maior volume e intensidade de chuvas ao longo da série histórica. É comum que ocorra variabilidade acentuada em estudos de eventos extremos de precipitação, a qual pode ser observada nos meses de maio, junho, julho e agosto, sendo estes os meses que compõem a estação seca, apresentando baixos valores de precipitação; porém ocorrendo chuvas esporádicas de elevada magnitude nessa época.

Tabela 1. Estatística descritiva da precipitação máxima diária em Goiânia/GO para um período de 51 anos (1966 – 2016).

Meses	Média (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	CV* (%)	Assimetria	Curtose
Jan	49,18	0,0	124,7	50	0,75	1,17
Fev	47,00	12,6	116,8	44	1,33	2,29

Mar	46,07	0,1	97	47	0,48	0,50
Abr	39,54	0,0	98,5	50	0,36	0,14
Mai	19,53	0,0	100,7	109	1,79	3,63
Jun	6,43	0,0	40	160	1,69	1,99
Jul	2,79	0,0	29	213	2,73	8,01
Ago	8,38	0,0	93	192	3,55	15,64
Set	23,06	0,2	113,8	88	2,29	7,53
Out	40,74	16,6	91,4	38	0,90	1,12
Nov	48,61	19,4	93,8	42	0,56	-0,58
Dez	56,20	0,0	134	47	1,07	1,47

*CV – Coeficiente de Variação

Os dados de precipitação diária máxima (acumulada em 24 horas) ajustaram-se à distribuição Gumbel conforme avaliado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância. As exceções foram os meses de junho, julho e agosto, para os quais não houve ajuste. As estimativas das precipitações para cada nível de probabilidade podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2. Níveis de probabilidade do evento não ser superado e parâmetros da distribuição de Gumbel para estimativa de precipitação máxima diária em Goiânia/GO (1966–2016).

Meses	Nível de probabilidade (%)						Parâmetros	
	50	60	70	80	90	95	α	β
Jan	45	51	58	67	81	95	19,17	38,11
Fev	44	49	54	62	74	86	16,23	37,63
Mar	43	48	54	62	74	86	16,83	36,36
Abr	36	41	47	54	65	77	15,46	30,61
Mai	16	21	27	35	47	59	16,65	9,92
Set	20	25	30	38	49	61	15,75	13,97
Out	38	42	46	52	61	70	12,13	33,74
Nov	45	50	56	63	75	87	15,88	39,44
Dez	52	58	66	75	91	106	20,76	44,22

Os níveis de probabilidade representam os limites de ocorrência de valores iguais ou inferiores aos estabelecidos. Como pode ser observado na Tabela 2, o mês de dezembro é o que registrou maior altura de lâmina entre os 51 anos estudados, e para o qual espera-se que em 95% dos casos, a chuva máxima ocorrida em 24 horas, não exceda 106 mm.

Além da probabilidade de ocorrência do evento, um outro parâmetro útil em obras de engenharia é o período de retorno, sendo ele o intervalo de tempo estimado para ocorrência de uma precipitação com uma dada magnitude. O seu cálculo pode ser realizado pelo inverso da probabilidade do evento ser igualado ou superado. Tomando ainda como exemplo o mês de dezembro, com lâmina de 106 mm ao nível de probabilidade de 95%, espera-se que essa precipitação seja superada em um tempo médio de retorno de 20 anos.

CONCLUSÕES

A maioria dos dados de máximas de precipitação ajustou-se bem a distribuição de Gumbel, a exceção ficou por conta dos meses de junho, julho e agosto.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Meteorologia pela disponibilização dos dados pluviométricos, bem como a Coordenação do Posto Meteorológico da Universidade Federal de Goiás.

REFERÊNCIAS

COSTA, M. S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região semiárida do Nordeste do Brasil, **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.5, p.1321-1334, 2015.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v.38, p.1-5, 2011.

MONTEIRO, J. B. **Chover, mas chover de mansinho: desastres naturais e chuvas extremas no estado do Ceará**. 2011. 198p. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia – Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza.

SANSIGOLO, C. A. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006). **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.23, n.3, p.341-346, 2008.

SONG, X.; SONG, S.; SUN, W.; MU, X.; WANG, S.; LI, J.; LIY. Recent changes in extreme precipitation and drought over the Songhua River Basin, China, during 1960–2013. **Atmospheric Research**, v.157, p.137-152, 2015.

BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL DE THORNTHWAITE E MATHER ADAPTADO A CULTURA DO MILHO EM ARAPIRACA, ALAGOAS

Thaís Feitoza Furtado¹, Guilherme Bastos Lyra², José Leonaldo de Souza³, Gustavo Bastos Lyra⁴

¹Eng. Agrícola, mestranda em Eng. de Biosistemas, PGEB, UFF, Niterói, RJ, t_ffurtado@hotmail.com; ² Agrônomo, Prof. Adjunto, Centro de Ciências Agrárias, UFAL, Rio Largo, AL, gbastoslyra@gmail.com;

³Meteorologista, Prof. Associado, Inst. de Ciências Atmosféricas, UFAL, Rio Largo, AL, jls@ccen.ufal.br; ⁴ Meteorologista, Prof. Adjunto, Dpto. Ciências Ambientais, UFRRJ, Seropédica, RJ, gblyra@gmail.com

RESUMO: Determinar a variação do armazenamento de água no solo baseado no balanço hídrico é fundamental para o adequado planejamento e manejo agrícola. O objetivo foi adaptar o balanço hídrico sequencial (BSH) de Thornthwaite e Mather (1955) para estimar do conteúdo volumétrico de água para cultura do milho em Arapiraca, AL (09°38,6' S; 36°40,3' W; 260 m). Observações da cultura e agrometeorológicas foram realizadas em cultivo de milho em regime de sequeiro no período de 04/06 a 8/10/05. As estimativas apresentaram índice de Nash de 0,957, $r^2 = 0,965$ e RMSE = 6,51 %, antes do ajuste dos coeficientes do modelo. Após o ajuste, o índice de Nash se manteve, e o $r^2 = 0,97$ e RMSE = 5,93 %. Apesar de subestimar a umidade do solo em determinados períodos associados a diminuição da frequência de chuva, o método adaptado ao cultivo do milho apresenta estimativas precisas e exatas para a região de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: água no solo, modelagem, déficit hídrico.

SEQUENTIAL WATER BALANCE OF THORNTHWAITE AND MATHER ADAPTED TO MAIZE CROPPING IN ARAPIRACA, ALAGOAS

ABSTRACT: The estimate of soil water storage variation through the water balance is fundamental for the adequate agricultural planning and scheduling. The aim was to adjust of the sequential water balance (SWB) of Thornthwaite and Mather (1955) to estimate the volumetric water content for maize crop in Arapiraca, Alagoas State, Brazil (09 ° 38,6' S, 36 ° 40,3' W, 260 m). Crop and agrometeorological observations were carried out on maize crop in rainfed conditions from 04/06 to 10/08/05. The estimates presented Nash index of 0.957, $r^2 = 0.965$ and RMSE = 6.51 %, before fit of the coefficients of model, after fit the Nash index remained, and $r^2 = 0.970$ and RMSE = 5.93 %. Although underestimating soil moisture in several periods with reduced rainfall frequency, the method adapted to maize crop presented accurate and precise estimates for the study region.

KEY-WORDS: soil water, modeling, water deficit.

INTRODUÇÃO

O crescimento e produtividade das culturas é influenciada diretamente pela disponibilidade de água e nutrientes no solo, de acordo com suas exigências fisiológicas

nos diversos estádios de desenvolvimento. A cultura do milho é adaptada a regiões com diferentes condições edafoclimáticas, sendo relativamente tolerante ao déficit hídrico no período vegetativo e de maturação. Apesar disso, depleção da água no solo a níveis que provoquem estresse hídrico durante o período de florescimento, compromete o rendimento da cultura (CRUZ, 2008).

Grande parte do cultivo de milho no Brasil é conduzido em regime de sequeiro, assim o conhecimento da dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera, com base no balanço hídrico, subsidia a tomada de decisão da melhor época de plantio, definição do risco de cultivo, previsão de safra, entre outros.

O balanço hídrico sequencial de Thornthwaite e Mather (1955), quando adaptado as características da cultura, apresenta-se como método simples e prático para determinação do armazenamento de água no solo (LYRA et al., 2010). Dentro desse contexto, o objetivo do trabalho foi adaptar o balanço hídrico sequencial de Thornthwaite e Mather (1955) para estimativa do conteúdo volumétrico de água em cultivo de milho e ajustar os parâmetros da cultura do milho com a utilização do ambiente de modelagem *OpenModel*[®] para o estado de Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

Observações da cultura e agrometeorológicas foram realizadas em experimento de campo conduzido no município de Arapiraca, AL (09°38,6'S; 36°40,3'W; 260 m) em cultivo de milho, variedade BR 106. O cultivo foi em regime de sequeiro e compreendeu o período de 08/06 a 08/10/2005, numa área total cultivada de 6.120 m² para uma população de 62,5 mil plantas ha⁻¹. O solo foi classificado como franco argilo-arenoso e declividade média de 5%.

O balanço hídrico do solo (BHS) foi determinado pelo modelo de Thornthwaite e Mather (1955). Expresso da seguinte forma (LYRA et al., 2010):

$$ALT_i = (ARM_i - ARM_{i-1}) = (P_i + I_i) - ETR_i - EXC_i \quad (01)$$

em que, ALT (mm d⁻¹) é a alteração da umidade do solo, determinada pela variação de armazenamento de água (ARM, mm d⁻¹) ou pela diferença entre os fluxos de entrada de água: precipitação (P, mm), irrigação (I, mm) e saída do sistema: evapotranspiração real (ETR, mm d⁻¹) e excedente hídrico (EXC, mm d⁻¹). Como nesse experimento, o cultivo foi realizado em regime de sequeiro a irrigação foi desconsiderada da eq. 01.

Para fins de pesquisa agrícola foi seguida a recomendação de Pereira et al. (2012) para determinação da capacidade de água disponível no solo (CAD), sendo a CAD variada de acordo com a profundidade efetiva do sistema radicular (Z_{r,i}).

$$CAD = 1000 (\theta_{cc} - \theta_{pm}) Z_{r,i} \quad (02)$$

Os valores da umidade do solo a capacidade de campo ($\theta_{cc} = 0,1470 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e ponto de murcha permanente ($\theta_{pm} = 0,0477 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) foram determinadas com base na análise física do solo (LYRA et al., 2010). Considerou-se Z_r variável ao longo do ciclo da cultura (ALLEN et al., 1998) e entre 0,1 e 0,3 m.

A evapotranspiração real foi determinada com base na evapotranspiração da cultura (ETc) e na precipitação. A ETc foi estimada pelo método do Kc simples apresentado no boletim FAO56 (ETc = ETo Kc), em que, ETo é a evapotranspiração de referência (mm d⁻¹) e Kc é o coeficiente da cultura (ALLEN et al., 1998). ETo foi estimada pelo modelo de Penman-Montheith parametrizado no FAO56 e os valores do coeficiente da cultura (Kc) interpolados para o ciclo da cultura (LYRA et al., 2010). Na interpolação de Kc consideraram-se os comprimentos dos estádios de desenvolvimento da cultura (20 d – inicial; 35 d – crescimento; 40 d – intermediário e 31 d - final) e os

valores de K_c (1,15 – inicial; 1,13 – médio e 0,58 final) recomendados no boletim FAO-56 e ajustados às condições edafoclimáticas local (ALLEN et. al., 1998).

Para análise estatística, o armazenamento de água no solo das simulações foi convertido em umidade volumétrica, expresso em cm^3 de água / cm^3 de solo, e comparada com a umidade volumétrica medida (LYRA et al., 2010). A comparação se baseou na precisão e exatidão das estimativas obtidas com base no coeficiente de determinação (r^2) e pelo índice de Nash-Sutcliffe (1970), respectivamente. Além desses, avaliou-se também a Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME).

O ajuste dos coeficientes do modelo foi realizado em função do resultado da análise estatística entre os dados estimados e observados (*merit*) de umidade volumétrica do solo. Para isso, os coeficientes da cultura ($K_{c_{\text{mid}}}$ e $K_{c_{\text{fim}}}$) foram ajustados pela ferramenta *estimate* do ambiente de modelagem *OpenModel*[®]. Utilizou-se no ajuste o método de amostragem de Monte Carlo, usando cadeia de Markov, pelo algoritmo iterativo de Metropolis-Hastings (HASTING, 1970).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o ciclo da cultura, a precipitação acumulada foi de 347 mm, com a maior frequência de dias com chuva entre o sétimo dia após o plantio e o 107º dia de cultivo (Figura 1a). A ET_c que adapta a ET_o de acordo com as características da cultura e condições do clima local por meio de K_c , apresentou variação entre 1,78 e 5,46 mm. Após ajuste dos parâmetros, a ET_c máxima diminuiu para 5,35 mm e a mínima se manteve (Figura 1b). A ETR , que ocorre em condições de restrição hídrica e no modelo é igual a ET_c apenas quando a disponibilidade de água no solo é igual a capacidade de campo, se igualou a ET_c na fase inicial de crescimento da cultura e quando o sistema radicular atingiu 0,3 m de profundidade, aos 55 dias após o plantio (Figura 1b).

Diminuição da frequência de chuvas em determinados períodos foram observados ao longo do ciclo, o que fez com que o conteúdo volumétrico de água no solo ficasse abaixo da água facilmente disponível (AFD). Essa condição indicou estresse hídrico para a cultura e resultou em subestimativa dos dados observados pelo método de BHS de Thornthwaite adaptado (Figura 2). Após ajuste, o coeficiente da cultura para as fases intermediária ($k_{c_{\text{mid}}}$) reduziu para 1,07 e final ($k_{c_{\text{fim}}}$) aumentou para 0,77, o que diminuiu a subestimação.

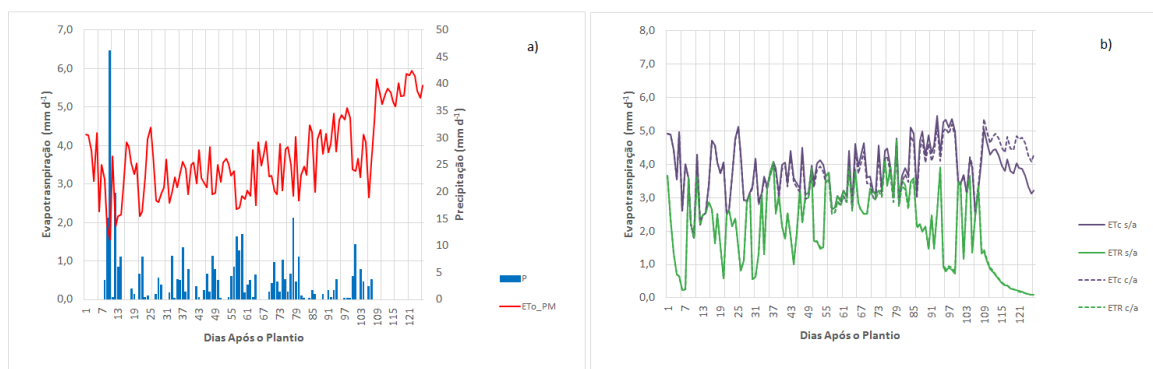


Figura 1. Variação diária da a) precipitação (mm) e evapotranspiração de referência (mm); evapotranspiração da cultura (ET_c) e real (ETR) obtidos pelo modelo b) de Thornthwaite sem ajuste (s/a) e com ajuste (c/a) dos coeficientes com o fator de depleção variado para a cultura do milho em Arapiraca, AL.

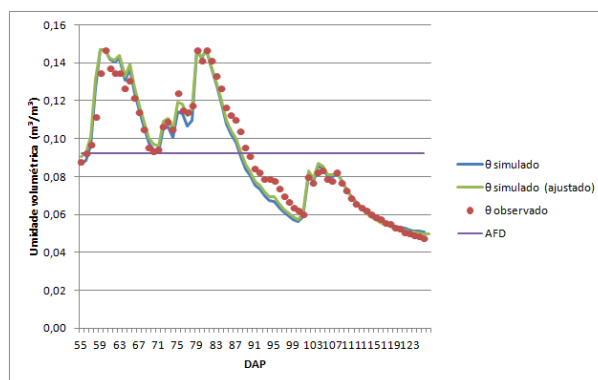


Figura 2. Umidade volumétrica observada e simulada com e sem ajuste para a cultura do milho em Arapiraca, AL após o sistema radicular atingir 0,3 m de profundidade efetiva e limite da água facilmente disponível (AFD).

Apesar do incremento do índice de Nash (0,957), que indica a exatidão das estimativas do modelo, ter sido insignificante, após o ajuste, ele apresentou valor elevado (Tabela 1). O erro médio (RMSE) produzido pelo método, mesmo indicando valor baixo na estimativa do erro, reduziu 0,58 % após ajuste dos coeficientes da cultura. A análise estatística indicou aumento do coeficiente de determinação (r^2) após o ajuste, que pode ser observado no gráfico de dispersão, onde os dados seguem a tendência da reta 1:1 (Figura 3).

Tabela 1. Análise estatística dados estimados de umidade volumétrica.

Modelo	Parâmetros	a	b	Índice de Nash	r^2	RMSE (m ³ /m ³)	RMSE (%)
Thornthwaite s/ ajuste		-0,003	1,01	0,957	0,965	0,006	6,51
Thornthwaite c/ ajuste		-0,004	1,04	0,965	0,970	0,005	5,93

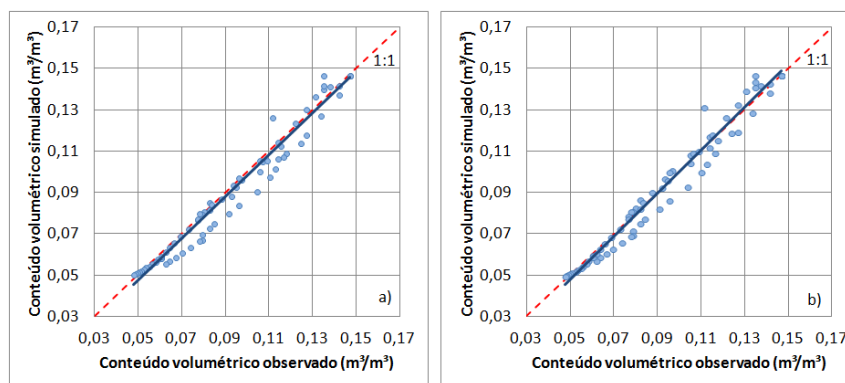


Figura 3. Regressão linear entre os valores estimados e observados do conteúdo volumétrico de água no solo antes (a) e depois do ajuste (b) do modelo em cultivo de milho no município de Arapiraca, AL.

CONCLUSÕES

O BHS de Thornthwaite e Mather (1995) adaptado ao cultivo de milho apresenta estimativas precisas e exatas do conteúdo volumétrico de água no solo. Deve-se ajustar os coeficientes da cultura em função da diversidade edafoclimática de cada região e das características de diferentes variedades ou cultivares.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão de bolsa de mestrado (Thaís F. Furtado). Ao programa de Pós-graduação em Engenharia de Biosistemas PGEB-UFF.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. In: United Nations FAO, **Irrigation and Drainage paper 56**. Rome, Italy: Ed. FAO, 1998.

CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Ed. Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 518 p.

HASTING, W. K. Monte Carlo Sampling methods using Markov chains and their applications. **Biometrika**, v. 57, n 1, p. 97-109, 1970.

LYRA, G. B.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; SANTOS, M. A. Balanço sequencial de água no solo para o manejo da irrigação de baixa frequência e alta intensidade na cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 28, p. 30 - 33, 2010.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. New Jersey: Ed. Drexel Institute os Technology, publications in climatology, 1955. 104 p.

SIMULAÇÕES NUMÉRICAS DE PRECIPITAÇÃO COM O MODELO ETA/CPTEC PARA O RIO DE JANEIRO

Fernanda da Silva Pinheiro¹, Gustavo Bastos Lyra², Ednaldo Oliveira dos Santos³, Henderson Silva Wanderely⁴

¹Eng. Florestal, estudante de graduação, UFRRJ, Seropédica – RJ, nandaah_pinheirooh@hotmail.com

²Meteorologista, Prof., Departamento de Ciências Ambientais, UFRRJ, Seropédica – RJ, gblyra@gmail.com

³Meteorologista, Prof., Departamento de Ciências Ambientais, UFRRJ, Seropédica – RJ, edmeteoro@ufrj.br

⁴Meteorologista, Prof., Departamento de Ciências Ambientais, UFRRJ, Seropédica – RJ, henderson@ufrj.br

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi avaliar as simulações de precipitação do modelo regional ETA/CPTEC em relação aos dados observados para o estado do Rio de Janeiro (RJ) entre os anos de 1961 a 1990. As séries climáticas de precipitação observadas foram obtidas nas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizadas no RJ. As séries simuladas foram extraídas dos pontos de grade mais próximos das longitudes e latitudes das estações meteorológicas com auxílio do aplicativo *Meteoinfo*. Para tanto, considerou-se 12 estações meteorológicas para análise da precipitação. Aplicou-se nas avaliações do desempenho das simulações a regressão linear simples entre os dados observados (X) e simulados (Y), sendo determinado o coeficiente de determinação (r^2), o índice de concordância de Willmott (d), índice de confiança de Camargo e Sentelhas (c) e Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME). Observou-se que as simulações para precipitação foram imprecisas ($r^2 < 0,33$) e com desempenho ($c < 0,43$) considerados “péssimo” ou “mau”.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Séries temporais, qualidade de dados, modelo climático ETA.

PRECIPITATION NUMERICAL SIMULATIONS THROUGH ETA/CPTEC MODEL IN RIO DE JANEIRO

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the precipitation simulations of the regional ETA/CPTEC model in relation to the data observed for Rio de Janeiro state (RJ) between 1961 to 1990. The precipitation series observed were obtained in the stations of National Meteorological Institute (INMET). The simulated series were extracted from grid points closest to longitudes and latitudes of meteorological stations supported by the *Meteoinfo* application. Thus, 12 meteorological stations were considered for precipitation analysis. The simple linear regression between the observed (X) and simulated (Y) data was applied in the simulation performance evaluations, determining the coefficient of determination (r^2), Willmott's concordance index (d), confidence index Camargo and Sentelhas (c) and Root Mean Square Error (RMSE). It was observed that the simulations for precipitation were imprecise ($r^2 < 0.33$) and with performance ($c < 0.43$) considered as "poor" or "bad".

KEY-WORDS: Time series analyses, data quality, ETA climate model.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, observou-se aumento de diversos eventos extremos, como por exemplo: secas, enchentes, ondas de calor e de frio, entre outros (IPCC, 2001), os quais têm o potencial de afetar diretamente a vida de muitas pessoas. Os impactos gerados por esses eventos podem ocasionar enormes alterações na biodiversidade, aumento do nível do mar, influências na saúde, agricultura e perdas econômicas e de vidas (MARENGO e VALVERDE, 2007).

Pela necessidade da avaliação destes fenômenos em grandes áreas e com poucas medidas de elementos climáticos (por exemplo, precipitação e temperatura do ar), muitas pesquisas utilizam modelos regionais, em particular o ETA/CPTEC, por apresentarem simulações realísticas das variáveis meteorológicas em escalas sazonais e intrasazonais (ALVES *et al.*, 2000). Esses modelos permitem, além de estudar o cenário climático atual, realizar previsões para avaliação dos cenários futuros de clima.

O objetivo do trabalho foi avaliar as simulações numéricas de precipitação do modelo ETA/CPTEC comparando-as com dados observados no período de 1961 a 1990, para caracterizar o cenário climático atual no estado do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

As séries climáticas de precipitação foram obtidas entre os anos de 1961-1990, para o estado do Rio de Janeiro (latitudes 20° 45' e 23° 21' S; longitudes 40° 57' e 44° 53' W), por meio da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As projeções dos dados meteorológicos para o clima atual, compreendido entre 1961 a 1990, e futuro, entre os anos de 2070 a 2100, foram geradas pelo modelo climático regional ETA-CPTEC/INPE, a partir das condições de fronteira do modelo global HadCM3, fornecidas pelo *Metoffice Hadley Centre* (MOHC) do Reino Unido. O modelo ETA apresenta uma resolução espacial de 40 km, onde foi utilizado o cenário de emissões A1B (IPCC, 2007) para realizações de suas projeções.

Os dados simulados foram obtidos com auxílio do programa *MeteoInfo*, com a utilização da longitude e latitude mais próxima das estações onde foram observados os dados de precipitação (MOURA *et al.*, 2010). Após a realização da qualidade dos dados e da simulação dos dados, foram consideradas 12 estações pluviométricas.

Na Figura 1 encontram-se os pontos de grade mais próximos das estações de superfície do INMET.

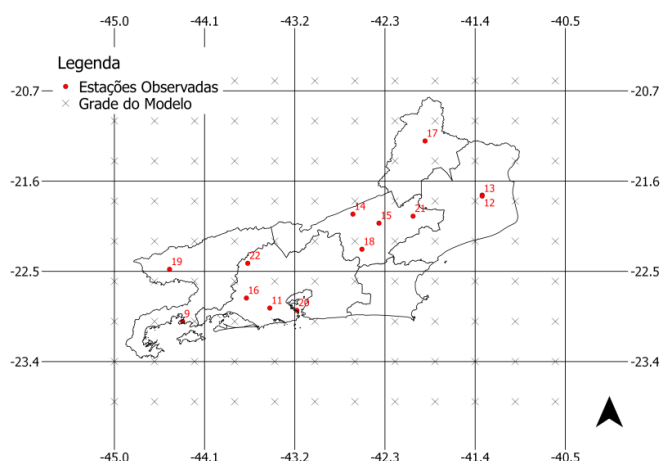


Figura 1. Mapa das estações meteorológicas usadas no estudo contendo os pontos de grade do modelo ETA/CPETC no estado do Rio de Janeiro.

Em seguida foi ajustada uma regressão linear simples ($Y = \beta_0 + \beta_1 X$) entre os dados observados (X) e simulados (Y), para o cálculo do coeficiente de determinação (r^2), da Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME), coeficiente angular “a”, coeficiente linear “b” da regressão, índice de concordância de Willmott “d” e índice de desempenho “c” de Camargo e Sentelhas, para se avaliar o desempenho das simulações.

O coeficiente de determinação (r^2) e o índice de concordância (d) são parâmetros que quanto mais próximo do valor 1, mais preciso e exato, respectivamente, serão as simulações, enquanto que RQME considera que se o valor for 0, representará uma previsão ideal. O índice de desempenho (c) utiliza-se dos índices de precisão (r) e exatidão (d) para avaliar o desempenho dos métodos utilizados (CAMARGO e SENTELHAS, 1997).

Os parâmetros de avaliação do desempenho de modelos no tocante ao índice de desempenho estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise do modelo com base no índice de desempenho.

Valor de c	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sufrível
0,41 a 0,50	Mau
= 0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações de precipitação pelo modelo ETA/CPTEC em relação aos dados observados apresentaram baixa precisão, com valores de r^2 entre 0,05 (Rio de Janeiro) a 0,32 (Vassouras). O RMSE (mm) variou entre 76,25 (Ecologia Agrícola) e 133,40 mm (Bangu), enquanto que o coeficiente de concordância de Willmontt (d) ficou entre 0,16 (Bangu) e 0,74 (Vassouras). Já o índice de desempenho teve variação de 0,07 a 0,42, indicando desempenhos de mau a péssimo (Tabela 1).

Ressalta-se que o RMSE (%) em relação à média da precipitação mostrou erros superiores a 100 %. Esses índices indicaram que a exatidão e a precisão das simulações foram baixas, e que precisam ser corrigidas.

Na Figura 2 encontram-se as séries de dados de precipitação das estações que apresentaram o pior e melhor desempenho, respectivamente, Vassouras e Bangu. A série da estação de Bangu encontrou-se mais dispersa em relação à série da estação de Vassouras, o que significou que a precisão entre os dados simulados e observados foi menor para estação de Bangu. Em Vassouras, o modelo apresentou tendência de subestimar (superestimar) valores de chuva superiores (inferiores) a aproximadamente 150 mm.

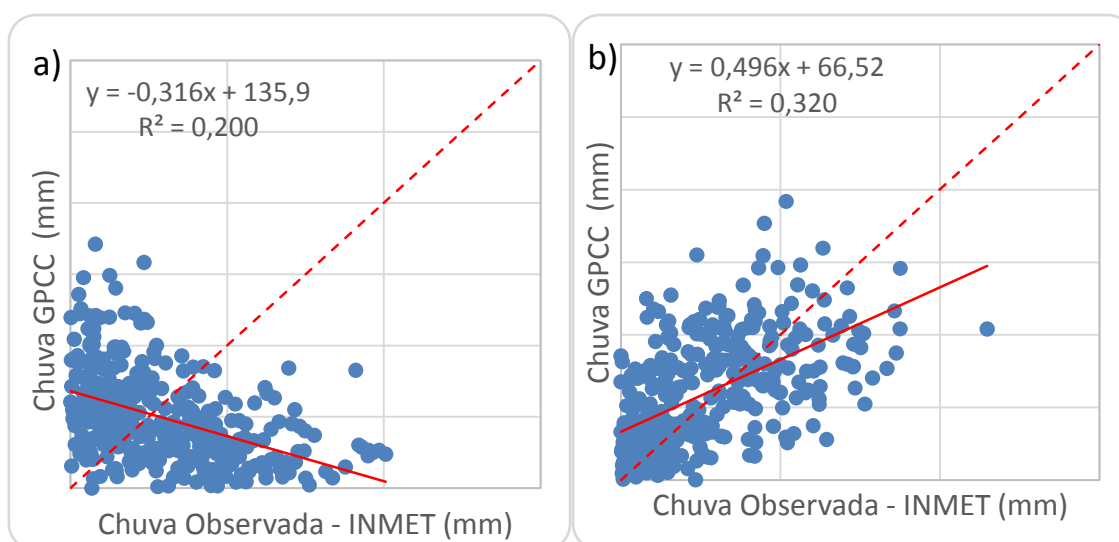


Figura 2. Dispersão das séries de precipitação das estações de Bangu (a) e Vassouras (b).

CONCLUSÕES

As considerações finais obtidas deste estudo foram:

- As simulações de precipitação realizadas para as estações não demonstram estimativas precisas e exatas, em todas as estações analisadas.
- É necessário realizar correções nas simulações de precipitação para que as simulações do modelo possam ser usadas em estudos climáticos regionais, como por exemplo, os relacionados a desertificação, secas ou enchentes.

AGRADECIMENTOS

A FAPERJ (processo E_26/110.126/2014) pelo aporte financeiro para o desenvolvimento do Projeto e ao CNPq pela concessão de bolsa de IC (Fernanda S. Pinheiro).

REFERÊNCIAS

ALVES, L. M.; MELO, A. B. C.; CHOU, S-C.; NOBRE, P. Estudo comparativo entre a precipitação sazonal simulada pelo modelo Eta e observada sobre o Brasil. **Proc. XI Cong. Bras. de Meteorologia, Rio de Janeiro, Brasil(in CDROM)**, 2000.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group II Report.** Cambridge Univ. Press. 2001. 86pp.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007.** Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2007. v.1: The physical science basis; v. II: Impacts, adaptation and vulnerability; v.III: Mitigation of climate change.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 5-28, 2007.

MOURA, R. G.; HERDIES, D. L.; MENDES, D.; MENDES, M. C. D. Avaliação do modelo regional ETA utilizando as análises do CPTEC e NCEP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 46-53, 2010.

INFLUÊNCIA DAS ANOMALIAS DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR SOBRE RESERVATÓRIOS DO NORDESTE

Luanny Gabriele Cunha Ferreira¹, Alexandre Kemenes²

¹Graduanda em Agronomia, Universidade Estadual do Piauí, Parnaíba, Piauí, luanny_cunha@yahoo.com;

² Pesquisador A, Embrapa Meio-Norte, Parnaíba, Piauí, alexandre.kemenes@embrapa.br

RESUMO: Atualmente, as anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM), responsáveis pelos eventos climáticos extremos, têm se mostrado a cada ano mais intensas, alterando o equilíbrio do clima, podendo influenciar na quantidade de água acumulada nos grandes reservatórios, no abastecimento das cidades e em diversas atividades produtivas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das anomalias de TSM sobre o volume de água de alguns reservatórios do Nordeste. Foram avaliados 26 reservatórios, distribuídos por seis estados do Nordeste do Brasil (Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Bahia). Os volumes de água foram obtidos no site do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), a partir de dados armazenados ao longo de 17 anos. As anomalias de TSM, no Oceano Pacífico Equatorial (El Niño nas regiões: 1+2, 3, 3.4 e 4) e no Oceano Atlântico Tropical [TNAI (Índice do Atlântico Norte Tropical) e TSAI (Índice do Atlântico Sul Tropical)], foram obtidas no site da NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration). Através da correlação estatística de *Pearson* foi constatado que o aumento da temperatura do Atlântico Norte e Sul e do Pacífico Sul gera um aumento no volume de água dos reservatórios de Orós (Ceará), Poço da Cruz (Pernambuco), Rosário (Pernambuco), Pentecoste (Ceará) e Mãe Água (Paraíba). A diversidade de sistemas climáticos que favorecem as chuvas do Nordeste pode estar tornando a influência dos eventos climáticos extremos indiretos sobre os reservatórios estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Efeitos do clima, parâmetros hidrológicos e ambientais, anormalidades de TSM, eventos climáticos extremos.

INFLUENCE OF SEA SURFACE TEMPERATURE ANOMALIES ON NORTHEAST RESERVOIRS

ABSTRACT: Currently, sea surface temperature anomalies (SST), responsible for extreme weather events, have been shown to be more intense each year, altering the climate balance, influencing the amount of water accumulated in large reservoirs, supplying cities and productive activities. The objective of this study was to evaluate the influence of SST anomalies on the water volume of some reservoirs in the Northeast. Twenty-six reservoirs were evaluated, distributed in six states of Northeast Brazil (Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte and Bahia). The volumes of water were obtained from the DNOCS (National Department of Drought Works) website, based on data stored over 17 years. The SST anomalies in the Equatorial Pacific Ocean (El Niño in the regions: 1 + 2, 3, 3.4 and 4) and in the Tropical Atlantic Ocean (TNAI) and TSAI (Tropical South Atlantic Index) were obtained from the NOAA website (National Oceanic & Atmospheric Administration). The Pearson statistical correlation showed that the increase in the temperature of the North and South Atlantic and the South Pacific generates an increase in the water volume of the reservoirs of Orós (Ceará), Poço da Cruz (Pernambuco), Rosário (Pernambuco), Pentecoste (Ceará) and Mãe Água (Paraíba). The diversity of climatic systems favoring rainfall in the Northeast may be making the influence of indirect extreme climatic events on the studied reservoirs.

KEY WORDS: Effects of climate, hydrological and environmental parameters, SST abnormalities, extreme climatic events.

INTRODUÇÃO

A construção de reservatórios é uma das práticas humanas que mais impactam os ecossistemas naturais, sendo realizada pelo homem desde tempos remotos. Atualmente, existe a ocorrência de eventos climáticos extremos que podem estar afetando o abastecimento de água de reservatórios (SANTOS; MANZI, 2011). Já é bem conhecido que, num intervalo variável de anos, o aquecimento anômalo das águas do Oceano Pacífico Sul provoca o fenômeno do El Niño. Outro fenômeno extremo, menos conhecido, é o resultado do aquecimento das águas superficiais dos Oceanos Atlântico Norte (TNAI) e Sul (TSAI). Associado a esses fenômenos, podem ocorrer secas no Norte e Nordeste do Brasil (KEMENES et al., 2012). A pluviosidade tem se mostrado pouco previsível e a magnitude de água necessária para manter os reservatórios atendendo a demanda da sociedade não vem sendo atendida (KEMENES et al., 2015). Os pesquisadores atribuem estes eventos extremos às variações interanuais do aquecimento das águas superficiais dos oceanos Atlântico e Pacífico (MORAES; BARBOSA; ARAÚJO, 2007; SANTOS; MANZI, 2011; SILVA et al., 2011), sendo esses um dos primeiros indícios das mudanças climáticas (IPCC, 2007). O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das anomalias de TSM (El Niño, TSAI, TNAI) sobre o volume de água de reservatórios do Nordeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo: Foram avaliados 26 reservatórios em seis estados da região Nordeste Brasil (Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Bahia), sendo selecionados cinco reservatórios para cada um destes estados, exceto na Bahia com apenas um reservatório estudado (Figura 1). A escolha dos reservatórios se deve a sua distribuição espacial e a disponibilidade de dados de médias mensais do volume total dos reservatórios, de 1998 a 2015, no site do Departamento de Obra Contra as Secas (DNOCS) (www.dnocs.gov.br). As médias mensais das anomalias da Temperatura do Mar (TSM), das regiões de El Niño (1+2, 3, 3.4 e 4) no Oceano Pacífico Equatorial, e das regiões do Atlântico Norte (TNAI) e Atlântico Sul (TSAI) no Oceano Atlântico Tropical, foram obtidas no site da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (www.noaa.gov). No site da NOAA, as anomalias de temperatura no Oceano Pacífico relacionadas com o El Niño estão localizadas geograficamente, Niño 1+2 (0-10°S; 90°W-80°W), Niño 3 (5°N-5°S; 150°W-90°W), Niño 3.4 (5°N-5°S; 170°W-120°W) e Niño 4 (5°N-5°S; 160°E-150°W).

O volume dos reservatórios está correlacionado aos valores de TSM por meio da Correlação de Pearson (ρ), buscando avaliar o grau de significância estatística entre os parâmetros. Foi considerado $\rho > 0,5$ ou $\rho < - 0,5$ uma forte correlação; para $- 0,5 < \rho < - 0,3$ ou $0,5 > \rho > 0,3$ uma correlação moderada; e $\rho < 0,3$ e $\rho > - 0,3$ uma correlação fraca ou nula. Buscando avaliar se as correlações são estatisticamente significativas ao nível de 5% ($p < 0,05$) foi realizado o teste-t (SNEATH; SOKAL, 1973).



Figura 1. Localização geográfica dos reservatórios em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos resultados significativos correlacionando as médias mensais das anomalias de TSM, das regiões de Niño 1+2, 3, 3.4 e 4, no Oceano Pacífico Equatorial e das regiões TNAI e TSAI no Oceano Atlântico, com a média do volume mensal de água dos reservatórios do Nordeste (**Tabela 1**). A correlação que mostrou a melhor relação estatística foi da região TNAI sobre o volume do reservatório Várzea Boi, indicando que o aumento de temperatura do Atlântico Norte influi positivamente no volume de água deste reservatório. Os índices do Niño 4 afetaram positivamente Pentecoste, Mãe Água, e negativamente Castanhão. O volume dos reservatórios Orós, Boqueirão, Barreiras, Várzea Boi, Sumé, Mãe Água e Poço da Cruz foram afetados positivamente pelo TNAI. Os índices de TSAI influenciaram positivamente no volume de água dos reservatórios de Entremontes, Rosário e Cachoeira II e negativamente em Riacho do Paulo. Pentecoste foi afetado positivamente por três regiões do Niño, 3, 3.4 e 4. O volume dos reservatórios localizados no Rio Grande do Norte e no Piauí apresentaram correlações significativas fracas em relação às anomalias de TSM. Nenhum dos reservatórios estudados mostrou correlações significativas com a região do Niño 1+2.

Os valores negativos das anomalias indicam uma relação inversa entre a mudança de temperatura dos oceanos e o volume de água dos reservatórios Castanhão e Riacho do Paulo. Alguns estudos encontraram que o aumento da temperatura do Atlântico Norte (TNAI) e do Pacífico Sul, resultam na diminuição da precipitação na região (MORAES; BARBOSA; ARAÚJO, 2007; SANTOS; MANZI, 2011; SILVA et al., 2011). A relação negativa entre os índices de TSM e volume do reservatório pode ser considerado um resultado confiável, pelas informações atuais dos eventos extremos (KEMENES et al., 2015). Entretanto, foi encontrado um número significativo de correlações positivas, indicando que o aumento da temperatura do Atlântico Norte e Sul e do Pacífico Sul gera um aumento no volume de água dos reservatórios. A diversidade de sistemas climáticos que favorecem as chuvas no Nordeste pode estar

tornando a influência dos eventos climáticos extremos indiretos sobre os reservatórios estudados, mascarando os resultados encontrados e dificultando a interpretação das análises estatísticas (KEMENES et al., 2015). Segundo Moscati e Gan (2007), a ocorrência da precipitação, no Nordeste, pode estar ligada a dois ou mais eventos climáticos, simultaneamente.

Tabela 1. Coeficiente de correlação de *Pearson* entre as anomalias de TSM e o volume de água dos reservatórios em estudo. Em negrito, são as correlações estatisticamente significativas ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Reservatório	Volume mínimo (m ³)	Volume Máximo (m ³)	Coeficiente de Pearson					
			El Niño (°C)				Temperatura Atlântico (°C)	
			1+2	3	4	3.4	TNAI	TSAI
1	25,6	54,4	0,03	0,07	0,01	0,03	-0,14	0,19
2	3,25	39,3	-0,03	0,09	0,16	0,14	0,36	0,00
3	0,33	3,86	0,12	0,02	-0,22	-0,10	0,13	0,18
4	15,1	386	0,16	0,14	0,21	0,19	0,28	0,15
5	16,6	95,6	0,04	0,14	0,13	0,18	0,24	0,17
6	32,7	395	0,18	0,38	0,49	0,44	0,19	0,17
7	81,6	548	-0,06	0,00	0,07	0,04	-0,02	0,05
8	0,75	51,8	-0,01	0,13	0,22	0,18	0,54	-0,11
9	857	1413	0,05	0,03	-0,08	0,00	0,33	0,07
10	235	6330	-0,12	-0,19	-0,38	-0,26	0,28	0,06
11	944	76,3	0,02	0,14	0,09	0,14	0,28	-0,04
12	2,34	35,2	-0,03	0,02	-0,11	-0,01	0,08	0,08
13	0,83	44,6	0,10	0,12	-0,03	0,07	0,24	0,09
14	6,21	81,4	0,12	0,16	0,02	0,11	0,28	0,12
15	1,12	65,3	0,11	0,20	0,16	0,20	0,24	0,09
16	4,25	44,6	-0,14	-0,12	-0,16	-0,12	0,10	0,14
17	43,8	216	0,11	0,27	0,24	0,27	0,26	0,08
18	314	1360	0,06	0,24	0,32	0,25	0,30	0,00
19	0,27	44,8	0,11	0,09	-0,02	0,05	0,40	0,16
20	75,6	433	-0,05	0,03	0,05	0,07	0,41	0,00
21	13,4	229	0,03	-0,01	-0,08	-0,04	-0,02	0,37
22	1,26	21,5	0,28	0,16	-0,02	0,07	0,00	0,34
23	42,2	402	0,01	-0,08	-0,26	-0,13	0,14	0,25
24	1,39	35,1	0,17	0,01	-0,29	-0,10	0,11	0,38
25	15	510	0,07	0,19	0,19	0,22	0,42	0,14
26	1,18	24,7	-0,14	-0,04	0,05	0,00	-0,07	-0,37

CONCLUSÕES

Em sete dos reservatórios estudados, quando o Atlântico Norte esteve mais aquecido (TNAI positivo) os níveis dos reservatórios aumentaram; para três reservatórios, quando o Atlântico Sul se aqueceu (TSAI positivo) ocorreu um aumento do volume de água. A falta de correlação estatística significativa para alguns reservatórios, assim como, as poucas relações estatísticas inversamente proporcionais, foram resultados pouco esperados. Diversas atividades humanas podem estar influenciando de forma significativa junto ao volume de água dos reservatórios, como o uso da água por cidades e por sistemas produtivos diversos, e devem ser melhor avaliadas. Além disso, os sistemas climáticos que favorecem as precipitações sobre o Nordeste são diversos. Sendo assim, não é possível associar o volume dos reservatórios apenas aos eventos de TSM. No entanto, estes podem ter influências importantes neste funcionamento e devem ser melhor investigados.

REFERÊNCIAS

IPCC, Climate Change 2007: **Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 2007.

KEMENES, A.; SANTOS, C . A . C. dos; SATYAMURTY, P. A Influência de Eventos Climáticos Extremos na Atividade de Hidrelétricas Amazônicas. **Ciência Hoje**, v. 50, p. 36-41, 2012.

KEMENES, A.; PEREIRA L. A.; SANTOS, C. A. C. A Influência de Eventos Climáticos Extremos na Atividade de Hidrelétricas do Norte e Nordeste. **Anais IV Simpósio de Mudanças Globais e Desertificação no Semiárido Brasileiro**, 2015.

MOSCATI, M. C. L.; GAN, M. A. Rainfall variability in the rainy season of semiarid zone of Northeast Brazil (NEB) and its relation to wind regime. **International Journal of Climatology**, n. 27, p. 493-512, 2007.

MORAES, J. M. N; BARBOSA, M. P; ARAUJO, A. E. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do Semi-árido Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande- PB, v.11, n.1, p. 61–66, nov. 2007.

SANTOS, C. A. C; MANZI, A. O. Eventos Extremos de precipitação no Estado do Ceará e suas relações com a Temperatura dos Oceanos Tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.1, p. 157 - 165, 2011.

SILVA, A. P. N. et al. Correlação entre as Temperaturas da Superfície do Mar e a quantidade da Precipitação na estação chuvosa no Nordeste do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.26, n.1, p. 149 - 156, jun. 2011.

SNEATH, P. H. A.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**. San Francisco: W. H. Freeman, p. 573, 1973.

ESTUDO DA PLUVIOMETRIA ANUAL EM SÃO BENTO DO UNA – PE, BRASIL

Mirella Alexandre Viana¹ Maria Carolina da Silva² Raimundo Mainar de Medeiros³
João Guilherme Ferreira Silva⁴ Romildo Morant de Holanda⁵

1 Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mirellaviana@hotmail.com; 2 Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mcskrol@gmail.com; 3 Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; 4 Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: ferreira.joaoguilherme@yahoo.com.br. 5 Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE, e-mail: romildomorant@gmail.com.

RESUMO: O estudo sobre as variáveis climáticas, em clima semiárido, especificamente no município de São Bento do Una localizado no agreste pernambucano. Os dados pluviométricos foram adquiridos da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC) compreendido entre os anos de 1920 a 2016. Utilizou-se de cálculos simplificados estatisticamente para definir, média, desvio padrão, coeficiente de variância, máximos e mínimos valores absolutos ocorridos, definiu-se a quadra chuvosa e seca. Os meses de fevereiro a julho contribuem com 75% dos índices anuais de precipitação o que equivale a 452,5 mm ou 452,5m³ de água que deveriam ser armazenados pelo sistema de captação de água de chuva. Nos meses de agosto a janeiro tem-se 25% dos índices anuais de precipitação. Destacam-se os anos de 1940 com 1000 mm, 1969 com aproximadamente 1100 mm, 1986 e 2010 próximo aos 1000 mm, os anos de 1930 e 1935 com aproximadamente 300 mm, 1998 com 250 mm e 2012 e 2016 como atípicos e chuvas abaixo da normal. Verificou-se grande necessidade de políticas e planos de captação e aproveitamento das águas das chuvas e também faz-se necessário aprofundar os estudos da distribuição pluviométrica de São Bento do Una para auxiliar medidas preventivas contra as secas, armazenamento de água para sobrevivência humana e animal, planejamento agropecuário e agricultura familiar.

PALAVRAS-CHAVE: regime pluviométrico, disponibilidade hídrica, variáveis climáticas

STUDY OF THE ANNUAL PLUVIOMETRY IN SÃO BENTO DO UNA - PE, BRAZIL

ABSTRACT: Study on climatic variables in a semi-arid climate, specifically in the municipality of São Bento do Una, located in the harsh climate region of Pernambuco. The pluviometric data were obtained from the Northeast Development Superintendency (SUDENE) and the Pernambuco State Water and Climate Agency (APAC) from 1920 to 2016. Statistically simplified calculations were used to define mean, standard deviation, coefficient of variance, maximum and minimum absolute values occurred, the rainy and dry block was defined. The months from February to July contribute with 75% of the annual indexes of precipitation, which is equivalent to 452.5 mm or 452.5m³ of water that should be stored by the rainwater harvesting system. In the months of August to January there are 25% of the annual rainfall indexes. It is highlighted that the

years of 1940 with 1000 mm, 1969 with approximately 1100 mm, 1986 and 2010 with nearly 1000 mm, 1930 and 1935 with approximately 300 mm, 1998 with 250 mm, 2012 and 2016 are atypical and rains below the normal. It was verified through this study that there is still a great need of policies and plans for the capture and use of rainwater and also it is necessary to deepen the studies of the pluviometric distribution of São Bento do Una to help preventive measures against droughts, storage of water for human and animal survival, agricultural planning and family farming.

KEY-WORDS: pluviometric regime, water availability, climatic variables

INTRODUÇÃO

De acordo com o IPCC (2007) e TAMMETS et al (2013) a precipitação pluvial é a variável climática de grande importância e com maior variabilidade espaço-temporal. Por essa razão, o estudo de eventos extremos de precipitação diária máxima anual está relacionado com danos severos a diversas atividades humanas em quase todas as regiões do mundo, devido ao seu potencial em causar saturação hídrica do solo, escoamento superficial, erosão e perda de vidas humanas.

O objetivo deste trabalho foi estudar as variáveis climáticas do município de São Bento do Una no semiárido pernambucano a partir da identificação de conhecimentos sobre a disponibilidade hídrica da região através da verificação de padrões de chuvas. Dessa forma pretende-se contribuir para o uso mais eficiente dos recursos naturais locais e assim ajudar no melhoramento do rendimento das pequenas culturas a partir da identificação dos regimes pluviométricos da região.

MATERIAL E MÉTODOS

São Bento do Una localiza-se na mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Belo Jardim, a sul com Jucati, Jupi e Lajedo, a leste com Cachoeirinha, e a oeste com Capoeiras, Sanharó e Pesqueira.



Figura 1. Localização do município de São Bento do Una no estado do Pernambuco.

A área municipal ocupa 719,15 km² e representa 0.72 % do Estado de Pernambuco. A sede do município tem altitude de 614 metros e coordenadas geográficas de 08°31'22" de latitude sul e 36°06'40" de longitude oeste. Com população estimada de 58.251 habitantes e com densidade demográfica de 74,03 hab/km² e segundo a classificação climática por Köppen (1928), São Bento do Una tem o clima AS Tropical Chuvoso com verão seco e esta classificada de acordo com Alvares et al (2014) e com Medeiros (2016).

A quadra chuvosa se inicia em fevereiro com chuvas de pré-estação (chuvas que ocorrem antes da quadra chuvosa) com seu término ocorrendo no final do mês de agosto e podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro. O trimestre chuvoso centra-se nos meses de abril, maio e junho e os seus meses secos ocorrem entre outubro, novembro e dezembro. Os fatores provocadores de chuvas na área da municipal são as contribuições da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formação dos vórtices ciclônicos de altos níveis (FVCAN), contribuição dos ventos alísios de nordeste no transporte de vapor e umidade nos quais condensam e formam nuvens provocando chuvas de moderadas a fortes, formação de linhas de instabilidade, orografia, troca de calor e suas contribuições locais e regionais segundo Medeiros (2016).

Os dados pluviométricos foram adquiridos da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC) compreendido entre os anos de 1920 a 2016. Utilizou-se de cálculos simplificados estatisticamente para definir, média, desvio padrão, coeficiente de variância, máximos e mínimos valores absolutos ocorridos, definiu-se a quadra chuvosa e seca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A instabilidade no regime pluviométrico devido à escassez cíclica de chuvas, má distribuição temporal e espacial se constitui em importante definidor da produção agropecuária, socioeconômico, avícola entre tantos outros ocorridos no Estado, afetando o rendimento das culturas, sobretudo aquelas cultivadas pelos agricultores familiares, que tem à sua disposição poucos recursos tecnológicos e, por isso, são dependentes das oscilações e do volume da precipitação de chuvas. Essas culturas são afetadas bastante também por oscilações do regime pluviométrico em torno dos valores adequados para cada uma delas. Volumes de chuvas abaixo e acima desses limites causam problemas de queda de rendimento das lavouras, sobretudo as alimentares cultivadas, em grande parte.

A figura 1 demonstra a variabilidade pluvial e seus percentuais referentes aos anuais. Os meses de fevereiro a julho contribuem com 75% dos índices anuais de precipitação o que equivale a 452,5 mm de água que deveriam ser armazenados pelo sistema de captação de água de chuva. Nos meses de agosto a janeiro tem-se 25% dos índices anuais de precipitação, porém para o sistema de captação de água de chuva se tornar viável é necessário que se mantenha o sistema limpo e preparado para captação destes índices que ocorrem isoladamente ora em forma de chuvisco ou chuvas de intensidades moderadas a forte em curtos intervalos de tempo, que corresponde a um volume de 151,5 mm.

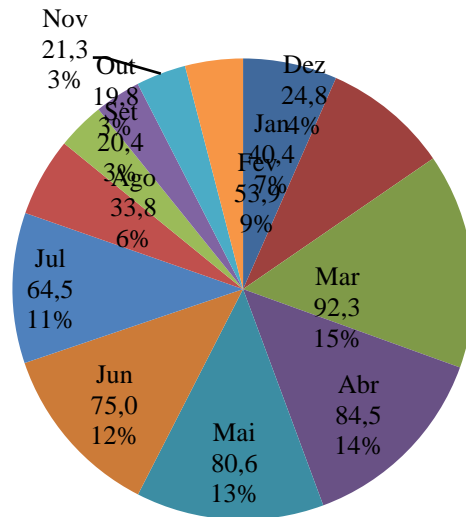


Figura 1. Distribuição pluviométrica histórica e seu percentual mensal do período de 1920 a 2016 no município de São Bento do Una – PE.

Estudar variáveis climáticas em clima semiárido é tarefa que demanda muito trabalho. Isso se deve a baixa periodicidade dos fenômenos climáticos e a má distribuição das chuvas, seja temporal ou espacialmente, que ocorrem nessas regiões.

As variabilidades pluviométricas interanuais são irregulares. Destacam-se os anos de 1940 com 1000 mm, 1969 com aproximadamente 1100 mm, 1986 e 2010 próximo aos 1000 mm, os anos de 1930 e 1935 com aproximadamente 300 mm, 1998 com 250 mm e 2012 e 2016 como atípicos e chuvas abaixo da normal (Figura 2).

Há estudos relacionados que estão de acordo com Holanda et al (2016), demonstrando que os fenômenos de meso, micro escala e as contribuições locais são favoráveis as variabilidades pluviárias.

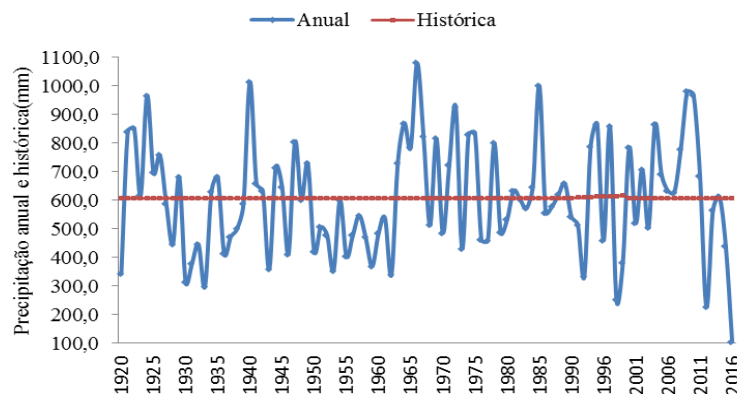


Figura 2. Variabilidade anual da precipitação e histórica no período de 1920 a 2016 para o município de São Bento do Una.

CONCLUSÕES

Há a necessidade de políticas e planos de captação e aproveitamento das águas das chuvas, além do uso mais eficiente dos demais recursos naturais da região, para que o desenvolvimento socioeconômico não seja limitado pela disponibilidade hídrica.

Faz-se necessário a realização de mais estudos sobre a distribuição pluviométrica da região Nordeste do Brasil e em especial da região de São Bento do

Una, visando à identificação de padrões de chuvas, medidas preventivas contra as secas e armazenamento de água para sobrevivência humana e animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.
- APAC. **Agência Pernambucana de água e clima**. 2016.
- HOLANDA, R.M.; MEDEIROS, R.M.; SILVA, V.P.R. Recife-PE, **Brasil e suas flutuabilidades da precipitação decadal**. Natureza, Sociobiodiversidade e Sustentabilidade, 26 a 29 de outubro, 2016. Universidade Nacional, Sede Chorotega Nicoya, Costa Rica. P.230-245. 2016.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE **Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, edited by S. Solomon et al., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 2007.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. “**Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes”. Wall-map 150cmx200cm, 1928.
- MEDEIROS, R.M. **Classificação climática segundo modelo de Köppen para o estado de Pernambuco – Brasil**. 2016.
- TAMMETS, T; JAAGUS, J. Climatology of precipitation extremes in Estonia using the method of moving precipitation totals. **Theoretical and Applied Climatology** v.111, n. 3-4, p.623-639. 2013.

ÍNDICE SPI APLICADO AO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Marcelo Lima¹, Givanildo Gois², José Francisco de Oliveira-Júnior³

¹Graduando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, marceloufalicat@gmail.com; ² Professor, Faculdade de Tecnologia de Alagoas, Maceió, AL, givanildogois@gmail.com; ³ Professor, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, jose.junior@icat.ufal.br

RESUMO: O objetivo deste estudo foi identificar as regiões homogêneas pluviométricas e classificar os períodos secos e úmidos baseado no índice *Standardized Precipitation Index* (SPI) na escala mensal para o município do Rio de Janeiro (MRJ). Dados de chuva (mm) foram obtidos das estações pluviométricas do Sistema Alerta Rio entre 1997-2015. A análise de agrupamento (AA), o boxplot (estatística exploratória) e o índice SPI mensal foram calculados no software ambiente R versão 3.1.1. A técnica AA permitiu identificar quatro grupos homogêneos de chuva (G_1 , G_2 , G_3 e G_4) no MRJ. Os grupos G_1 a G_4 identificados no MRJ são formados devidos a influência dos sistemas meteorológicos que atuam na região Sudeste, seguido das características locais e a fisiografia (proximidade do ambiente costeiro e topografia complexa). A técnica *boxplot* permitiu identificar e classificar os meses em seco, chuvoso e super chuvosos no MRJ. Na avaliação temporal do índice SPI mensal para as estações avaliadas mostrou que no intervalo de 2005 a 2009 foram marcados pelas categorias muito seco e extremamente seco. As categorias moderadamente úmidas e moderadamente secas se sobressaem as demais categorias do índice SPI em todas as estações avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: Análise multivariada, Sistemas meteorológicos, Índice de seca, Estatística exploratória, Fisiografia, Topografia Complexa.

SPI INDEX APPLIED TO THE MUNICIPALITY OF RIO DE JANEIRO

ABSTRACT: The objective of this study was to identify the rainfall homogeneous regions and to classify the dry and wet periods based on the Standardized Precipitation Index (SPI) in the annual scale for Rio de Janeiro municipality (RJM). Rainfall data (mm) were obtained from rainfall stations of the Rio Alert System between 1997-2015. The cluster analysis (CA), the boxplot (exploratory statistics) and the monthly SPI index were calculated in the R environment software version 3.1.1. The CA technique allowed the identification of four group's homogeneous rainfall (G_1 , G_2 , G_3 and G_4) in MRJ. The groups G_1 to G_4 identified in the MRJ are formed due to the influence of the meteorological systems that act in the Southeast region, followed by the local characteristics and the physiography (proximity of the coastal environment and complex topography). The boxplot technique allowed identifying and classifying the dry, rainy and super rainy months in the MRJ. In the temporal evaluation of the annual SPI index for the stations evaluated showed that in the range of 2005 to 2009 were marked by very dry and extremely dry categories. The moderately wet and moderately dry categories stand out from the other categories of the SPI index in all evaluated stations.

KEY-WORDS: Multivariate analysis, Meteorological systems, Drought index, Exploratory Statistics, Physiography, Complex Topography.

INTRODUÇÃO

O município do Rio de Janeiro (MRJ) é uma região de destaque no país, não só por ter sido sede das Olimpíadas - 2016, seguido do maior destino turístico nacional e internacional. E, portanto o conhecimento da distribuição espaço-temporal da chuva e sua relação com períodos secos e úmidos são essenciais para o planejamento de políticas públicas. A chuva interfere na morfologia urbana nas áreas de florestal, recursos hídricos, drenagem urbana e planejamento urbano (DERECZYNSKI; OLIVEIRA, MACHADO, 2009; BRITO et al., 2016).

A presença dos maciços de Gericinó-Mendanha, da Tijuca e da Pedra Branca que compõem a MRJ oferece uma barreira ao deslocamento do ar nos níveis mais baixos da atmosfera, isso resulta em modificações na estrutura da circulação e nas próprias condições de tempo local ou em regiões adjacentes (ZERI; OLIVEIRA-JÚNIOR, LYRA, 2011). Os maciços juntamente com as Baías de Sepetiba e Guanabara interferem nos regimes de chuvas via as circulações de brisas de Baía (OLIVEIRA JÚNIOR; LYRA, SPERANDIO, 2015).

Os principais sistemas meteorológicos classificados como produtores e inibidores de chuva que atuam no Rio de Janeiro (RJ) são: os Sistemas Frontais (SF), os Sistemas convectivos de mesoescala (SCM), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), os Bloqueios Atmosféricos (BA), os sistemas de brisas, a chuva orográfica, as tempestades convectivas, entre outros (DERECZYNSKI; OLIVEIRA, MACHADO, 2009; CATALDI et al., 2010; ZERI; OLIVEIRA-JÚNIOR, LYRA, 2011; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2014).

A ZCAS e SF são principais sistemas que favorecem os episódios de enchentes e deslizamentos no MRJ (DERECZYNSKI; OLIVEIRA, MACHADO, 2009). Sobre a climatologia da chuva no MRJ existem poucas referências, a maior parte dos trabalhos foi desenvolvida nas décadas de 50 e 70, o logo após na década de 2000 (DERECZYNSKI; OLIVEIRA, MACHADO, 2009), porém nenhum trabalho voltado para identificação de regiões pluviométricas homogêneas e na caracterização de períodos úmidos e secos no MRJ com base no índice *Standardized Precipitation Index* (SPI). Portanto, os objetivos do estudo são: **i)** identificar as regiões homogêneas pluviométricas do MRJ, **ii)** caracterizar os períodos secos e úmidos do MRJ na escala mensal baseado no índice SPI.

MATERIAL E MÉTODOS

O MRJ está localizado entre as coordenadas 22°45'05"S e 23°04'10"S e os meridianos 43°06'30"W e 43°47'40"W, limitada ao norte (N) pelo Maciço Gericinó e Serra do Mendanha, ao sul (S) pelo Oceano Atlântico, a leste (E) pela Baía de Guanabara e a oeste (W) pela Baía de Sepetiba. Apresenta uma área de 1.200,179 km², sendo 67,6% de sua área urbanizada, onde residem 6.498.837 habitantes (ZERI; OLIVEIRA-JÚNIOR, LYRA, 2011). Sua topografia acidentado e extremamente heterogênea contribui para a alta variabilidade da chuva (Figura 1). A presença dos Maciços de Pedra Branca, Tijuca e Gericinó, que compõem a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), oferecem uma barreira ao deslocamento de ar nos níveis mais baixos da atmosfera e resultam em modificações na estrutura da circulação (PIMENTEL et al., 2014) (OLIVEIRA JÚNIOR; LYRA, SPERANDIO, 2015) e nas próprias condições de tempo local e/ou em regiões adjacentes, juntamente com as Baías de Sepetiba e Guanabara, que interferem nos regimes de chuva (MORAES; PIMENTEL, MARTON, 2005; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2014).

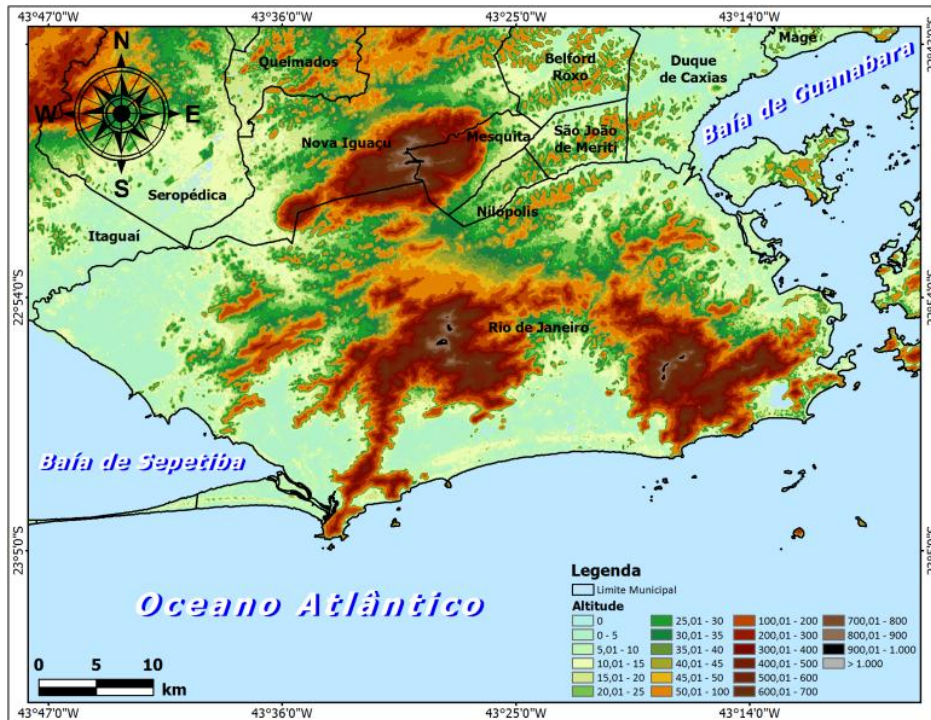


Figura 1. Município do Rio de Janeiro com sua respectiva hipsometria (m).

Fonte: Própria.

A técnica de análise de agrupamento (AA) foi aplicada a série pluviométrica das 27 estações do Sistema Alerta RJ (<http://alertario.rio.rj.gov.br/download/dados-pluviometricos/>) por meio do software ambiente R versão 3.1.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011), para a determinação dos respectivos números de grupos, o dendrograma e as frequências de ocorrências de casos. O número de grupos adotados e a estratificação das estações foram baseados no método hierárquico aglomerativo de Ward (1963) por meio da medida de dissimilaridade a distância Euclidiana (EVERITT; DUNN, 1991; LYRA, OLIVEIRA-JÚNIOR, ZERI, 2014).

A distância Euclidiana é dada pela equação abaixo:

$$d_E = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{kj})^2} \quad (1)$$

Em que, d_E é a distância Euclidiana; x_{ij} e x_{kj} são variáveis quantitativas j dos indivíduos p e k , respectivamente.

No método de WARD (1963) a distância entre dois agrupamentos é a soma dos quadrados entre os dois agrupamentos feitos sobre todas as variáveis. Neste método, minimiza-se a dissimilaridade, ou minimiza-se o total das somas de quadrados dentro de grupos, ou seja, se dá pela homogeneidade dentro de cada grupo e a heterogeneidade fora de cada grupo (LYRA, OLIVEIRA-JÚNIOR, ZERI, 2014). A formulação utilizada segue abaixo:

$$W = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum x_i)^2 \quad (2)$$

Em que, W é a homogeneidade e heterogeneidade intra-grupos por meio da soma do quadrado dos desvios; n é o número de valores analisados; x_i é i -ésimo elemento do agrupamento.

Por meio da técnica de AA foram selecionadas oito estações pluviométricas com seus respectivos identificador (ID) -(Sepetiba - 1, Bangu - 2, Ilha do Governador - 3, Jacarepaguá Cidade de Deus - 4, Grota Funda - 5, Tijuca - 6, Vidigal - 7 e Recreio dos Bandeirantes - 8) dividida em 4 grupos representativos das 27 estações com chuvas mensais similares do MRJ no período de 1997 a 2015. Além da análise multivariada, foram aplicadas as estatísticas descritivas (média, desvio padrão, mediana, máximo, mínimo e coeficiente de variação (CV,%)) e exploratória (boxplot).

O índice SPI foi criado com o objetivo de determinar períodos secos e úmidos, seguido da avaliação da sua intensidade em uma escala de tempo que pode variar em 3, 6, 9, 12, 24 e 48 meses (McKEE; DOESKEN, KLEIST, 1993). O diferencial em relação a outros índices de severidade de seca existentes na literatura refere-se à utilização somente de dados pluviométricos como variáveis de entrada (GOIS; DELGADO, OLIVEIRA JÚNIOR, 2015) e de monitoramento de secas meteorológicas de curta e longa duração (TEODORO et al., 2015), o que permite a comparação entre locais e climas diferentes (NTALE; GAN, 2003). A formulação do índice SPI é baseada na função de densidade e probabilidade gama (Equação 3), na qual α é parâmetro de forma ($\alpha > 0$), β parâmetro de escala ($\beta > 0$) e x é a quantidade de chuva. É importante citar que α e β variam em relação à x , ou seja, o cálculo do SPI utiliza somente valores de chuva (TEODORO et al., 2015). Maiores detalhes sobre as formulações matemáticas e procedimentos estatísticos usados no cálculo do índice SPI encontra-se em (McKEE; DOESKEN, KLEIST, 1993).

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (3)$$

A partir dos valores obtidos, o SPI foi categorizado de acordo com a Tabela 1. No estudo será utilizado apenas o SPI na escala mensal. Para o cálculo do índice SPI mensal foi utilizado o pacote SCI da biblioteca do software R versão 3.1.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

Tabela 1. Categorias e escala do índice SPI adaptado de (McKEE; DOESKEN, KLEIST, 1993).

Escala do SPI	Categorias
≥ 2	Extremamente úmido
1,50 a 1,99	Muito úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
0,99 a -0,99	Próximo ao normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muito seco
≤ -2	Extremamente seco

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A técnica AA permitiu identificar quatro grupos homogêneos de chuva (G_1 , G_2 , G_3 e G_4) no MRJ (Figura 2a). O corte foi definido pela medida de dissimilaridade e o número de grupos, quando a taxa de variação da medida de dissimilaridade apresentou um aumento brusco (Figura 2b). O grupo 1 (G_1) foi composto por 4 estações distribuídas no MRJ. O grupo 2 (G_2) foi composto por 12 estações, sendo maior grupo homogêneo pluviométrico, enquanto o grupo 3 (G_3) foi composto por 3 estações (menor grupo) e, por fim o grupo 4 (G_4) composto por apenas 8 estações.

O grupo G_1 é formado pelas estações de Santa Cruz, Sepetiba, Guaratiba e Campo Grande, localizadas na zona oeste do município próximo a Baía de Sepetiba e do Maciço do Mendanha. O grupo G_2 é formado pelas estações de Jacarepaguá Tanque, Jacarepaguá Cidade de Deus, Grajaú, Grande Méier, Madureira, Piedade, Bangu, Anchieta, Penha, Irajá, Ilha do Governador e Saúde, que estão a sotavento dos principais Maciços existentes no município e algumas estações estão próximas a Baía de Guanabara. O grupo G_3 é formado pelas estações de Grotta Funda, Barra Itanhangá e Rocinha, que estão próximas do ambiente costeiro juntamente com as estações do grupo G_4 , que é composto pelas estações da Tijuca, Santa Teresa, Vidigal, Jardim Botânico, Urca, Copacabana, Barra-Rio centro e Recreio dos Bandeirantes.

Os grupos G_1 a G_4 existentes no MRJ são formados devidos não só a influência dos sistemas meteorológicos que atuam na região Sudeste, mas devido às características locais e a fisiografia como, por exemplo, a proximidade do ambiente costeiro e topografia complexa (regiões montanhosas que se contrastam com as planícies e manguezais), (OLIVEIRA JÚNIOR; LYRA, SPERANDIO, 2015) e duas Baías (Guanabara e Sepetiba), que induzem a regimes de circulação local (ZERI; OLIVEIRA-JÚNIOR, LYRA, 2011). Tais características locais podem induzir a formação de chuva orográfica, chuva convectiva, regime de chuva produzida pelas circulações de brisa vale/montanha, lacustre/baía e marítima/terrestre, além de interagir e intensificar outros sistemas meteorológicos como, por exemplo, os SF, os SCM, a ZCAS, a ASAS, os BA, os sistemas de brisas, a chuva orográfica, as tempestades convectivas, entre outros (DERECZYNSKI; OLIVEIRA, MACHADO, 2009; CATALDI et al., 2010; ZERI; OLIVEIRA-JÚNIOR, LYRA, 2011; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2014).

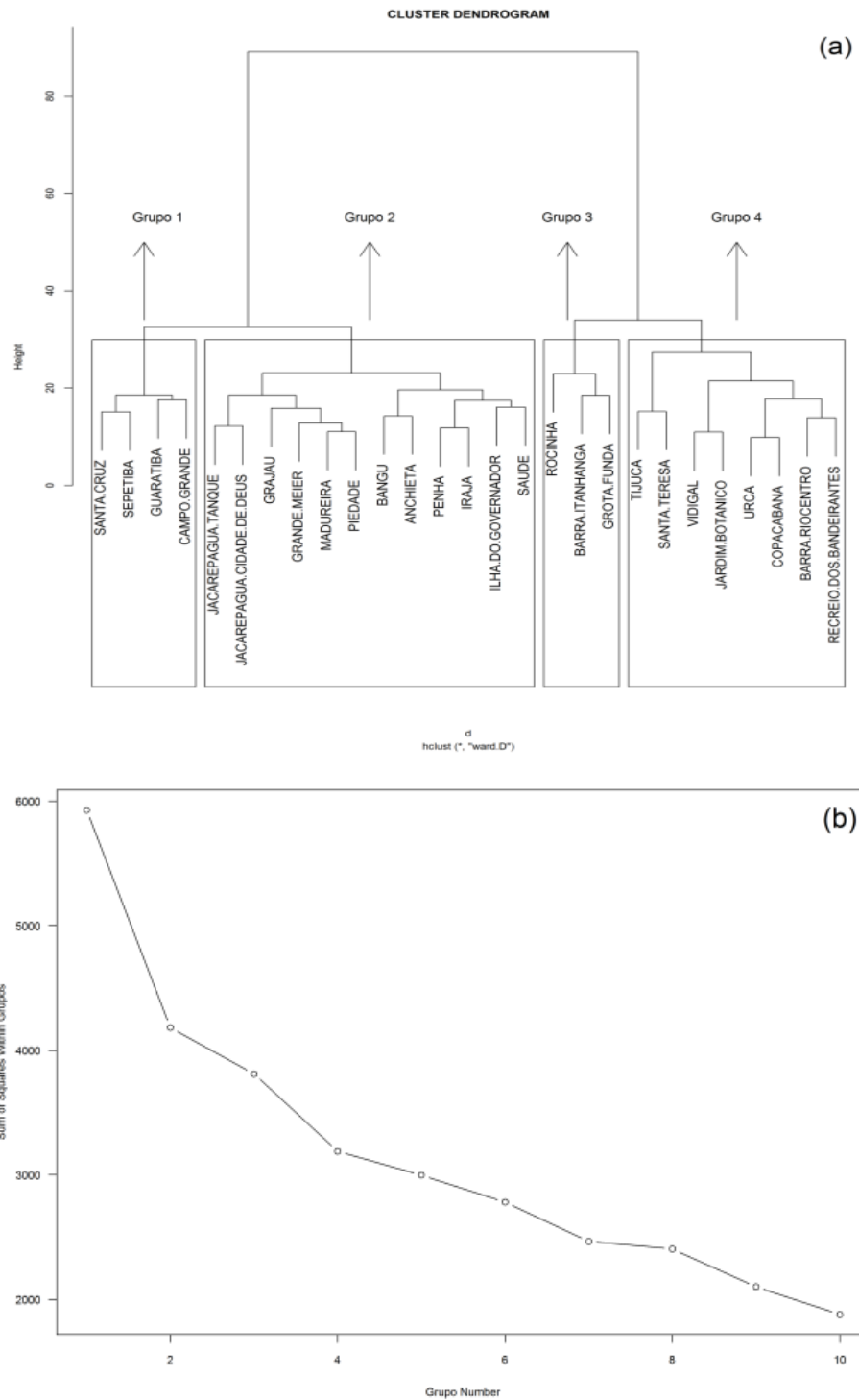
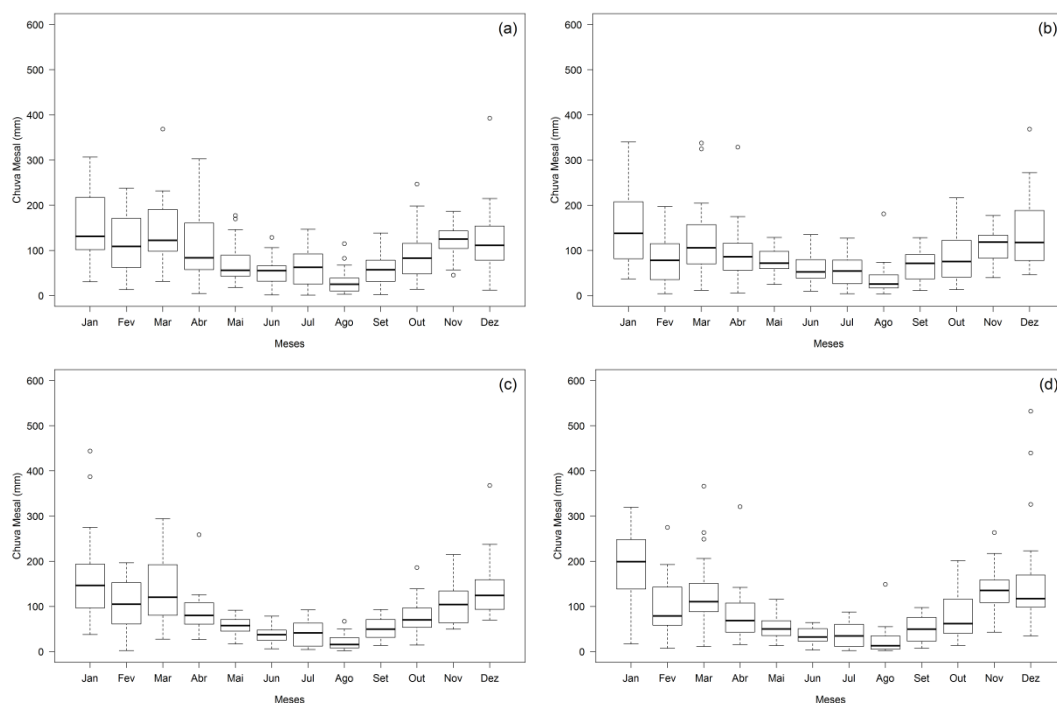


Figure 2. Dendrograma (a) e número de grupos (b) baseado na técnica de AA da chuva no período de 1997 a 2015 no MRJ.

O gráfico boxplot permite estudar a simetria das distribuições e detectar os *outliers*. Eles constituem-se de pontos amostrados no espaço cujos valores são discrepantes dos demais (EVERITT; DUNN, 1991). Os dados discrepantes podem afetar a variância aleatória existente no processo, isso implica na presença ou ausência de correlação espacial (RIBEIRO JÚNIOR; DIGGLE, 2001).

No caso das oito estações do MRJ avaliadas na escala mensal houve a existência de *outliers* sem todas, principalmente nos meses de abril (outono), agosto (inverno), janeiro e dezembro (verão). Tais meses foram super chuvosos e, portanto podem comprometer a análise dos dados. Por outro lado, observar-se a ocorrência de *outliers* superiores, e em outros meses, além dos citados anteriormente. Esses meses foram responsáveis pelo aumento dos totais anuais de chuva, que por sua vez influenciaram diretamente no índice SPI mensal.

Os dados pluviométricos e o desvio padrão apontam variabilidade durante os meses do ano em todas as estações avaliadas no estudo. Os meses secos ocorreram de maio a agosto (outono e inverno) nas estações de Sepetiba ($31,14 \pm 29,55$ mm e $143,27 \pm 77,70$ mm), Jacarepaguá Cidade de Deus ($38,21 \pm 33,63$ mm e $127,84 \pm 87,03$ mm), Bangu ($22,35 \pm 17,72$ mm e $133,49 \pm 70,69$ mm) e Ilha do Governador ($25,79 \pm 17,72$ mm e $133,49 \pm 85,56$ mm), ao contrário das estações Grota Funda ($55,06 \pm 42,60$ mm e $135,08 \pm 93,16$ mm), Tijuca ($52,64 \pm 47,03$ mm e $163,91 \pm 118,04$ mm), Vidigal ($56,64 \pm 39,33$ mm e $125,97 \pm 129,88$ mm) e Recreio dos Bandeirantes ($41,72 \pm 33,88$ mm e $122,64 \pm 91,09$ mm) com $CV > 17,72\%$. Tais estações estão próximas do ambiente costeiro e dos principais maciços no MRJ. Os meses úmidos correspondentes às estações de verão e primavera. No entanto, observar irregularidades na distribuição das chuvas mensais das estações avaliadas (Figura 3).



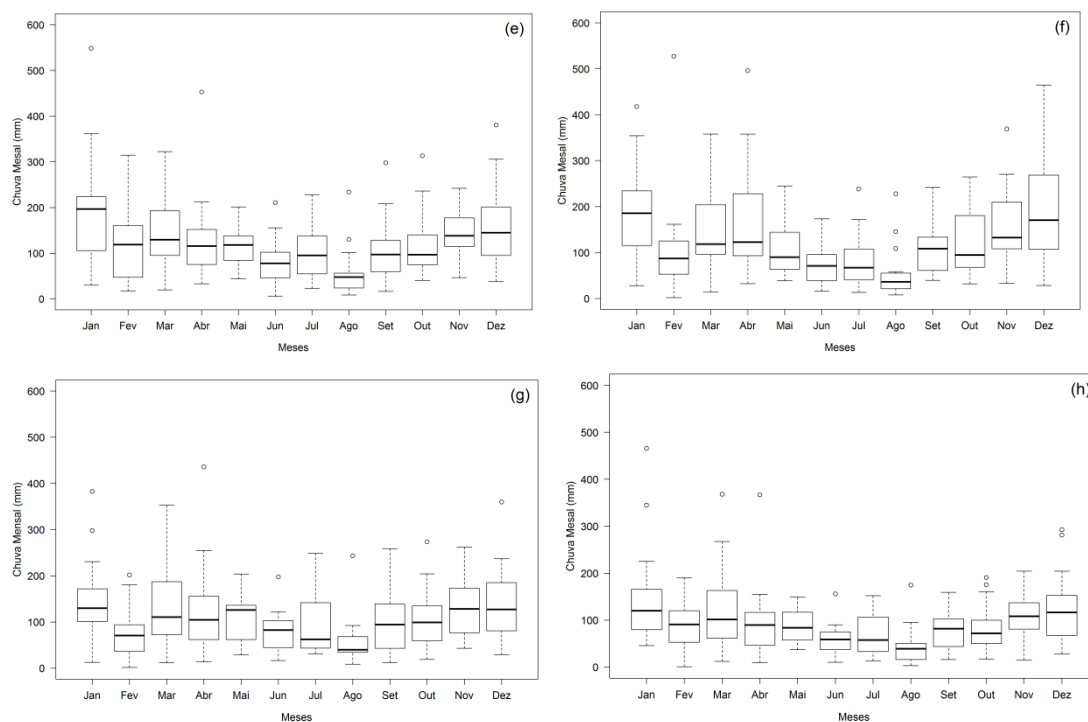


Figure 3. Boxplot da chuva mensal (mm) das 8 estações pluviométricas (Sepetiba – (a), Jacarepaguá Cidade de Deus – (b), Bangu – (c), Ilha do Governador – (d), Grota Funda – (e), Tijuca – (f), Vidigal – (g) e Recreio dos Bandeirantes – (h)) do Sistema Alerta Rio no MRJ entre 1997 a 2015.

As estações próximas as Baías Guanabara e Sepetiba, seguido da lagoa de Jacarepaguá apresentaram alta variabilidade dos índices SPI mensais nos períodos secos e úmidos, a exceção foi estação de Bangu. A estação de Bangu encontra-se a sotavento da cadeia montanhosa e, mostrou alternância entre períodos secos e úmidos sem relação às demais estações avaliadas. Novamente, verifica-se que as estações próximas corpos d’água, no caso do ambiente costeiro apresentaram alta variabilidade dos índices SPI mensais nos períodos secos e úmidos, a exceção foi estação da Tijuca. A estação da Tijuca encontra-se entre os maciços da Tijuca e da Pedra Branca, similar a estação de Bangu, houve alternância de períodos secos e úmidos ao longo da série temporal (Figura 4). A topografia é conhecida por influenciar os processos de chuva orográfica e convecção local (DERECZYNSKI; OLIVEIRA, MACHADO, 2009; BRITO et al. 2016). Esse efeito foi observado nas estações da Tijuca e Bangu, o qual induziu na alta variabilidade do índice SPI anual no período de estudo.

Porém, os grupos homogêneos identificados no MRJ apontam para uma alta variabilidade anual das chuvas entre 911,80 mm a 1698,33 mm no período de estudo. No grupo G_1 a estação de Sepetiba apresenta $(1.145,39 \pm 56,46 \text{ mm})$, seguido do grupo G_2 com as estações de Jacarepaguá Cidade de Deus $(1.088,24 \pm 54,40 \text{ mm})$, Bangu $(1025,48 \pm 46,67 \text{ mm})$ e Ilha do Governador $(1093,89 \pm 56,52 \text{ mm})$ mostram uma alta variabilidade das chuvas anuais superiores ao CV que variou entre 61,19 a 87,10%. O grupo G_3 constituído da estação Grota Fundo apresentou chuvas $(1477,87 \pm 73,49 \text{ mm})$, superior aos grupos G_1 e G_2 , seguidos das estações Tijuca $(1.522,33 \pm 81,05 \text{ mm})$, Vidigal $(1.292,52 \pm 66,92 \text{ mm})$ e Recreio dos Bandeirantes $(1.112,82 \pm 57,40 \text{ mm})$, com CV entre 68,57 a 82,18%. De uma forma geral, as estações mostram uma alta dispersão e heterogeneidade das chuvas anuais nas estações existentes no MRJ.

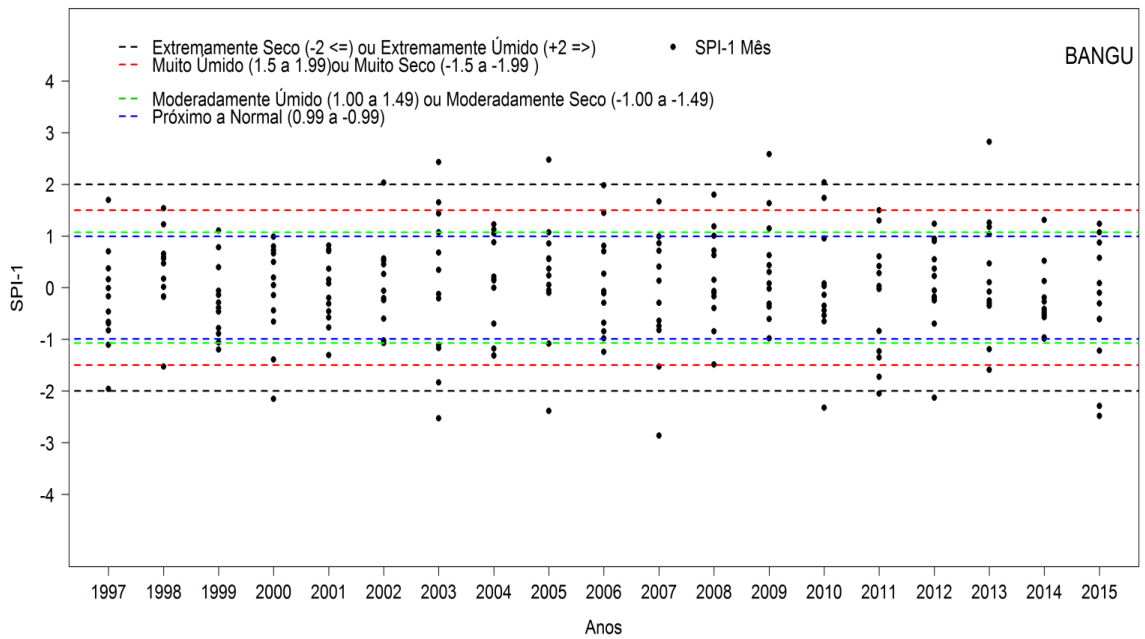
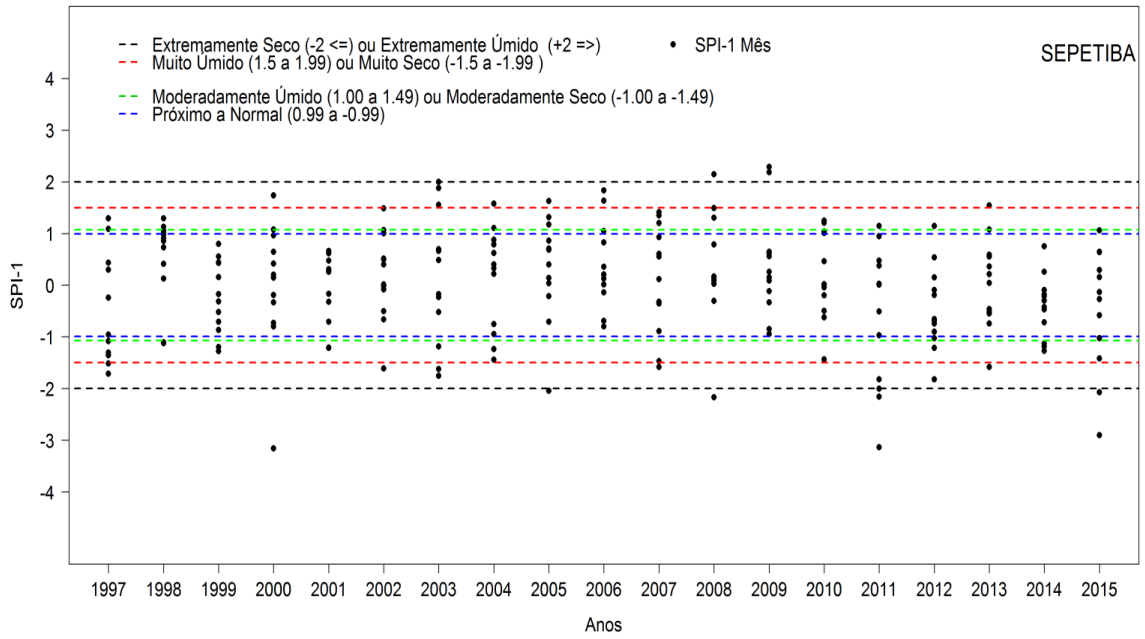
Na avaliação temporal do índice SPI na escala de 1 mês para as estações avaliadas mostrou que os períodos úmidos no MRJ foram nos anos de 1997, 1998 e 2015. Enquanto

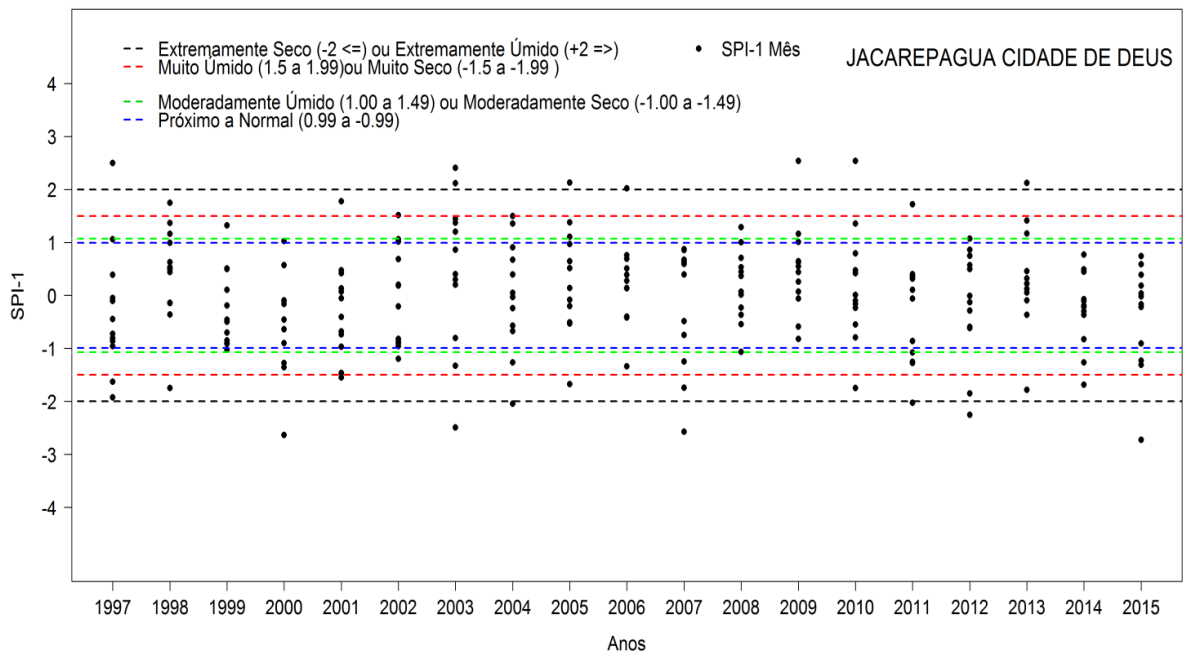
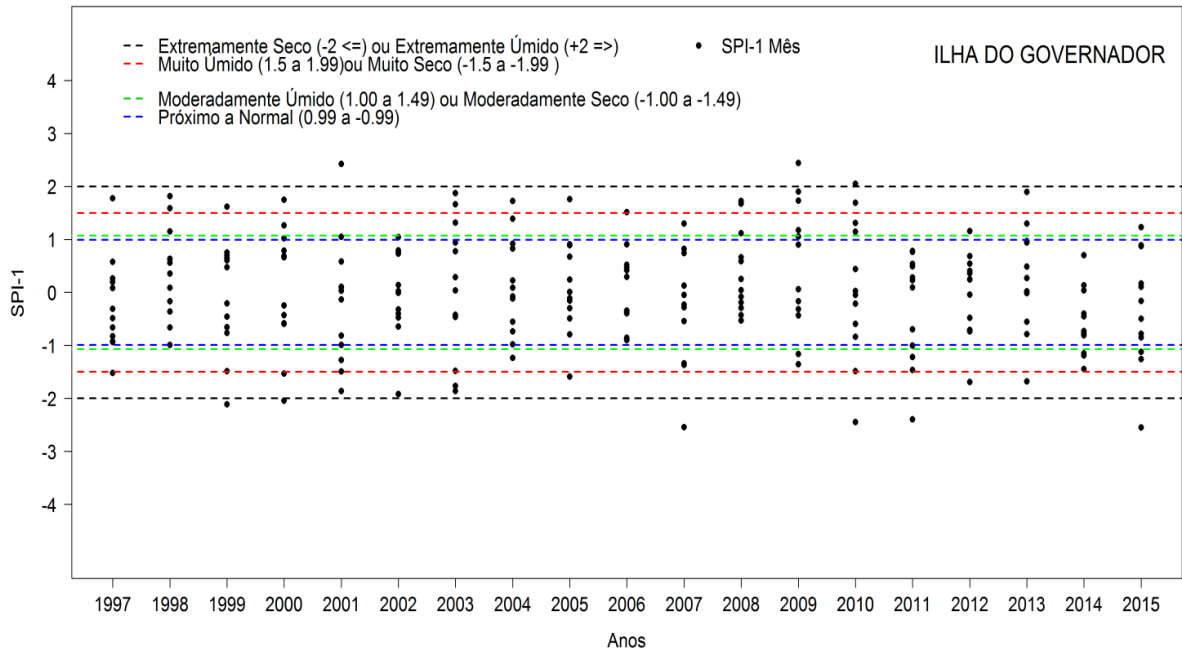
que os anos de períodos secos foram 2005, 2006, 2008, 2009, e 2010 (Figura 4). Os ciclos 1997/98 e 2015 (El Niño forte), 2005/06 e 2008/10 (La Niña moderada e El Niño moderado) – (CLIMANÁLISE, 2017). Alta variabilidade que ocorreu nos períodos úmidos e secos na série temporal, pode ser devido à ocorrência dos ciclos das fases quente e fria do El Niño – Oscilação Sul (ENOS) - (El Niño/La Niña), que por sua vez interferiram diretamente na atuação dos sistemas produtores e inibidores de chuva no RJ (CATALDI et al., 2010; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2014; BRITO et al. 2016) e, por consequência, no MRJ. Entretanto, não podemos deixar de mencionar a influência de sistemas de mesoescala e locais, seguido da intensificação da Ilha de Calor Urbano (ICU) na RMRJ, que contribuem para essa variabilidade no regime de chuva (MORAES; PIMENTEL, MARTON, 2005; DEREZYNSKI; OLIVEIRA, MACHADO, 2009; OLIVEIRA JÚNIOR, LYRA, SPERANDIO, 2015). Na Figura 3, observa-se que o intervalo de 2005 a 2009 foram marcados pelas categorias moderadamente seco e muito seco em todas as estações avaliadas no MRJ.

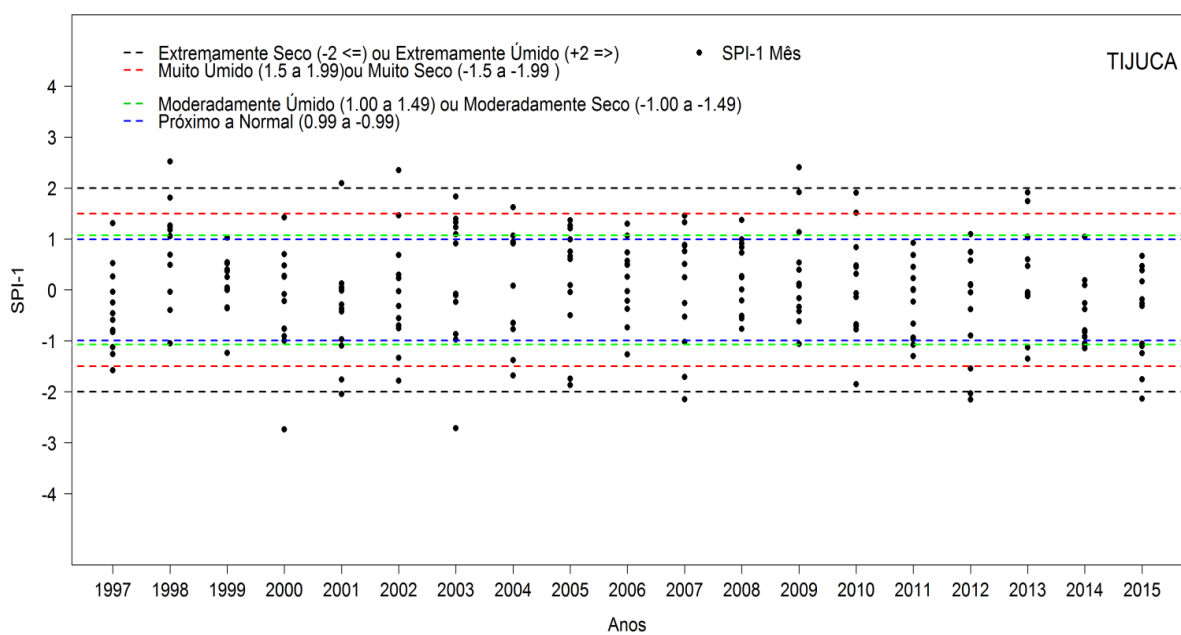
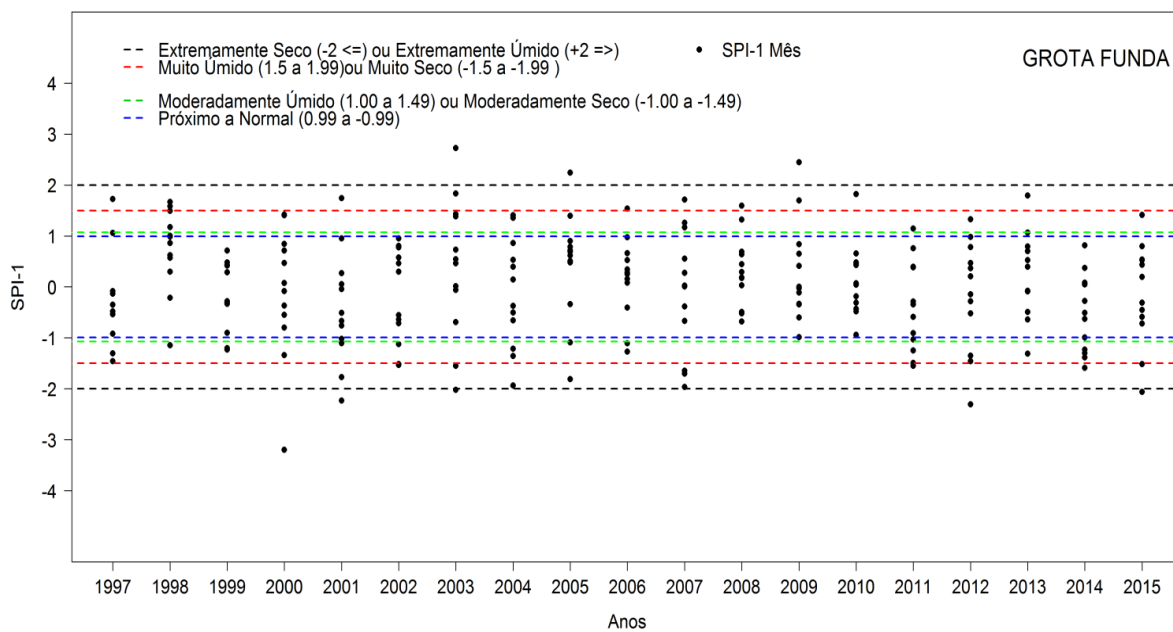
As estações de Bangu e Sepetiba, na zona oeste, e Ilha do Governador, zona norte do MRJ, ocorreram percentuais similares nas categorias moderadamente seco e úmido (15,79%) e (21,05%), ao contrário da estação Tijuca com moderadamente úmido (26,32%) e moderadamente seco (10,53%). As demais estações avaliadas, como Grota Funda, Recreio dos Bandeirantes e Jacarepaguá Cidade Deus apresentaram similaridade quanto aos percentuais das categorias do SPI mensal (Tabela 2).

Tabela 2. Estações utilizadas no estudo, com seus respectivos ID e percentuais (%) das categorias do índice SPI no período de 1997 a 2015 no MRJ.

Categ./Estações (ID)	1	2	3	4	5	6	7	8
Extremamente Úmido	0	0	0	5,26	5,26	0	0	0
Muito úmido	5,26	5,26	5,26	5,26	0	0	10,53	5,26
Moderadamente úmido	15,79	15,79	21,05	5,26	5,26	26,32	5,26	5,26
Próximo ao Normal	57,89	57,89	52,63	68,42	73,68	57,89	63,16	73,68
Moderadamente seco	15,79	15,79	21,05	5,26	5,26	10,53	10,53	5,26
Muito seco	5,26	5,26	0	10,53	5,26	5,26	10,53	5,26
Extremamente seco	0	0	0	0	5,26	0	0	5,26







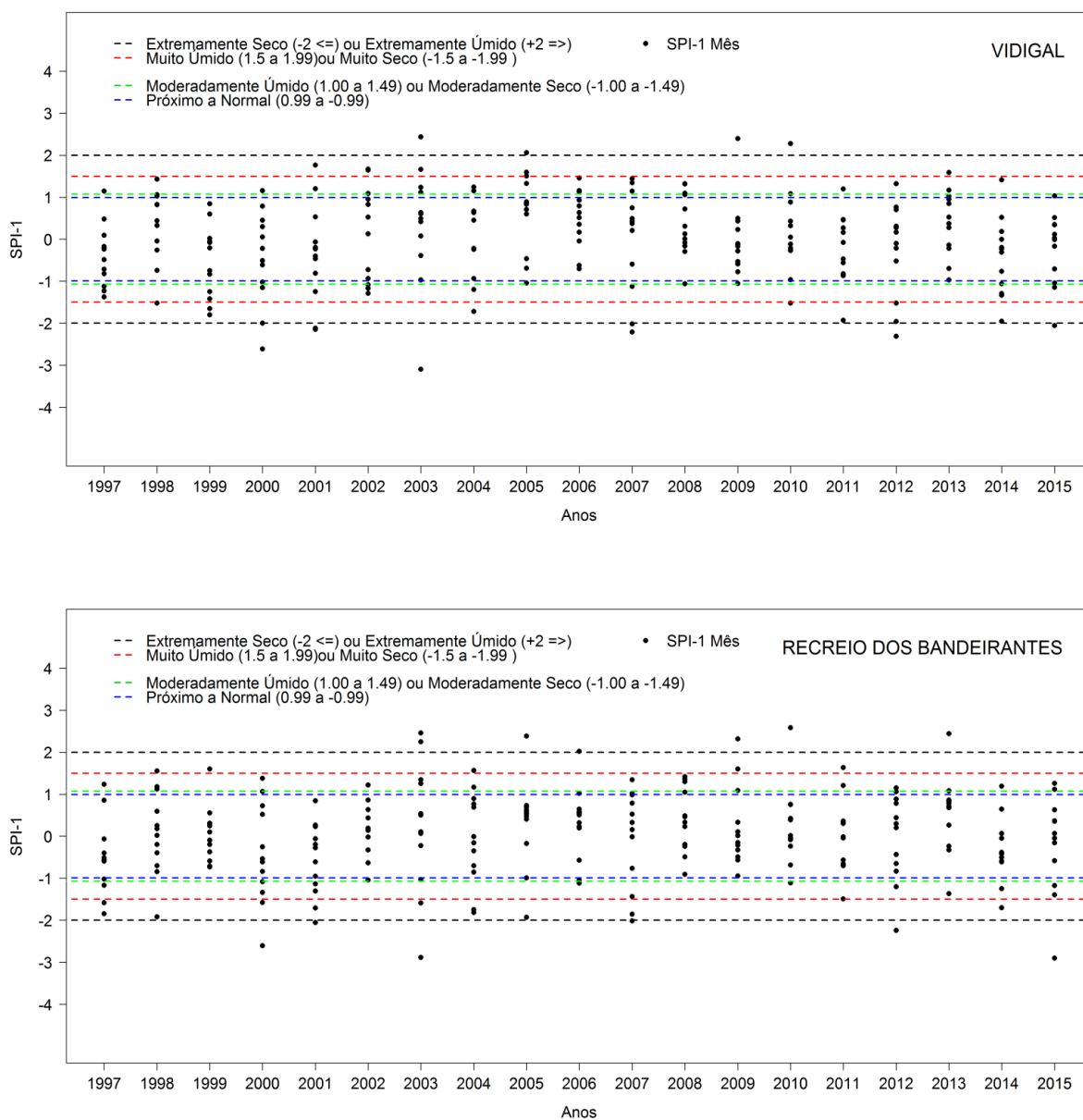


Figure 4. Índice SPI mensal aplicado às oitos estações pluviométricas do Sistema Alerta Rio no período de 1997 a 2015 no MRJ.

CONCLUSÕES

Baseado na técnica de análise de agrupamento é possível identificar quatro grupos homogêneos de chuva no município do Rio de Janeiro. Os grupos G_1 a G_4 existentes no MRJ são formados devidos não só a influência dos sistemas meteorológicos que atuam na região Sudeste, mas devido às características locais como a proximidade do ambiente costeiro e topografia complexa.

A técnica boxplot permite identificar e classificar os meses em seco, chuvoso e super chuvosos. A classificação é eficiente na compreensão da variabilidade e do regime, das chuvas do MRJ tomando como base o período de 1997-2015.

O índice SPI mensal é capaz de identificar períodos secos e úmidos no MRJ. As categorias moderadamente úmidas e moderadamente secas se sobressaem as demais categorias do índice SPI em todas as estações avaliadas do MRJ. As estações da Tijuca e Bangu apresentaram alta variabilidade do índice SPI anuais no período de estudo em função da proximidade dos maciços existentes no MRJ.

REFERÊNCIAS

BRITO, T. T., OLIVEIRA JÚNIOR, J. F., LYRA, G. B., GOIS, G., ZERI, M. Multivariate analysis applied to monthly rainfall over Rio de Janeiro state, Brazil. **Meteorology and Atmospheric Physics (Print)**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2016.

CATALDI, M, ASSAD, L. P. F., TORRES JÚNIOR, A. R., ALVES, J. L. D. Estudo da influência das anomalias da TSM do Atlântico Sul extratropical na região da Confluência Brasil-Malvinas no regime hidrometeorológico de verão do Sul e Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 513-524, 2010.

CLIMANÁLISE. Produtos Climanálise INPE/CPTEC. 2017. [citado 30 de Abril 2017]. Acessível a partir de: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/>.

DERECZYNSKI, C. P., OLIVEIRA, J. S., MACHADO, C. O. Climatologia da Precipitação no Município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 24-38, 2009.

EVERITT, B. S., DUNN, G. **Applied multivariate analysis**. London: Edward Arnold, p 400, 1991.

GOIS, G., DELGADO R. C., OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. Modelos teóricos transitivos aplicados na interpolação espacial do Standardized Precipitation Index (SPI) para os Episódios de El Niño forte no estado do Tocantins, Brasil. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 371-387, 2015.

LYRA, G. B., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., ZERI, M. Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil. **International Journal of Climatology**, Londres, v. 34, n. 13, p. 3546-3558, 2014.

McKEE, T. B., DOESKEN, N. J., KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: **Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology**. AMS, Boston, MA, p. 179-184, 1993.

MORAES, N. O., PIMENTEL, L. C. G., MARTON, E. Simulações Numéricas da Formação de Ilha de Calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p.116-138, 2005.

NTALE, H.K, GAN, T.Y. Drought indices and their application to East Africa. **International Journal of Climatology**, Londres, v. 23, n., p.1335-1357, 2003.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F., DELGADO, R. C., GOIS, G., LANNES, A., DIAS, F. O., SOUZA, J. C. S., SOUZA, M. Análise da Precipitação e sua Relação com Sistemas Meteorológicos em Seropédica, Rio de Janeiro. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 140-149, 2014.

OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.;LYRA, G.B.;SPERANDIO, L. Modelos de Zolnier e Campbell-Norman para estimativa da temperatura do ar no Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)**, Campina Grande, v. 19, p. 727-733, 2015.

PIMENTEL, L. C. G.; MARTON, E.; SILVA, M. S.; JOURDAN, P. Caracterização do regime de vento em superfície na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.19, n. 2, 121-132, 2014.

R Development Core Team (2011) **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org/>

RIBEIRO JÚNIOR, P. P., DIGGLE, P. P. GeoR: a package for geoestatistical analysis. **R News**, Rochester, v. 1, n. 2, p. 15-18, 2001.

TEODORO, P. E., CORREA, C. C. G., TORRES, F. E., OLIVEIRA JÚNIOR, J. F., SILVA JÚNIOR, C. A., GOIS, G., DELGADO, R. C. Analysis of the occurrence of wet and drought periods using standardized precipitation index in Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Journal of Agronomy (Print)**, Faisalabad, v. 14, n. 2, p. 80-86, 2015.

WARD, J.H. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 58, n. 301, p.236-244, 1963.

ZERI, L. M., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., LYRA, G. B. Spatiotemporal analysis of particulate matter, sulfur dioxide and carbon monoxide concentrations over the city of Rio de Janeiro. **Meteorology and Atmospheric Physics**, Vienna, v. 113, n 3-4, p.139-152, 2011.

APLICAÇÃO DE TENDÊNCIA CLIMÁTICA PARA A CIDADE DE CATALÃO (GO)

Thiago Patrocínio da Silva¹, Rafael de Ávila Rodrigues², Leydimere Janny Cota Oliveira³, Rafael Cool Delgado⁴, Leonardo Ferreira Prado⁵

¹Mestrando em Geografia, Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Catalão, GO, thiago.patrocinio@gmail.com; ² Professor, Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Catalão, GO, rafael.avila.rodrigues@gmail.com; ³ Professora, Universidade Federal do Pampa, Bagé, Rio Grande do Sul, leydimere@gmail.com; ⁴ Professor, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Seropédica, Seropédica, RJ, rafaelcolldelgado32@gmail.com; ⁵ Graduando em Geografia, Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Catalão, GO, leonardofrr@gmail.com

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho a identificação de possível tendência climática mensal em séries de precipitação pluviométrica utilizando o período de 1961 a 2015, aplicando o teste não-paramétrico de Mann-kendall. Os dados foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os resultados indicaram que para o mês de Janeiro, teve uma tendência normal de aumento dos volumes precipitados, assim como para os meses de Maio, Setembro, Outubro e Dezembro. Para os meses de Fevereiro, Março, Abril e Novembro, o cenário é oposto, uma vez que os resultados encontrados apontam uma tendência de redução nos volumes precipitados para Catalão.

PALAVRAS-CHAVE: precipitação, série temporal, estatística

APPLICATION OF CLIMATE TREND IN CATALÃO (GO)

ABSTRACT:

The aim with this work is to identify possible climate trend in monthly rainfall series using the period of 1961-2015, using the non-parametric test of Mann-Kendall. The data were obtained through the National Institute of Meteorology (INMET). The results indicated that for the month of January, had a normal trend of growth of volumes of rainfall, as well as for the months of May, September, October and December. For the months of February, March, April and November, the scenario is opposite, since the results indicate a trend of reduction in volumes precipitates to Catalão.

KEY-WORDS: rainfall, time serie, statistic

INTRODUÇÃO

Segundo Goossens e Berger (1986), o termo “modificações climáticas” se mostra muito mais abrangente, uma vez que agrupa as mais diversas formas de instâncias do clima, seja de causas físicas ou de natureza estatística, dando origem a diversas terminologias. Assim sendo e, de acordo com tais autores, a tendência climática se caracteriza pela mudança no clima, a partir de alterações suaves (acréscimos ou decréscimos) nos valores médios referentes ao período de registro.

Qian e Lin (2005) afirmam que a frequência e a persistência das secas deverá ser uma das consequências do aquecimento global. Em geral, muitas atividades econômicas e processos ambientais são altamente dependentes da precipitação.

Na análise das correlações sazonais verificou que há correlação com significância estatística apenas entre a precipitação das estações outono, inverno e primavera, e o índice Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Na fase fria da ODP há

uma tendência de uma distribuição mais homogênea de precipitação ao longo do ano. (RIBEIRO, 2014, p. 09).

Segundo Minuzzi e Caramori (2011), desde meados do século XX o estado do Paraná vem apresentando uma tendência de aumento no volume pluviométrico, principalmente, nos meses de verão e de primavera. No verão o total de chuva teve um acréscimo de 17 a 37 mm por década, enquanto na primavera esta tendência foi de 16 a 42 mm sendo que algumas estações hidrológicas apresentaram esta tendência significativa em ambos os períodos sazonais.

O teste de Mann-Kendall mostrou tendências significativas ao nível de 95% em 16 das 18 estações analisadas na região do Sul do Brasil. As exceções foram às estações de Foz do Iguaçu-PR e de Alfredo Wagner-SC, cujo teste de tendência não apresentou significância estatística e que mudanças nas séries temporais ocorreram em períodos distintos, não confirmando, portanto, os resultados encontrados em outros estudos. Este período é reconhecido como o desvio climático mais intenso associado com a Oscilação Decadal do Pacífico (KAYANO *et al.*, 2008). Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi verificar a ocorrência de tendência climática nas séries temporais de precipitação no período de 1961 a 2015, na cidade de Catalão (GO), utilizando o teste não paramétrico de Mann Kendall.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo da pesquisa corresponde ao município de Catalão, localiza-se à latitude 18° 9' 57" sul e à longitude 47° 56' 47" oeste e à altitude de 835 metros. Sua população segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2016, é de 100.590 habitantes.

Tratamento Estatístico: teste de Mann-Kendall

Para a área de pesquisa em questão, os dados foram tratados por meio o método de análise estatística do teste de Mann-Kendall, sendo que, para isso, os dados foram coletados da Estação Meteorológica Convencional (INMET), a qual se encontra localizada no bairro Pio Gomes, cidade de Catalão-GO, latitude 18°10'12,77" S, longitude 47°57'28,92", altitude 859 m, utilizando um temporal entre 1961 a 2015. Mais detalhes sobre o procedimento estatístico adotado no trabalho podem ser consultados em Longobardi; Villani, 2010, Mann, 1945; Kendall, 1975, Sneyers (1975), Goossens e Berger (1986), Back (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vale observar que o teste foi realizado para cada dia do ano, onde, se p-valor for menor do que alpha ($<\alpha 0,05$) rejeita a hipótese de que não há tendência (H_0), uma vez rejeitada a H_0 e o sinal de tau for positivo, considera-se como tendência crescente, ou seja, tendência de aumento de ocorrência para o volume precipitado para o referido dia, em contra partida se rejeitou-se H_0 e o sinal for negativo, constata-se tendência de diminuição do padrão de repetição para o volume precipitado, considerando como tendência decrescente.

A Tabela 01 traz informações, em mm (milímetro) da magnitude da tendência em escala mensal para todo o período questão.

Tabela 01. Magnitude da tendência pluviométrica em escala mensal para todo o período em mm

Mês de referência	Magnitude (mm)
Janeiro	0.03703704
Fevereiro	-0.1428571
Março	-0.04
Abril	-0.2416216
Maiο	0.1428571
Junho	0
Julho	0
Agosto	0
Setembro	0.02532051
Outubro	0.1364341
Novembro	-0.25
Dezembro	0.1183473

Fonte: Elaborada pelo autor

Sobre os resultados encontrados com o teste de Mann-Kendall, para o período de 1961 a 2015, tendo como referência os valores adquiridos na Estação Meteorológica Convencional do Pio Gomes (INMET), foi possível observar que para o mês de Janeiro, existe uma tendência normal de aumento dos volumes precipitados, assim como para os meses de Maio, Setembro, Outubro e Dezembro, ou seja, levando em consideração os resultados encontrados, é possível dizer que a estação chuvosa para a região do recorte espacial em questão tende a aumentar, no que se diz respeito ao volume total precipitado. Para os meses de Fevereiro, Março, Abril e Novembro, o cenário é oposto, uma vez que os resultados encontrados apontam uma tendência de redução nos volumes precipitados para Catalão.

Assim sendo, também se pode afirmar, que existe uma tendência na redução dos volumes precipitados para os períodos de estiagem, agravando a situação de escassez hídrica para a região nesse período. Quanto os meses de Junho, Julho e Agosto, levando em conta os resultados obtidos com o teste de Mann-Kendall na mesma série histórica, se pode afirmar uma tendência de manutenção dos volumes precipitados para a mesma área.

Cabe salientar que o Teste de Mann-Kendall é um dos testes estatísticos mais utilizados para avaliar alterações em séries temporais climatológicas. A identificação de alterações nos registros meteorológicos é de grande relevância para as tomadas de decisão e posterior mitigação dos efeitos referentes à falta de água, os quais dizem respeito ao planejamento agrícola de uma região bem como relacionado ao abastecimento público da cidade.

Como destaca Lima *et al.* (2012) a concentração dos gases de efeito estufa vem aumentando consideravelmente nos últimos 150 anos e tem sido considerado como principal causa do aquecimento global no planeta nesse período. Destarte, isso tem causado as constantes mudanças no clima como aumento da temperatura e no regime de precipitação sendo esta de fundamental importância para a agricultura, com isso torna-se fundamental o estudo da análise de tendência temporal em que se avaliam as variações ocorridas e a ocorrência de um suave acréscimo ou decréscimo nos índices de chuva durante anos de uma determinada série estudada.

Back (2001), ao utilizar o teste de Mann-Kendall, a partir dos estudos na estação meteorológica de Urussanga-SC, referentes ao período entre 1924 e 1998, indica

que há tendência crescente da precipitação no quarto trimestre, tornando-se significativa no ano de 1991. Da interseção das linhas $u(t)$ e $u^*(t)$, observa-se que o início da mudança ocorreu no ano de 1976. Já o teste de Pettitt apontou para a mudança brusca significativa ocorrendo no ano de 1974. Observou ainda que a tendência crescente da precipitação pode ser influenciada pelos valores extremos registrados na década de 90, período em que ocorreram vários episódios de *El Niño*. Ayoade (1996) ressalta que flutuações no clima em períodos de 30 a 35 anos não podem ser consideradas como mudanças climáticas.

CONCLUSÕES

Diante do exposto e, de forma sucinta, no que se refere aos resultados encontrados com o teste de Mann-Kendall para o período de 1961-2015, tendo como referência os valores adquiridos na Estação Meteorológica do Pio Gomes, em Catalão (GO), foi possível observar que para o mês de janeiro, existe uma tendência normal de aumento dos volumes precipitados, assim como para os meses de Maio, Setembro, Outubro e Dezembro, ou seja, possivelmente a estação chuvosa para Catalão no recorte temporal em questão tende a aumentar, no que diz respeito ao volume total precipitado.

Para os meses de Fevereiro, Março, Abril e Novembro, o cenário é oposto, uma vez que os resultados encontrados apontam uma tendência de redução nos volumes precipitados para Catalão. Assim sendo, possivelmente existe uma tendência na redução dos volumes precipitados para os períodos de estiagem, agravando a situação de escassez hídrica. Quanto os meses de Junho, Julho e Agosto ocorreu uma tendência de manutenção dos volumes precipitados para a mesma área.

AGRADECIMENTOS

A Prefeitura Municipal de Catalão e a Superintendência de Água e Esgoto (SAE) pelo financiamento dos pluviômetros.

REFERÊNCIAS

- BACK, A.J. Aplicação de Análise Estatística para Identificação de Tendências Climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 717-726, 2001.
- GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and Seasonal Climatic Variations Over the Northern Hemisphere and Europe During the Last Century. **Annales Geophysicae**, v. 4, n. 4, p. 385-400, 1986.
- IBGE, **Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2008. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_territorial/divisao_territorial. Acesso em 12 de janeiro de 2017.
- Kendall, M. G. **Rank Correlation Methods**, 4th ed., Charles Griffin: London, 1975.
- Mann, H. B. Non-parametric test against trend, **Econometrica**, v. 13, p. 245-259, 1945.
- LIMA, J. G. A.; VIANA, P. C.; WANDERLEY, J. A. C.; Maniçosa, R.M.; LIMA, R. M. S. Análise de Tendências na Temperatura e Precipitação em Caicó, Rio Grande do Norte. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**. v. 8, n. 1, p. 34 -38, jan-mar, 2012.

- LONGOBARDI, A.; VILLANI, P. Trend Analysis of Annual and Seasonal Rainfall Time Series in the Mediterranean Area. **International Journal of Climatology**. v. 30, p. 1538-1546, 2010.
- MANN, H. B. **Non-Parametric Test Against Trend**. *Econometrica*, v. 13, p. 245-259. 1945.
- MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H. Variabilidade Climática Sazonal e Anual da Chuva e Veranicos no Estado do Paraná. **Revista Ceres**, v. 58, n.5, p. 593-602, set/out, 2011.
- QIAN, W.; LIN, X. Regional Trends in Recent Precipitation Indices in China. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 90, p. 193-207, 2005.
- RIBEIRO, R. E. P. Análise da Tendência Climática nas Séries Temporais de Temperatura e Precipitação de Tucuruí-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v., n.5 , p. 798-807, 2014.
- RODRIGUES, R. A.; OLIVEIRA, G. A.; FARIA, A. L. L.; OLIVEIRA JÚNIOR. **Caracterização Climática no Entorno da Usina Hidroelétrica Serra do Facão (GO)**. In: TORRES, F. T. P.; DAGNINO, R. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. (Orgs.). *Contribuições Geográficas*, 2009. p. 521-542.
- RODRIGUES, R. A.; OLIVEIRA, G. A.; FARIA, A. L. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; DELGADO, R. C. **Determinação de Regiões climaticamente homogêneas no Estado de Goiás**. In: ASSIS, A. A. F.; FARIA, A. L. L (Orgs.). *O onde e o quando: espaço e memória na construção da história e da geografia*, 2012. p. 274-289.
- SNEYERS, R. **Sur L'analyse Statistique des Séries D'observations**. Genève: Organisation Météorologique Mondial, 192 p. (OMM Note Technique, 143), 1975.

ANÁLISE DO PH DA ÁGUA PLUVIAL NA MALHA URBANA DE CATALÃO-GO DE 2016 A 2017

Leonardo Ferreira Prado¹, Rafael de Ávila Rodrigues², Lincoln Lucíolo Romualdo³, Nara Line da Silva Sousa⁴, Antover Panazzolo Sarmento⁵

¹ Graduando em Geografia, Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Catalão, GO, leonardofrr@gmail.com; ² Professor, Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Catalão, GO, rafael.avila.rodrigues@gmail.com; ³ Professor, Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Catalão, GO, lincoln.romualdo@gmail.com; ⁴ Graduanda em Química, Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Catalão, GO, naraline_019@hotmail.com; ⁵ Professor, Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Catalão, GO, antoverps@gmail.com

RESUMO: Por meio do crescimento populacional observado nas últimas décadas, advém a necessidade de buscar fontes alternativas para solucionar os problemas de poluição do ar verificados constantemente nas cidades. Este trabalho teve como objetivo avaliar parâmetros do pH da água da chuva, na malha urbana de Catalão-GO. Foram medidos os valores de pH das chuvas coletadas em oito bairros da cidade, no período de Abril/2016 a Fevereiro/2017. Foram medidos o pH da água da chuva nos seguintes bairros: Residencial Olinda, Escola Evelina Nour, Escola Caic, Escola Wilson da Paixão, Colégio Estadual Anice Cecílio Pedreiro, ETA Dimic, Escola Lazáro Pinto Marra, Escola Municipal Pedro Netto Paranhos. Os valores de pH analisados ficaram entre 6,3 e 6,9.

PALAVRAS-CHAVE: água da chuva, química, pluviômetro, atmosfera, qualidade da água

ANALYSIS OF THE RAIN'S PH IN URBAN AREA OF CATALÃO-GO IN 2016-2017

ABSTRACT: Through the population growth observed in the last decades, there is a need to seek alternative sources to solve the problems of air pollution constantly verified in the cities. The objective of this work is to evaluate the rain's pH in the urban space of Catalão-GO. The rain's pH was collected in eight districts of the city were measured from April/2016 to February/2017. Were measured the values of rain's pH in the Residencial Olinda, Escola Evelina Nour, Escola Caic, Escola Wilson da Paixão, Colégio Estadual Anice Cecílio Pedreiro, ETA Dimic, Escola Lazáro Pinto Marra, Escola Municipal Pedro Netto Paranhos. The values of rain's pH were between 6.3 and 6.9.

KEY-WORDS: rainwater, chemistry, pluviometer, atmosphere, water quality

INTRODUÇÃO

À medida que o uso da água se torna mais intensivo, a busca pelo aproveitamento racional deste recurso se faz mais emergencial e a necessidade de controle e gestão sobre os regimes das águas torna-se primordial, uma vez que estes

afetam o comportamento hidrológico dos rios, em sua oferta, escassez e qualidade bem como na agricultura, principalmente referente aos aspectos direcionados na irrigação.

Segundo Feltre (2004), a água é capaz de dissolver um grande número de substâncias, sendo por esse motivo denominada solvente universal. Exatamente por isso, ela tende a se tornar poluída com muita facilidade.

O monitoramento de espécies químicas de importância ambiental, presentes na atmosfera, é uma prática que tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, devido à crescente necessidade de se acompanhar o crescimento nos níveis de poluição encontrados nos centros urbanos, bem como evitar impactos negativos aos sistemas naturais (LEAL et al., 2004). Em relação à agricultura, a medição do pH em áreas urbanas têm uma importante contribuição nos estudos direcionados à identificação da chuva ácida. Esta afeta as plantações, provocando uma destruição mais rápida, visto que, as plantas são do mesmo tamanho, tendo assim áreas mais atingidas. Krug & Frink (1983) descreveram a interferência da chuva ácida na acidificação do solo, modificando suas propriedades, bem como proporcionando alterações no sistema radicular das plantas. HUTCHINSON & MEEMA (1987), comentam que o nevoeiro associado à poluição atmosférica, expõe as plantas a uma maior concentração de ácidos, muito maior do que a chuva, provocando um estrago na área foliar.

Baines (1992) descreve quando a chuva ácida se precipita sobre solos alcalinos, o ácido é enfraquecido ou neutralizado e os problemas ambientais são menores. No ambiente rural sabe-se que os solos surgidos do granito são em geral muito finos, mas capazes de reduzir a acidez da chuva comum a um nível tolerável para as plantas e os animais, mantendo-se, assim, em equilíbrio. A chuva ácida sobrecarrega esse sistema natural e gradualmente, o meio ambiente se tornando ácido demais para manter saudáveis a fauna e flora.

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi a análise do pH da água da chuva na malha urbana da cidade de Catalão-GO no período de 2016 a 2017, em oito pontos da cidade.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo da pesquisa corresponde ao município de Catalão, Localiza-se à latitude 18° 9' 57" sul e à longitude 47° 56' 47" oeste e à altitude de 835 metros. Sua população segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2016, é de 100.590 habitantes. As amostras de água pluvial foram coletadas em oito pontos da cidade, por meio de uma rede pluviométrica instalada na malha urbana da cidade de Catalão – GO. As coletas foram feitas nos bairros: Leblon, Evelina Nour, Jardim Primavera, Vila Dona Erondina, Santa Teresinha, Distrito Mineral Industrial de Catalão, Jardim Catalão, Pontal Norte.

A coleta da água pluvial foi feita todos os dias às 09h00min sendo registrada em mm (milímetro) de chuva a cada 24 horas. Foram usados para coletar a água, uma proveta plástica da marca J. Prolab, a capacidade da proveta graduada em polietileno é de 10 mm e divisão de escala de 0,1 mm para medir os mm de chuva e depois a água foi armazenada para transporte em recipiente de plástico, esterilizados antes de cada coleta.

Os recipientes foram lavados com água destilada, antes e depois das coletas, os pluviômetros foram instalados em local aberto, sem nenhum tipo de vegetação como árvores, ou próximos de telhados com calhas para que a qualidade da água coletada não tenha alterações. As coletas foram levadas para o Laboratório de Óxidos Funcionais Nanoestruturados (LOFN) da Unidade Acadêmica Especial de Química na

Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão de acordo com o Manual prático de análise de água. Foram coletadas ao total de quarenta e quatro amostras de água da chuva entre o período de 26/04/2016 a 08/02/2017, e para este período foram feitas as médias para cada bairro.

Foi utilizado um Phmetro modelo 827 pH lab, marca Metrohm. Esse aparelho foi devidamente limpo com água destilada após cada amostra, para cada grau de acidez da amostra fosse medido, esta teve que conter no mínimo 100 ml de precipitação. O aparelho foi calibrado por duas soluções, tampões com pH =7 e pH = 4. Na tabela 1 observa-se a localização geográfica dos oito pluviômetros que foram utilizados para coletar a água pluvial na malha urbana de Catalão.

Tabela 1. Localização dos pontos onde os pluviômetros foram instalados na malha urbana de Catalão (GO)

PLUVIÔMETRO	ENDEREÇO	COORDENADAS		ALTITUDE (m)
P 01	Evelina Nour II - Escola Municipal	18°08'31.74"S	47°56'42.42"O	889
P 02	Pontal Norte - Reservatório 500m ³	18°10'23.72"S	47°54'57.88"O	897
P 03	Escola Municipal Wilson da Paixão	18°10'06.26"S	47°58'21.00"O	866
P 04	Residencial Olinda	18°09'00.52"S	47°56'21.59"O	910
P 05	ETA - Dimic	18°12'32.75"S	47°57'51.51"O	852
P 06	Colégio Estadual Santa Teresinha	18°11'02.30"S	47°58'37.10"O	862
P 07	Jardim Paraíso	18°09'46.14"S	47°56'25.88"O	854
P 08	Escola CAIC	18°09'15.61"S	47°57'07.70"O	903

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises diárias os pontos do colégio Estadual Anice Cecílio Pedreiro do bairro Santa Teresinha apresentou (pH = 5,5), (pH = 5,4) da Escola Lazaro Pinto Marra bairro Jardim Catalão, (pH = 5,6) da Escola Municipal Pedro Neto Paranhos bairro Pontal Norte, (pH = 5,3) da ETA Dimic no Setor industrial, (pH = 5,4) da Escola Caic no Jardim Primavera, isso devido ainda ter ocorrido poucas chuvas e o ar estar sobrecarregado de poluentes.

A avaliação do pH destes pontos citados acima se elevou para, (pH = 6,3) do colégio estadual Anice Cecílio Pedreiro do bairro Santa Teresinha, (pH = 6,7) da Escola Lazaro Pinto Marra bairro Jardim Catalão, (pH = 8,1) da Escola Municipal Pedro Neto Paranhos bairro Pontal Norte, (pH = 7,4) da ETA Dimic no Setor industrial, (pH = 8,2) da Escola Caic no Jardim Primavera.

No período das amostragens, os pontos do Residencial Olinda, Escola Wilson da Paixão, Escola Evelina Nour, Colégio Estadual Anice Cecílio Pedreiro, Escola Municipal Pedro Neto Paranhos, ETA Dimic, Escola Lazaro Pinto Marra, existiam várias construções de casas, e movimentação da construção civil nas imediações. Este fato indica que as condições do local das amostras coletadas interferem na qualidade da água da chuva que precipita sobre a cidade. Assim, dos dados coletados o menor pH ocorreu na amostragem da água pluvial no pontal norte (pH = 6,3). Percebeu-se que na

amostra da região da Escola Lázara P. Marra (Ph = 6,3) o pH se elevou para 6,7, na Escola Wilson da Paixão e Evelina Nour foi 6,9, já no Colégio Santa Terezinha e Residencial Olinda. DIMIC foi encontrado 6,6.

Através da Figura 01 observa-se a média do pH da água pluvial dos oito pontos na malha urbana de Catalão- (GO).

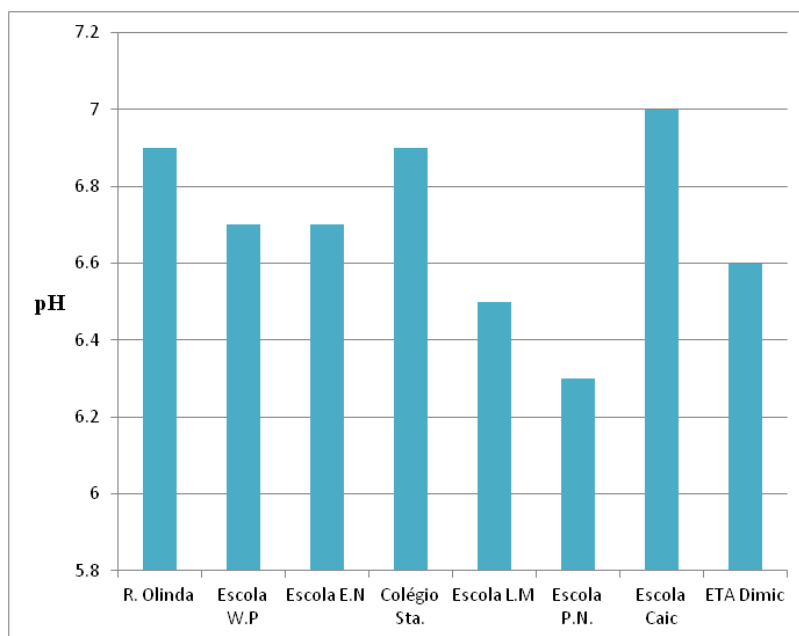


Figura 1. Média do pH das amostras no período de 26/04/2016 a 08/02/2017 em Catalão (GO).

Fonte: Autor

CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados, concluímos que as águas da chuva de Catalão apresentaram valores de pH médio entre 6,3 e 6,9, sendo os menores valores da média observados na Escola Municipal Pedro Netto Paranhos, no Bairro Pontal Norte. Observou-se que nos meses de outubro e novembro foi obtido valor de pH igual a 5,6. Desta forma, com base nas concentrações médias dos valores de pH, as chuvas incidentes na região não apresentaram riscos imediatos de acidificação ambiental.

Portanto, constatou-se que todas as amostras se apresentaram dentro do parâmetro estabelecido pela legislação em vigor para água de consumo humano, portaria 2914/2011. Ou seja, dentro da faixa de 6,0 a 9,0.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pelo financiamento do projeto intitulado: **Caracterização Físico-Química da Água Pluvial no Espaço Urbano de Catalão (GO)**. Aos responsáveis pelas localidades onde estão instalados os pluviômetros.

REFERÊNCIAS

- BAINES, J. **Chuva Ácida**. São Paulo: Scipione, 1992.
- BELO, M.S.S.P. da et al. Uso de agrotóxicos na produção de soja do estado do Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.37, n.125, p.78-88, 2012.
- FELTRE, R. Química. São Paulo, 2004.
- HUTCHINSON, T.C.; MEEMA, K. **Effect of acidic deposition on Forests, Wetlands, and Agricultural Ecosystem**. Springer-Verlag, New York, 1987.
- KRUG, C.E.; FRINK, C.R. Acid rain on acid soil: a new perspective. **Science**, v.221, p.520-525, 1983.
- LEAL, T.F.M.; FONTENELE, A.P.G.; PEDROTTI, J.J.; FORNARO, A. Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo. **Química Nova**, v.27, n.6, p.855-861, 2004.
- WISBECK, E. et al. Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.16, n.4, p.337-342, 2011.
- XAVIER, R. P. et al. Microbiological quality of drinking rainwater in the inland region of Pajeú, Pernambuco, northeast Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**. v.53, n.3, p.121-124, 2011.
- ZERBINATTI, O. E. et al. Qualidade da água proveniente da chuva coletada em diferentes tipos de telhados. **Engenharia Ambiental**, v.8, n.3, p.19-37, 2011.

DISTRIBUIÇÃO, VARIABILIDADE E TEMPO DE RETORNO DE OCORRÊNCIA DE EVENTOS DE CHUVA EM MOSSORÓ, RN

Rudah Marques Maniçoba¹, José Espínola Sobrinho², Anna Kézia Soares de Oliveira³, Isaac Alves da Silva Freitas⁴, Danielly Lisboa Batista⁵

¹Eng. Agrícola e Ambiental, Doutorando em Manejo de Solo e Água, PPGMSA/UFERSA, Mossoró, RN, rudahmanicoba@gmail.com; ² Professor Doutor, DCAT/UFERSA, Mossoró, RN, jespínola@ufersa.edu.br; ³ Graduanda em Agronomia, UFERSA, Mossoró, RN, annakezia@outlook.com; ⁴ Mestrando em Manejo de Solo e Água, UFERSA, Mossoró, RN, Isaacntn@outlook.com; ⁵ Estudante de Arquitetura e Urbanismo, UNP, Mossoró, RN, daniellybatista@gmail.com

RESUMO: Objetivou-se analisar a distribuição mensal e anual da precipitação pluviométrica, a frequência de variabilidade e de eventos anômalos, e o seu tempo de retorno, no município de Mossoró-RN. Foi utilizada uma série histórica de dados de precipitação pluviométrica do município, o qual está localizado no Semiárido do estado do Rio Grande do Norte. Os dados foram obtidos do posto pluvial localizado no município, o qual pertence a Empresa de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Norte (EMPARN). A série é composta por dados mensais de precipitação correspondente a 54 anos de observações, compreendidos no período de janeiro de 1963 a dezembro de 2016. Os dados foram exportados para planilhas, organizados em séries mensais e anuais, e posteriormente submetidos à estatística descritiva. Uma metodologia foi proposta para detectar variabilidades e anomalias climáticas pelos desvios da precipitação pluviométrica. Os resultados revelaram que a maior precipitação anual foi registrada no ano de 1985 (2065,7 mm) e a menor em 1993 (144,0 mm). Diagnosticou-se que 37% dos anos foram enquadrados na classe “Anos Normais”, e que nos meses de setembro, outubro e novembro, o número de anomalias inferiores (ausência de chuva) foi maior que 60%. O período de retorno de uma precipitação anual ultrapassar 2.000 mm é de 54 anos. Já a média é superada a cada 2 anos. Conclui-se que, entre os anos de 1953 e 2016, os eventos de variabilidade e anomalia climática da chuva, abaixo da climatológica, foram eventos mais frequentes.

PALAVRAS-CHAVE: probabilidade, Semiárido, precipitação.

DISTRIBUTION, VARIABILITY AND TIME RETURN OF OCCURRENCE OF RAIN EVENTS IN MOSSORÓ, RN

ABSTRACT: The aim of this study was to analyze the monthly and annual distribution of rainfall, the frequency of variability and the anomalous events, and their time to return, in Mossoró-RN. A historical series of rainfall data of the municipality was used, which is located in the semi-arid region of the State of Rio Grande do Norte. The data were collected in rain station located in the municipality, which belongs to Empresa de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Norte (EMPARN). The series is composed of monthly precipitation data corresponding to 54 years of observations, comprised between January 1963 and December 2016. The data were exported to spreadsheets, organized in monthly and annual series, and subsequently submitted to descriptive statistics. A methodology was proposed to detect anomalies and climate variability by deviations from the rainfall. The results showed that the highest annual rainfall was recorded in the year 1985 (2065,7 mm) and the lowest in 1993 (144,0 mm). It was diagnosed that 37% of the years were classified in the class “Normal Years”, and that in September, October

and November, the number of lower anomalies (absence of rainfall) was greater than 60%. The return period of an annual rainfall exceeding 2000 mm is 54 years. The average is surpassed every 2 years. It is concluded, between the years 1963 and 2016, the events of variability and climatic anomaly of the rain, below the climatological, were more frequent events.

KEY-WORDS: probability, semi-arid, precipitation

INTRODUÇÃO

O comportamento da precipitação pluviométrica, como principal fonte de água, influencia diretamente o desenvolvimento social, ambiental e econômico das regiões de todo o planeta terra, sendo a precipitação um componente muito importante do ciclo hidrológico, pois consiste de uma variável de entrada, essencial para dinâmica do meio físico e ambiental. A precipitação é que governa os recursos hídricos renováveis, que afetam diretamente a geração de energia hidrelétrica e a segurança ambiental (SILVEIRA; FERNANDES; SILVA, 2017).

O conhecimento do regime de precipitação pluvial de uma região em relação à duração e ao final da estação chuvosa é fundamental para a elaboração de um calendário e implementação de projetos agrícolas (SILVA et al., 2011). O conhecimento da distribuição da precipitação fornece subsídio para determinar períodos críticos e, reduzir os problemas causados pela variabilidade da chuva, quer pelo emprego de irrigação ou implantação de culturas mais tolerantes ou adaptadas ao regime pluviométrico (OLIVEIRA et al., 2010).

A obtenção e aplicabilidade de informações como a probabilidade de ocorrência de chuvas e período de retorno de eventos chuvosos são necessárias para realização de planejamento hídrico (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007). Segundo Righetto (1998), qualquer variável hidrológica, quando analisada experimentalmente, assume valores dependentes do local e do tempo e sujeita as leis probabilísticas.

Em regiões semi-áridas como o Nordeste do Brasil, o monitoramento da precipitação, principalmente durante o período chuvoso, é muito importante para tomada de decisões que tragam benefício para população (SOBRINHO et al., 2011). Nos dias atuais, um bom monitoramento da precipitação pluviométrica é uma ferramenta indispensável na mitigação de secas e enchentes (PAULA; BRITO; BRAGA, 2010).

Desta forma, objetivou-se analisar a distribuição mensal e anual da precipitação pluviométrica, a frequência de variabilidade e de eventos anômalos, e o seu tempo de retorno no município de Mossoró-RN, por meio de metodologias simples, de fácil processamento e compreensão, que forneçam subsídios para a tomada de decisões que tragam benefícios a população e a agricultura não irrigada, e que promovam o uso sustentável do bioma Caatinga.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foi utilizada uma série histórica de dados de precipitação pluviométrica do município de Mossoró, o qual está localizado no Semiárido do estado do Rio Grande do Norte (05° 11' 15" S; 37° 20' 39" W e 15 m). Os dados utilizados foram obtidos do posto pluvial localizado no município, código de identificação 537043, o qual pertence a Empresa de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Norte

(EMPARN). Foi adquirida uma série histórica de dados mensais de precipitação correspondente a 54 anos de observações, compreendidos no período de janeiro de 1963 a dezembro de 2016, sendo esta, a série mais contínua que foi possível obter. Estes dados foram exportados para planilhas e organizadas as séries mensais e anuais para o posto em questão.

Inicialmente, foram produzidos gráficos de distribuição dos eventos chuvosos intra e interanual para toda a série histórica considerada, procedendo-se com verificações nas tendências dos dados de precipitação. Utilizou-se o programa Microsoft Excel para confeccionar os gráficos e realizar as curvas de tendência.

Na sequência de análises, com o intuito de detectar possíveis mudanças no regime de chuvas do município em termos de variabilidade e anomalia climáticas, os dados foram submetidos à estatística descritiva e uma metodologia foi proposta para detectar variabilidades e anomalias climáticas pelos desvios da precipitação pluviométrica.

Foram obtidas a média (\bar{X}) e desvio padrão (σ) de cada conjunto de dados, procedendo-se com o enquadramento dos valores de chuva em cinco classes distintas: “Anos Normais”, “Variabilidade Climática Superior”, “Variabilidade Climática Inferior”, “Anomalia Climática Superior” e “Anomalia Climática Inferior” (Figura 1). Desta forma, o critério utilizado foi o seguinte:

- Anos Normais – Aqueles anos com valores compreendidos dentro do limite ($\bar{X} \pm 1/2\sigma$);
- Variabilidade Climática - Aqueles anos com valores compreendidos nos limites entre a $(\bar{X} \pm 1/2\sigma) \pm (1/2\sigma)$;
- Anomalia Climática - Aqueles anos com valores compreendidos acima ou abaixo do limite ($\bar{X} \pm \sigma$).

Com base nos critérios adotados anteriormente, foi realizada uma análise de frequência, contabilizando-se a quantidade e percentual de anos, e meses, em que foram observados a ocorrência de cada classe estabelecida, por meio do programa Microsoft Office Excel.

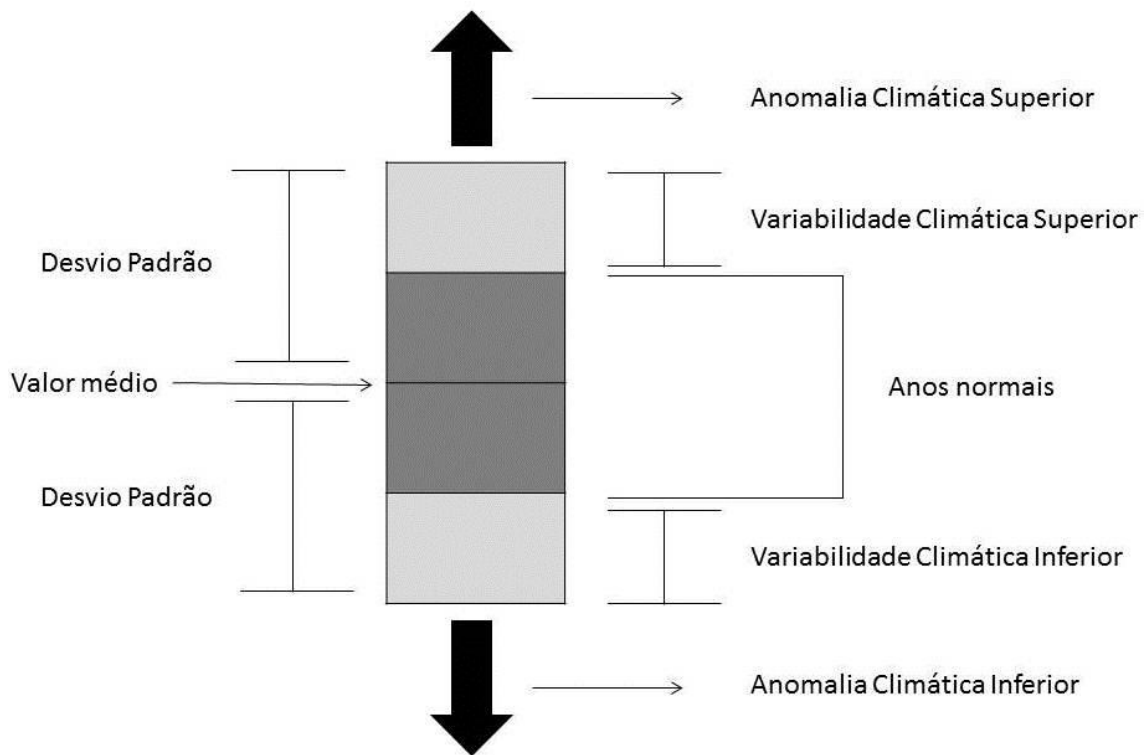


Figura 1. Esquema dos critérios estabelecidos para caracterização das classes: Anos Normais; Variabilidade Climática Superior; Variabilidade Climática Inferior; Anomalia Climática Superior e Anomalia Climática Inferior.

A análise de probabilidade de ocorrência de chuvas e período de retorno, foram feitas de acordo com a metodologia proposta por Kimball (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007). No primeiro caso, utilizou-se de uma distribuição cumulativa empírica (Equação 1), na qual sua determinação é feita por meio de ordenação crescente dos valores, indicando a probabilidade de ocorrência de chuvas ser igual ou menor ao limite escolhido.

$$P = \left(\frac{m}{n+1} \right) * 100 \quad (1)$$

em que:

m = número de ordem do valor escolhido na sequência ordenada.

n = número de dados da série.

Foi observado que alguns meses apresentavam muitos valores zerados, quer dizer, com ausência de chuvas, ao longo da série histórica. Portanto, uma segunda equação foi utilizada para a análise sequencial de dados mensais (Equação 2).

$$P = \left(1 - \frac{No}{n} \right) * \left(\frac{m}{n+1-No} \right) * 100 \quad (2)$$

em que:

No = número da ocorrência de valores nulos.

O período de retorno ou tempo de recorrência (T), que representa o tempo médio (medido em anos) em que um determinado evento deve ser igualado ou superado pelo menos uma vez, foi determinado pela Equação 3.

$$T = \frac{1}{1-P} \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os totais mensais e a linha de tendência climática dos dados de precipitação pluviométrica para o município de Mossoró, Rio Grande do Norte, ao longo da série histórica avaliada (1963-2016) podem ser visualizados na Figura 2. Pôde-se observar que, no primeiro semestre (janeiro a junho) (Figura 2.A), é o período predominantemente mais chuvoso para o município, com destaque para os meses de março e abril, com médias de 192,1 mm e 186,1 mm, respectivamente. Esse período mais úmido engloba o final do verão e início de outono. Por outro lado, os meses de agosto a outubro apresentaram totais bem menores, permitindo afirmar que as estações de inverno e primavera são relativamente secas.

Nota-se que, em termos de distribuição e quantidade, a configuração intranual da chuva para Mossoró é semelhante a maioria dos municípios localizados no Semiárido brasileiro, pois ocorre nestas regiões dois períodos distintos marcantes: um primeiro, com chuvas típicas de verão/outono, concentradas entre os meses de janeiro a abril, com destaque para os meses de março e abril, e um segundo período, de junho a dezembro, com poucas quantidades de chuvas de maio e dezembro (Figura 2.B).

A precipitação máxima mensal foi registrada no mês de abril de 1985, sendo de 677,60 mm, e verificou-se que, ao longo desse período de 54 anos, em todos os meses já foram registradas ausência de precipitação pluviométrica, com exceção do mês de Abril, que não apresentou nenhum ano sem chuva. No entanto, esse mesmo mês, que é o mais chuvoso, teve no ano de 2015 seu menor valor, com precipitação de apenas 4,3 mm, indicando que, mesmo nos meses em que frequentemente são observados maiores quantidades de chuvas, estas podem não existir, ou serem em quantidades insignificantes, devido a ação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é considerado o único sistema de grande escala responsável por precipitações pluviométricas (DINIZ; PEREIRA, 2015), que durante a declinação mínima solar pode atingir latitudes de até 8° Sul, sendo as chuvas do Nordeste mais abundantes neste período (VIANELLO; ALVES, 2012), ou aos efeitos do fenômeno de El Niño/La Niña, e a sazonalidade de sistemas convectivos e atuação de massas de ar responsáveis pela formação das chuvas nesta região (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

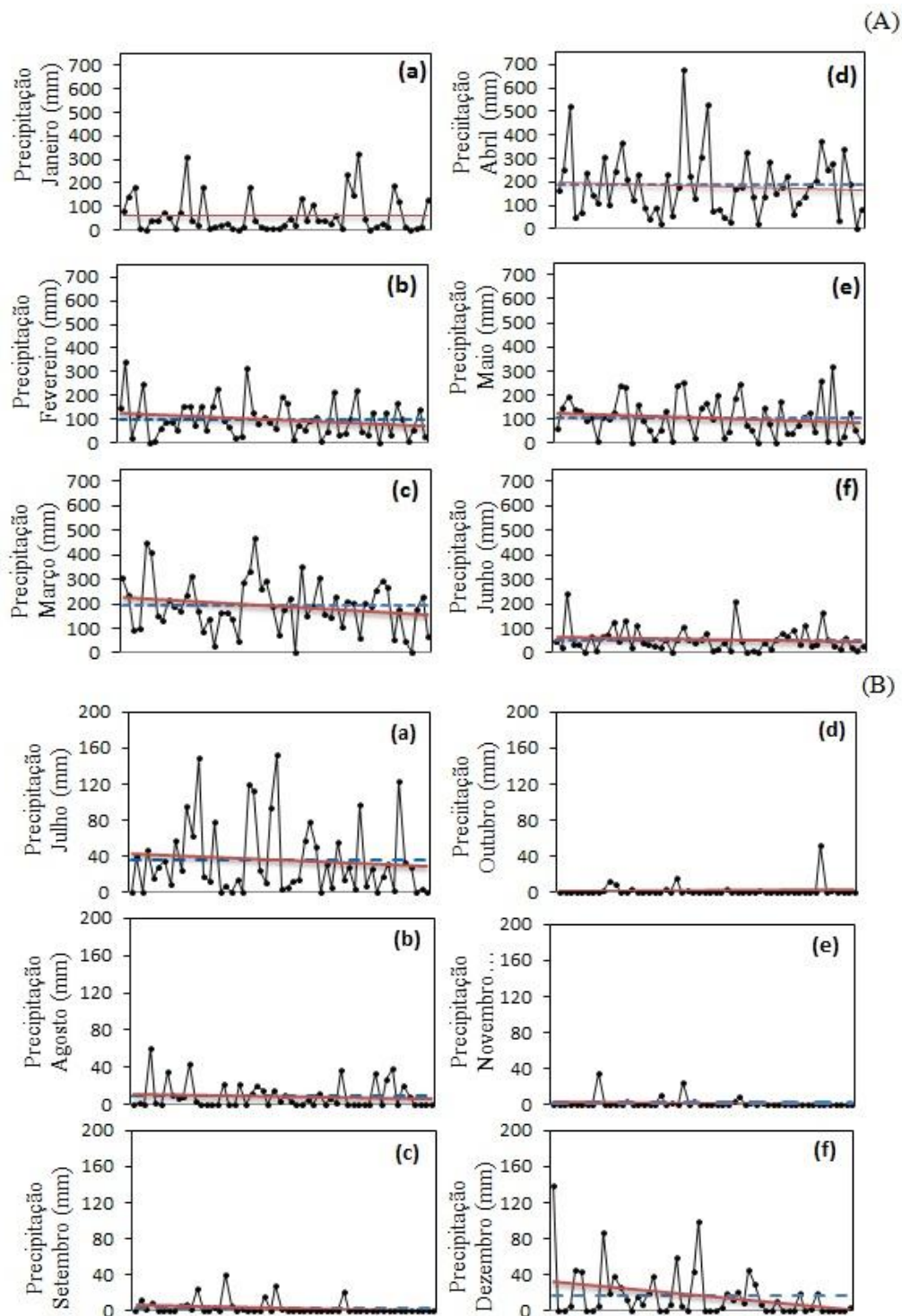


Figura 2. Regime pluviométrico do primeiro semestre anual (A): janeiro (a), fevereiro (b), março (c), abril (d) maio (e) e junho (f); e segundo semestres anual (B): julho (a), agosto (b), setembro (c), outubro (d) novembro (e) e dezembro (f); do município de Mossoró-RN, no período de 1963 a 2016. (---) Média mensal da série histórica. (—) Linha de tendência linear.

Na Figura 3 são apresentados os totais anuais e a tendência climática da chuva para o município de Mossoró, RN. Constatou-se que a média anual de chuva para o município é de 772,0 mm, sendo que ao longo da série analisada (1963-2016) observa-se que o ano de 1985 foi demasiadamente chuvoso, sendo aquele com maior precipitação anual acumulada (2065,7 mm) e a menor precipitação ocorreu em 1993 (144,2 mm).

Dentre os 54 anos de totais anuais de precipitação pluviométrica, os anos de 1983 (145,0 mm), 1990 (336,0 mm), 1993 (144,2 mm) e 1998 (319,0 mm) se destacaram como sendo os anos menos chuvosos de toda a série. Esses números bem abaixo da média história podem ser relacionados ao aquecimento do Oceano Pacífico. Em ambos os casos, o Pacífico se apresentava como El Nino Muito Forte (MONTEIRO; ROCHA; ZANELLA, 2012). Com o aquecimento do oceano e o enfraquecimento dos ventos, observam-se mudanças na circulação atmosférica nos níveis baixos e altos, determinando alterações nos padrões de transporte de umidade e, portanto, variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. Segundo Costa (2012), há uma forte correlação entre o referido fenômeno El Nino e a ocorrência de seca na Região Nordeste, particularmente na sua porção semiárida.

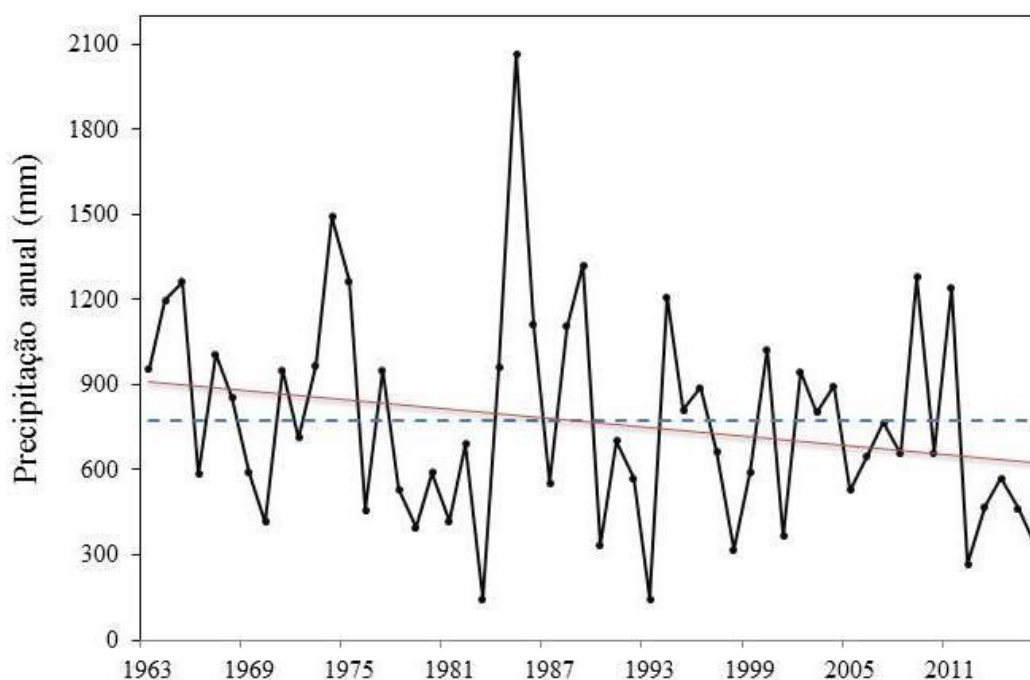


Figura 3. Regime pluviométrico anual do município de Mossoró-RN, no período de 1963 a 2016 (54 anos de dados observados). (---) Média mensal da série histórica. (—) Linha de tendência linear.

Os anos mais chuvosos ocorreram com mais frequência em períodos que o Oceano Pacífico estava neutro, com La Nina moderada ou com La Nina Muito forte. Os anos de 1974 (1492 mm) e 2011 (1243 mm) apresentaram totais bem superiores a média histórica do período analisado, que é de 772 mm. Nesses anos (1974 e 2011), o Oceano Pacífico se caracterizava como La Nina forte. No ano de 1985, ano mais chuvoso da série, o oceano pacifico sofreu atuação de uma La Nina fraca, cujo resfriamento teve inicio em Outubro de 1984 e término em Setembro de 1985. Dentro desse intervalo, o

mês de Abril de 1985 se tornou o mês mais chuvoso dos últimos 54 anos, com total mensal de 677,6 mm.

Em relação a análise na detecção de tendências climáticas no padrão pluviométrico para os valores mensais de chuva, os resultados não mostraram tendência significativa de redução da precipitação ($p < 0,05$), provavelmente devido a grande variabilidade dos dados, no entanto, observa-se que houve tendências negativas para os meses de fevereiro, março, abril, maio, junho, julho e dezembro, além do anual (Figura 3). Marengo e Valverde (2007) analisando anomalias de chuva sazonal durante a estação chuvosa nos meses de fevereiro a maio para a região Nordeste nos anos de 1901 a 1998, com referência ao período de 1961 a 1990, usando dados da Climate Research Unit (CRU), verificaram que a partir da década de 1970 a quantidade de chuvas nesta região foi reduzida, quando comparada com anos anteriores, e que o ano de 1985 foi bastante úmido.

É possível observar a redução das chuvas ao longo das décadas, mesma ideia verificada pelo IPCC na redução das chuvas na região Nordeste. Os modelos do IPCC apontam redução de até 20%, por década, do volume anual de chuvas na região. Essa perspectiva de redução de precipitação em uma região que já apresenta baixos índices pluviométricos contribui para o incentivo de mudanças de hábitos de manejo e conservação de água, principalmente no meio urbano e nas grandes áreas agrícolas.

A metodologia proposta para obtenção de critérios quanto à determinação de anos normais, variabilidade climática e anos anômalos, pode ser utilizada em séries de dados de chuva, visto que, é de fácil execução e representa uma caracterização inicial quanto ao regime pluviométrico de um local. Na Tabela 1, é apresentada a estatística descritiva, assim como os intervalos das classes sugeridas (em termos de valores de precipitação), número de anos enquadrados nas classes e sua respectiva porcentagem, para os totais anuais e mensais da precipitação pluviométrica do município de Mossoró – RN.

Em relação a distribuição de frequência dos intervalos de classes de precipitação, diagnosticou-se para os valores anuais, uma maior frequência de anos enquadrados na classe “Anos Normais”, com uma porcentagem de ocorrência igual a 37%, equivalente a 20 anos, onde os registros de chuva no intervalo entre 586,8 mm e 958,4 mm foram os mais observados na série, seguidos de variabilidade climática inferior (VCI) igual a 20% (valores de chuva compreendidos no intervalo de 401,1 mm e 586,8 mm) e Anomalia Climática Superior (ACS) (valores acima de 1144,1 mm) igual a 17% (Tabela 1). Entre os meses de dezembro a julho, existe maior ocorrência de “Anos normais”, com valores entre 31 e 48%. Já nos meses de setembro, outubro e novembro, o número de anomalias inferiores (ausência de chuva) foi maior que 65%. O mês de outubro foi aquele com maior frequência de anos anômalos inferiores (ACI), onde em 76% dos anos observados (equivalente a 41 anos) foram registrados ausência de precipitação mensal.

Os resultados mostrados anteriormente mostram que normalmente ocorre a precipitação média nos meses mais chuvosos, e que nos meses mais quentes, os eventos de variabilidade e anomalia climática da chuva, abaixo da normal climatológica, são mais frequentes. Portanto, nos meses de agosto a novembro existe uma probabilidade enorme de que a precipitação seja zero, quer dizer, que não ocorra precipitação.

Tabela 1. Estatística, intervalos de precipitação, números de anos e porcentagem de anos enquadrados nas classes: “Anos Normais”, “Variabilidade Climática Superior”, “Variabilidade Climática Inferior”, “Anomalia Climática Superior”, e “Anomalia

Climática Inferior”, para valores anuais e mensais da precipitação pluviométrica do município de Mossoró-RN, no período de 1965 a 2006.

	Períodos analisados												
	Anual	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Média	772,6	63,8	100,4	192,1	186,1	106,5	53,6	36,0	9,4	3,6	2,1	1,9	17,2
Desvio P.	371,5	77,6	78,1	106,0	136,0	81,2	49,6	40,9	13,9	8,2	7,5	6,1	27,5
Máximo	2065,7	321,2	345,2	468,4	677,6	319,9	243,6	153,2	60,6	40,0	52,0	34,9	138,4
Mínimo	144,2	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Valores de precipitação pluviométrica													
Anomalia I													
LI - Variab.	401,1	0,0	22,2	86,1	50,1	25,3	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LI - Normal	586,8	25,0	61,3	139,1	118,1	65,9	28,7	15,6	2,4	0,0	0,0	0,0	3,5
LS - Normal	958,4	102,5	139,5	245,1	254,1	147,0	78,4	56,4	16,3	7,7	5,8	5,0	30,9
LS - Variab.	1144,1	141,3	178,5	298,1	322,1	187,6	103,2	76,9	23,3	11,7	9,6	8,0	44,7
Anomalia S													
Nº anos compreendidos nas classes													
ACI	8	4	7	9	7	11	3	8	21	35	41	40	20
VCI	11	20	15	5	12	10	15	17	7	0	0	0	3
Normal	20	17	17	26	23	18	25	16	15	11	9	10	21
VCS	6	5	8	6	5	6	3	3	4	2	0	0	4
ACS	9	8	7	8	7	9	8	10	7	6	4	4	6
Porcentagem de ocorrência													
ACI	15%	7%	13%	17%	13%	20%	6%	15%	39%	65%	76%	74%	37%
VCI	20%	37%	28%	9%	22%	19%	27%	31%	13%	0%	0%	0%	6%
Normal	37%	32%	31%	48%	43%	33%	46%	30%	28%	20%	17%	19%	39%
VCS	11%	9%	15%	11%	9%	11%	6%	6%	7%	4%	0%	0%	7%
ACS	17%	15%	13%	15%	13%	17%	15%	18%	13%	11%	7%	7%	11%

Anomalia I = Anomalia Inferior; LI - Variab. = Limite Inferior da Variabilidade; LI - Normal = Limite Inferior Normal; LS - Normal = Limite Superior Normal; LI - Variab. = Limite Superior da Variabilidade; Anomalia S = Anomalia Superior; ACI = Anomalia Climática Inferior; VCI = Variabilidade Climática Inferior; VCS = Variabilidade Climática Superior; ACS = Anomalia Climática Superior.

Em relação a análise de probabilidade de ocorrência de chuvas, esta foi determinada mês a mês com intuito de verificar qual a probabilidade que ocorre eventos chuvosos iguais ou inferiores aos registrados para o município (Figura 4).

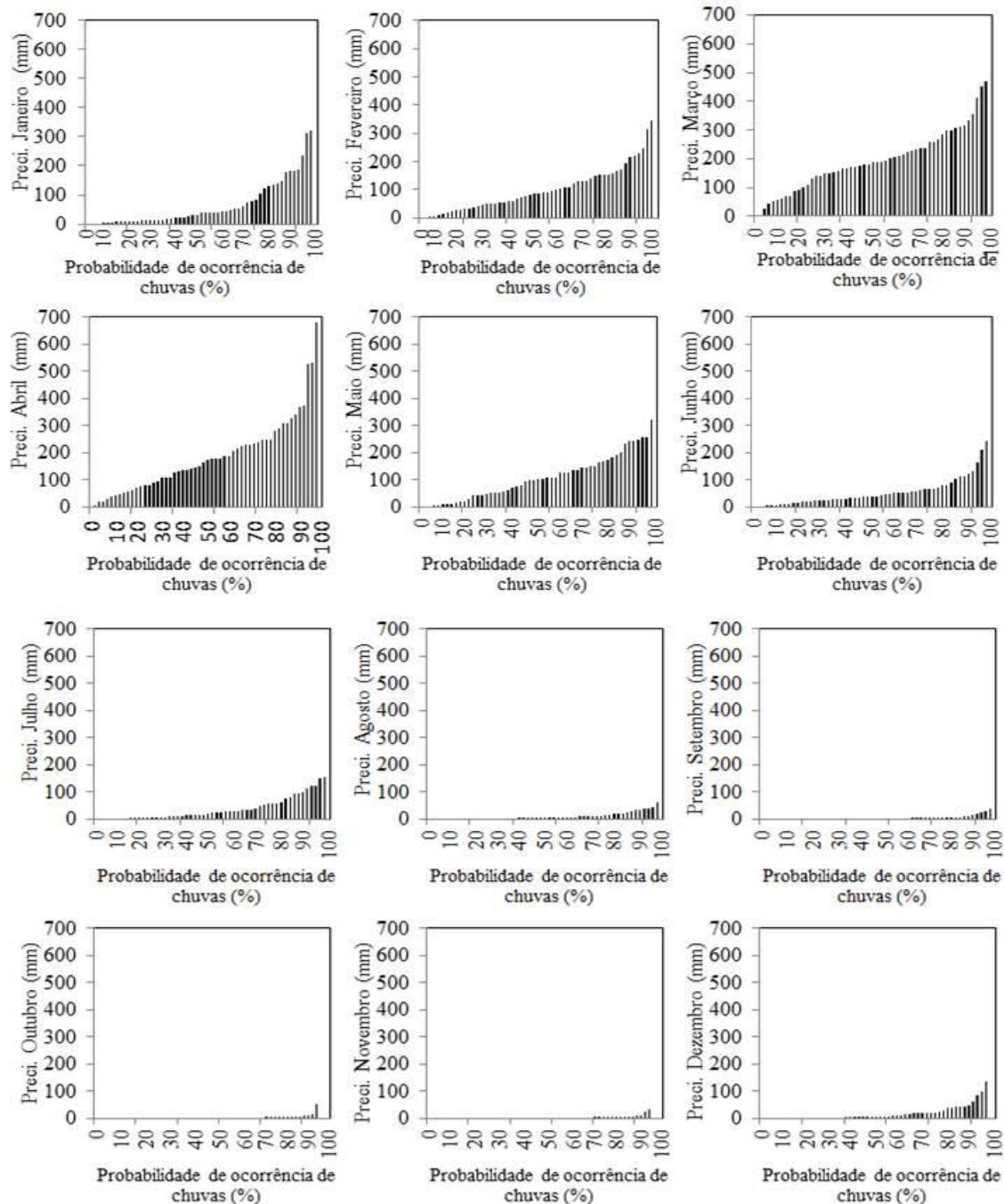


Figura 4. Distribuição de probabilidade acumulada de ocorrência de chuva igual ou menor que o valor indicado, referente aos totais mensais de janeiro a dezembro, em Mossoró, RN, de 1963 a 2016. Ordenamento crescente.

Durante os meses de fevereiro a maio, a probabilidade de ocorrer eventos mínimos de precipitação é de menos de 10%, ou seja, a ocorrência de chuva mesmo que em pequenas quantidades são mais frequentes. Sendo que probabilidades maiores referem-se a volumes de precipitação também maiores.

Para os meses de junho a dezembro, observa-se que as maiores frequências de chuvas são para valores mínimos, visto que se observa grande quantidade de ausência de chuvas para os meses ao longo do ano, a exemplo dos meses de agosto à novembro, onde a probabilidade de ocorrência de valores iguais ou inferiores a 35,1 mm (ago) 22,0 mm (set); 12 mm (out) e 11 mm (nov), respectivamente, é de 90,0%. Fica perceptível

que esses períodos necessitam de maiores ações relacionadas a escassez dos recursos hídricos.

Em relação ao período de retorno, a ocorrência de valores extremos máximos é de 54 anos, para todos os meses e anos. O período de retorno para uma precipitação pluviométrica anual abaixo de 300 mm, valor menor do que metade da média histórica, foi de 14 anos. Para precipitação anual atingir pelo menos a média, o período de retorno é de 2 anos.

CONCLUSÕES

O período chuvoso de Mossoró tem seu início no verão e se encerra no outono, sendo os meses de Janeiro a abril os mais chuvosos, com grande destaque para março e abril, cujas médias mensais históricas são, respectivamente, 192,1 mm e 186,1 mm.

O período de retorno de uma precipitação equivalente a média anual (772,6 mm) é de dois anos, quer dizer, a cada dois anos, a precipitação anual atinge a média. O período de retorno para que ocorra novamente precipitações anômalas negativas, como ocorreu nos anos de 1983 (145,2 mm) e 1993 (144,2) é de 27 anos.

Destaca-se que a metodologia para determinação de anomalia e variabilidade climática foi satisfatória, e mostrou que 37% dos anos foram enquadrados na classe “Anos Normais”. Os meses de outubro e novembro apresentaram alta porcentagem de eventos anômalos negativos.

REFERÊNCIAS

COSTA, J. de A. O Fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. **Revista Científica do IFAL**, v. 1, n. 4, p. 72-84, 2012.

DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C. P. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, n. 8, p. 5-28, 2007.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. 206 p.

MONTEIRO, J. B.; ROCHA, A. B.; ZANELLA, M. E. Z. **Técnica dos Quantis para caracterização de anos secos e chuvosos (1980-2009): baixo curso do Apodi-Mossoró/RN**. Revista do Departamento de Geografia (USP), p. 232-249, 2012.

OLIVEIRA, J. P. B.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; JASPER, A. P. S.; OLIVEIRA, L. B. Precipitação Provável para Alegre-ES através da distribuição de probabilidade gama. **Engenharia Ambiental**, v. 7, p. 204-211, 2010.

PAULA, R. K. de; BRITO, J. I. B. de; BRAGA, C. C. Utilização da análise de componentes principais para verificação da variabilidade de chuvas em Pernambuco. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Belém do Pará, PA. 2010, CD Rom.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Meteorologia Agrícola. Piracicaba, SP, 2007. 192 p.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recurso Hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998. 840 p.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; AZEVEDO P. V.; SOUSA, F. A. S.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, vol. 15, n. 2, p. 131-138, 2011.

SILVEIRA, R. N. P. de O.; FERNANDES, L. L.; SILVA, M. de N. A. da. Tendência de precipitações pluviométricas e avaliação da influência dos ENOS no distrito de Abunã, Rondônia. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**. Pombal, v. 11, n. 1, p. 14-20, 2017.

SOBRINHO, J. E.; PEREIRA, V. C.; OLIVEIRA, A D.; SANTOS, W. O.; SILVA, N. K. C.; MANIÇOBA, R. M. Climatologia da precipitação no município de Mossoró-RN. Período: 1900-2010. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 17, 2011.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2012. 460 p.

ALBEDO DE CAATINGA PRESERVADA COMPARADO COM CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA

Herica Fernanda de Sousa Carvalho¹, Magna Soelma Beserra de Moura², Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão³, Carlos Tiago Amâncio Rodrigues⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Bolsista DTI, CNPQ, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, hericafernanda_17@hotmail.com;

²Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, magnamoura@embrapa.br; ³Professor, UNIVASF, Juazeiro-BA; ⁴Mestrando, UNIVASF, Juazeiro-BA, E-mail; ⁵Professor, UFRPE/UAST, Serra Talhada-PE.

RESUMO: Objetivou-se avaliar e comparar estatisticamente o comportamento sazonal do albedo, em função do ângulo de elevação solar para duas superfícies no Submédio do Vale do São Francisco: uma área de caatinga preservada e um cultivo de cana-de-açúcar irrigada, durante junho de 2015 a maio de 2016. Para levantamento dos dados foram instaladas torres micrometeorológicas em cada área experimental, equipadas com piranômetros para medição da radiação solar global incidente e radiação refletida. O albedo de ambas as superfícies foi calculado fazendo-se a razão entre a radiação refletida e a radiação incidente. Os resultados obtidos mostraram que o albedo da caatinga preservada foi menor do que o albedo da cana-de-açúcar, e que em ambas as áreas ocorrem variações sazonais, porém, no cultivo da cana-de-açúcar, o albedo foi aumentando conforme ocorria o crescimento da cultura. Em termos numéricos o albedo da cana-de-açúcar apresentou uma maior variação e chegou a ser até 63% maior do que o albedo da caatinga, porém, em função de uma maior exposição do solo úmido, houve uma igualdade dos valores do albedo no período inicial de crescimento da cana-de-açúcar. Diante dos resultados conclui-se que, a substituição de uma área de caatinga preservada por um cultivo de cana-de-açúcar irrigado resulta em um aumento do albedo, conseqüentemente ocorre uma diminuição de absorção de radiação e da disponibilidade de energia à superfície.

PALAVRAS-CHAVE: cultivo agrícola, reflexão, vegetação nativa

PRESERVED CAATINGA OF ALBEDO COMPARED WITH IRRIGATED SUGAR CANE CULTIVATION

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate and statistically compare the seasonal behavior of the albedo as a function of the solar elevation angle for two surfaces in the Submedio of the São Francisco Valley: a preserved caatinga area and an irrigated sugar cane crop during June 2015 to May 2016. For data collection, micrometeorological towers were installed in each experimental area, equipped with pyranometers to measure the incident global solar radiation and reflected radiation. The albedo of both surfaces was calculated by making the ratio between the reflected radiation and the incident radiation. The results showed that the albedo of the preserved caatinga was smaller than the sugarcane albedo, and that in both areas seasonal variations occur, however, in the cultivation of sugarcane, the albedo increased as it occurred The growth of culture. In numerical terms the sugarcane albedo showed a greater variation and was up to 63% higher than the albedo of the caatinga, but due to a greater exposure of the moist soil, there was an equality of the albedo values in the albedo. Initial period of growth of sugarcane. In view of the results, it is concluded that the substitution of a caatinga area preserved by an irrigated sugarcane crop results in an increase of the albedo, consequently a decrease in the absorption of radiation and the availability of energy to the surface.

KEY-WORDS: agricultural crop, native vegetation, reflection

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar foi introduzida na região do Submédio do vale São Francisco desde a década de 70, e até o momento é crescente a expansão dos seus campos agrícolas, alterando a paisagem da vegetação nativa - caatinga. Essas modificações causam alterações na biodiversidade, no meio físico e, sobretudo no clima local. Um dos parâmetros climáticos que avalia o comportamento das trocas de energia em diferentes tipos cobertura vegetal é o albedo, coeficiente que varia conforme condições de solo, umidade do solo e do ar, ângulo de elevação solar, entre outras (LEITÃO, 2002).

Estudos deste parâmetro já foram realizados no Submédio do Vale São Francisco, por Teixeira et al. (2008) em três tipos de superfície: cultivos irrigados (videira para produção de uvas de vinhos e mesa) pomar de mangueira, e caatinga, verificando albedo médio na ordem de 22%, 19%, 16% e 14%, enquanto Cunha et al. (2013) utilizando imagens MODIS, encontraram valores de albedo oscilando entre 14% e 18% entre os anos de 2004 e 2007. Já Sousa et al. (2015) verificaram variações entre 15% e 20% ao longo do ano de 2012 em caatinga preservada.

No entanto, para melhorar as informações da variação deste parâmetro na região do Submédio do vale São Francisco, sobretudo no que tange as mudanças do uso da terra, objetivou-se avaliar o comportamento sazonal do albedo conforme o ângulo de elevação solar, e comparar estatisticamente o comportamento do albedo em determinados períodos do ano em dois tipos de cobertura vegetal distintas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o período de junho de 2015 a maio de 2016 em dois sítios experimentais: uma área de caatinga preservada e um cultivo de cana-de-açúcar irrigado, localizados no Submédio do Vale São Francisco, região semiárida do Brasil. O sítio de vegetação preservada (caatinga) encontra-se na Embrapa Semiárido (09°05'S; 40°19'O; 350 m de altitude), no município de Petrolina-PE. O solo predominante é do tipo Amarelo Eutrófico, sua área de 600 ha está preservada a mais de 35 anos, e é composta de espécies de porte arbóreo-arbustivo, de caráter espinhento, hiperxerófila, caducifólias, folhas pequenas, com altura variando de 4 a 7 metros. O cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* spp.) está localizado em um talhão comercial da Agrovale, no município de Juazeiro-BA (09°26'S; 40°19'O; 396 m). O solo predominante na área é do tipo Vertissolo, área de 13,97 ha⁻¹, ciclo cana-soca, variedade VAT 90-212, plantada no sentido Leste-Oeste, com fileiras em espaçamento duplo de 1.30 m x 1.0 m, irrigada por sistema de gotejamento sub-superficial.

No centro de cada área experimental instalou-se uma torre micrometeorológica equipada com um saldo radiômetro de quatro componentes (CNR1 Net radiometer - Kipp & Zonen B.V. Delft Netherlands), posicionado a 7 metros de altura, para medição sobre os dosséis, dos componentes do balanço de radiação de ondas curtas: radiação solar global (R_g) e radiação solar refletida (R_r), bem como do balanço de radiação de ondas longas: radiação atmosférica e radiação emitida pela superfície dos dosséis. Para o cálculo do albedo utilizou-se a equação 1.

$$\alpha = \frac{R_r}{R_g} \times 100 \quad (1)$$

em que: α = albedo, R_g = radiação solar global incidente (W m⁻² dia⁻¹), R_r = radiação refletida (W m⁻² dia⁻¹),

Os dados médios obtidos durante o período experimental a cada 30 minutos, foram relacionados com o ângulo de elevação solar. Em seguida, foram integrados em escala diária e agrupados em cinco períodos conforme volume e número de dias com chuva, caracterizados da seguinte forma: período seco: chuva <20 mm, em 5 dias; chuvoso: >20 mm, 5 dias; e transição: >13 mm, 5 dias. Assim, os períodos de avaliação foram os seguintes: Seco/2015 (01/06/2015 à 06/11/2015); Transição seco/chuvoso (07/11/2015 à 07/01/2015); Chuvoso (08/01/2016 à 31/01/2016); Transição chuvoso/seco (01/02/2016 à 25/05/2016) e Seco /2016 (26/05/16 à 06/11/2016). As análises estatísticas consistiram em comparar o albedo das duas áreas e o albedo de cada área por período. Na primeira análise utilizou-se o teste de Kruskal Wallis e Dunn, enquanto na segunda, utilizou-se o teste de Mann Witney, e para ambas adotou-se o nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentado o comportamento médio horário de 7 às 17 horas do albedo em função da elevação solar para os dois tipos de superfícies. Percebe-se que nas duas superfícies a variação do albedo ocorre em função dos menores ângulos de elevação solar, nas primeiras horas da manhã e no final da tarde, situação em que praticamente não há aproveitamento de energia pelas plantas e a incidência de luz é quase paralela às superfícies dos dosséis vegetativos.

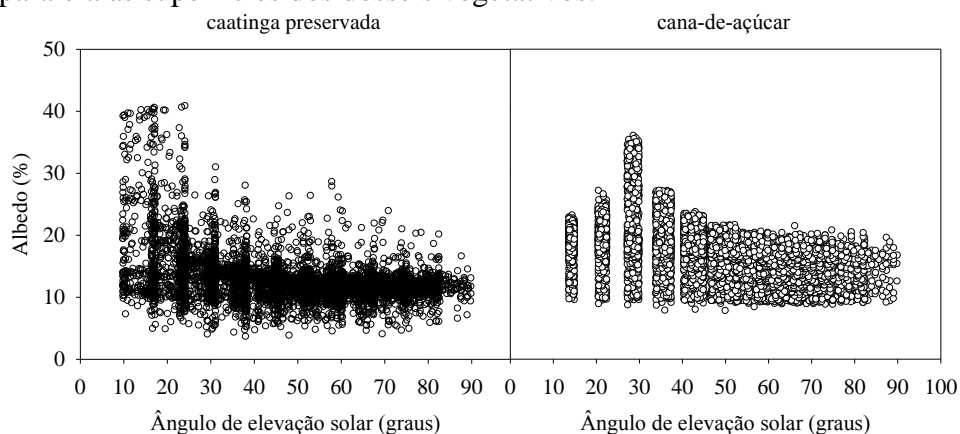


Figura 1. Comportamento do albedo horário em função do ângulo de elevação solar em área de caatinga preservada (A) e cana-de-açúcar irrigada (B), no Submédio do Vale São Francisco, Semiárido brasileiro.

Nota-se que, os maiores valores de albedo como é de se esperar estão associados aos menores ângulos de elevação do Sol. Tais situações foram relatadas por Moura et al. (1999) para vegetação nativa e pastagem na Amazônia, bem como por Souza et al. (2010) para a cultura da soja. Na caatinga o aumento da incidência dos raios solares aumenta para ângulos de elevação acima de 30°, enquanto na cana-de-açúcar isso acontece o ângulo a partir de 40°. Em ambos os casos, muito provavelmente a arquitetura dos dosséis influenciam tais diferenças.

O albedo apresenta diferenças significativas dependendo da época do ano, (Tabela 1), as quais estão associadas às mudanças no comportamento vegetativo e às condições de solo. Na caatinga preservada, o albedo do período de transição (seco-chuvoso) foi superior em relação aos demais. Esta situação ocorre devido à vegetação

de caatinga ser esparsa e neste período, o solo apresentar-se mais exposto, sua umidade ser mais baixa e a coloração do dossel está acinzentada.

O período chuvoso apresentou semelhança em relação ao período de transição seco/chuvoso, porém, a magnitude foi cerca de 7% menor. A precipitação durante o mês de janeiro foi acima da média alcançando 263,1 mm, o que proporcionou uma resposta das plantas e contribuiu para maior aproveitamento de energia e acúmulo de biomassa. Já no cultivo de cana-de-açúcar o único período inferior aos demais, foi o seco/2015, que corresponde ao início do ciclo, época em que a cultura tinha um porte baixo, o solo úmido e mais exposto aos raios solares. Posteriormente, a tendência foi aumentar com pequenas oscilações, até o final do ciclo.

Comparando-se o albedo das duas superfícies, tem-se que o único momento em que as magnitudes foram próximas, foi no período seco/2015, seguido de diferenças significativas até o final do ciclo (Tabela 1). Estes resultados concordam com as observações feitas por Teixeira et al. (2008) para a mesma região. Moura et al. (1999), ao avaliar superfícies do tipo pastagem e vegetação nativa (floresta tropical) também observaram comportamento semelhante.

Tabela 1. Valores médios do albedo em área de caatinga preservada e cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco, Semiárido nordestino brasileiro

Superfícies	Períodos				
	seco/2015	transição seco/chuvoso	chuvoso	transição chuvoso/seco	seco/2016
Caatinga	13,7 Ab	16,4 Ba	15,3 Ba	13,8 Bb	12,4 Bb
Cana-de-açúcar	13,7 Ab	19,2 Aa	17,8 Ab	22,1 Aa	20,2 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si

Ao se comparar os valores de albedo das duas superfícies, percebe-se que apenas no início do ciclo os valores são semelhantes, não apresentando impactos no que concerne substituir caatinga por cana-de-açúcar. No entanto, à medida que a cultura da cana-de-açúcar vai crescendo, durante o período de transição (seco/chuvoso), que coincide com os meses de maior incidência de radiação solar global na região, ocorre aumento do albedo de 25%. Por outro lado, com a chegada do período chuvoso o albedo tende a diminuir e a diferença cai para 16%. Por último, na transição (chuvoso/seco) e no final do ciclo (seco/2016), o albedo aumentou, chegando a ser superior a 60% e 63%, respectivamente, da vegetação nativa para a cana-de-açúcar irrigada.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados conclui-se que, quando uma área de caatinga preservada é substituída por um cultivo irrigado de cana-de-açúcar ocorre um aumento do albedo e consequentemente diminuição da absorção de radiação e da disponibilidade de energia à superfície, alterando o balanço de radiação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Processo 483223/2011-5) e FACEPE (Processo APQ-0062-1.07/15) pelo auxílio financeiro e a CAPES pela concessão da Bolsa de mestrado da primeira autora.

REFERÊNCIAS

CUNHA, A. P. M. A. et al. Impactos das mudanças de cobertura vegetal nos processos de superfície na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 28, p.139-152, 2013.

LEITÃO, M. M. V. R.; OLIVEIRA, G. M. Influência da irrigação sobre o albedo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 4, n. 2, p.214-218, 2000.

MOURA, M. A. L. et al. Variação do albedo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.7, n.2, p.163-168, 1999.

SOUZA, P. J. de O. et al. Albedo da cultura da soja em área de avanço da fronteira agrícola na Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande-PB, v.14, n.1, p.65-73, 2010.

TEIXEIRA, A. H. de C. et al. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semi-arid Brazil. **Journal of Hydrology**, New Work, v. 362, p. 110-127, 2008.

ANÁLISE DE BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL E ÍNDICE DE ARIDEZ PARA PETROLINA

Cleiza C. Silva, Élidea E. P. Oliveira, Cláudio M. Santos e Silva, Bergson G. Bezerra
Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas (DCAC), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal/RN, cleiza18@gmail.com, elida_elouise@hotmail.com,
claudiomoises@ccet.ufrn.br, bergson.bezerra@gmail.com

RESUMO: O objetivo deste trabalho é analisar o Excedente e o Déficit Hídricos Mensais, além do Índice de Aridez Anual (IA) para cidade de Petrolina-PE, durante o período 1980-2013. Para a obtenção dessas variáveis calculou-se o Balanço Hídrico Sequencial utilizando os dados de precipitação e temperatura mensais. O IA foi calculado a partir de estimativas do total anual de evapotranspiração potencial (ETp) e precipitação. Para analisar a tendência linear aplicou-se o teste de Mann-Kendall. Os resultados indicam no período de 1980 a 2013 houve excedente hídrico em apenas três meses. O IA apresentou tendência de diminuição, embora não tenha sido detectada significância ao nível de 5%. Essa diminuição no valor de IA foi condicionada pelo aumento ETp anual, que apresentou tendência com significância estatística ao nível $p < 0.001$. Assim, conclui-se que o clima da região de Petrolina se tornou mais seco no período de 1980-2013.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração Potencial, Precipitação, Índice de Aridez.

SEQUENTIAL WATER BALANCE ANALYSIS AND DRYNESS INDEX FOR PETROLINA

ABSTRACT: The present work aim to analyze the Monthly values of surplus and deficit water, as well as the Annual Aridity Index (IA) for Petrolina-PE municipality, from 1980 to 2013 period. In this sense, the Sequential Water Balance (BHS) was calculated by using monthly precipitation and temperature data. The AI was calculated with data of annual potential evapotranspiration (ETp) and precipitation. In order to evaluate possible linear trend, the Mann-Kendall nonparametric test was applied. The results indicates water surplus only during three months for 1980 to 2013 period. A no statistical decrease linear trend in AI was identified, and the results suggest a link between this decrease with an annual increase in ETp ($p < 0.001$). Thus, based it is concluded that the climate of the Petrolina region became drier in the period 1980-2013.

KEY-WORDS: Potential Evapotranspiration, Precipitation, Aridity Index.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de secas meteorológicas é um estado natural, casual e temporário de declínio contínuo na precipitação e disponibilidade de água em relação aos valores normais, abrangendo um período considerável e uma vasta área (NASTOS et al., 2013). Trata-se, em geral, de um fenômeno local caracterizado por três parâmetros: intensidade, duração e extensão. Os impactos de seca envolvem uma variedade de setores da economia, meio ambiente e sociedade da área afetada (CHEN et al., 2001).

Segundo Nimer (1989), excluindo as áreas de altitudes elevadas, todo o sertão de Pernambuco apresenta médias anuais de temperatura superiores à 24 °C, ultrapassando os 26 °C nas depressões de 200 aos 250 metros de altitude (vale do Rio São Francisco).

O clima de Petrolina é classificado como semiárido quente (ALVARES et al., 2013), tendo o seu regime de chuvas durante o verão, com uma temperatura média anual de 26,4°C. A caatinga é a vegetação predominante desta região. Outra característica desta área é a escassez e irregularidade da precipitação, com a forte evaporação por conta das altas temperaturas. Isso acarreta verões quentes e úmidos e invernos mornos e secos. A região de Petrolina se destaca pela intensa atividade de agricultura irrigada.

Neste contexto, o presente artigo tem por objetivo analisar o comportamento e as tendências da precipitação, da demanda hídrica da atmosfera e da disponibilidade hídrica de Petrolina-PE, durante os anos de 1980 a 2013.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é região de Petrolina, localizada no Sub-Médio São Francisco, Pernambuco. Foram utilizados dados de temperatura média e de precipitação anual durante um período de 1980 a 2013, cujos detalhes são detalhadamente descritos em Xavier et al (2016).

Foi calculado o balanço hídrico sequencial para o período de 1980-2013, conforme proposto por Thornthwaite e Mather (1955), utilizando a capacidade de água disponível de 100 mm. De posse dos dados anuais de evapotranspiração potencial (ET_p) e da precipitação (P), calculou-se o Índice de Aridez anual (IA) através da seguinte equação (NASTOS et al., 2013):

$$IA = \frac{P}{ET_p} \quad (1)$$

As análises da intensidade das tendências, assim como a sua significância estatística foram feitas utilizando o teste de Mann-Kendall e teste t, respectivamente (YUE et al., 2002)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em toda série de dados, o excesso hídrico se mostra presente apenas em três ocasiões. O maior excesso ocorreu em janeiro de 2004 (172 mm) e o menor em janeiro de 2002 (22 mm), como mostrado na Figura 1. Em Janeiro de 2004, a região nordeste do Brasil ficou sob a ação de um intenso Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), impactando de forma positiva no total de chuva deste mês, conforme indicam as análises de Queiroz et al. (2014).

O déficit hídrico, diferença entre ETP e ETR, prevalece em todo o período analisado, evidenciando assim a intensidade da aridez da região. Ressalta-se que a predominância do déficit hídrico permanece praticamente inalterada, mesmo em anos de chuvas e secas intensas tais como 1985 e 1993, por exemplo.

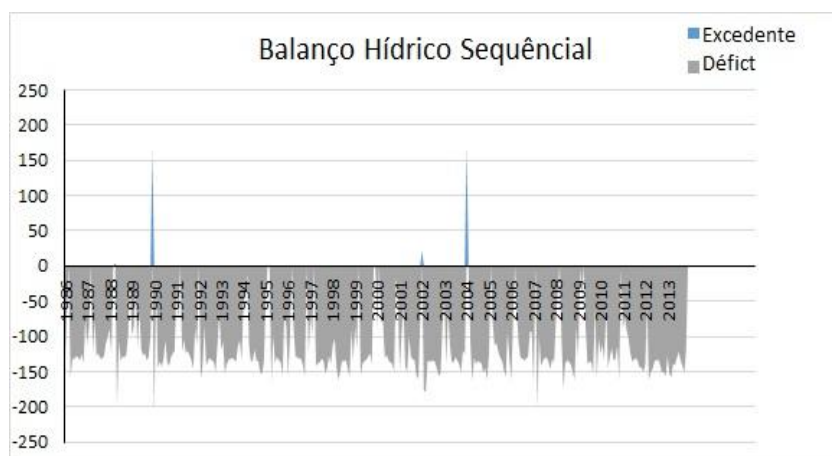


Figura 1. Comportamento do Balanço Hídrico Seriado, durante o período de 1980 a 2013 da cidade de Petrolina-PE.

Apresenta-se na Figura 2 a série temporal da precipitação anual, onde se verifica que há um pequeno declínio na quantidade. No entanto, de acordo com o teste de Mann-Kendall o referido declínio não foi significativo ao nível $p < 0,05$.



Figura 2. Níveis de precipitação em milímetros, durante os anos de 1980 a 2013 para cidade de Petrolina-PE

Por outro lado, a evapotranspiração potencial (Figura 3) apresenta tendência positiva, com um grande nível de significância. O aumento nas taxas de evapotranspiração, ainda se mostra uma questão em aberto, principalmente por causa do efeito do aumento do CO_2 no comportamento dos estômatos e na densidade e distribuição espacial da vegetação (PINTO., 2009).

O IA é um índice climático, que é útil para registrar a evolução do fenômeno seca. No que diz respeito às áreas de captação, os índices de seca contribuem quantitativa de anomalias climáticas na intensidade, extensão espacial e frequência da seca para a procura de água e gestão agrícola (NASTOS et al., 2013). A região Nordeste, onde predomina o clima semiárido, é a região brasileira que apresenta a menor disponibilidade hídrica (SILVA., 2004). De acordo com os resultados obtidos na Figura 4, podemos notar um decréscimo, que pelo teste de Mann-Kendall não há significância, no Índice de Aridez no município de Petrolina, ou seja, o solo requer uma

maior quantidade de precipitação, onde a mesma não está sendo suficiente para suprir as necessidades atuais.



Figura 3. Níveis de evapotranspiração potencial em milímetros, durante os anos de 1980 a 2013 para cidade de Petrolina-PE.



Figura 4. Comportamento do índice de aridez, durante o período de 1980 a 2013 para cidade de Petrolina-PE

CONCLUSÕES

- 1) A quantidade de déficit apresenta-se com maior intensidade que o excedente hídrico.
- 2) As variáveis precipitação e evapotranspiração potencial do município de Petrolina-PE, apresentam tendências distintas, como já visto, a precipitação está diminuindo e a Etp está aumentando, sendo que apenas a Etp possui tendência significativa ($p < 0.001$).
- 3) Por outro lado, a tendência de diminuição nos valores anuais do Índice de Aridez indica que o clima de Petrolina no período de 1980-2013 se tornou mais árido. Embora que a tendência observada no índice de Aridez não tem significância estatística.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p.711–728, 2014.

CHEN, C.-C., GILLIG, D., MCCARL, B.A. Effects of climatic change on a water dependent regional economy: a study of the Texas Edwards aquifer. **Climatic Change**, v. 49, n. 4, p. 397–409, 2001.

NASTOS, P.; POLITI, N.; KAPSOMENAKIS, J. Spatial and temporal variability of the Aridity Index in Greece. **Atmospheric Research**, v. 119, p.140–152, 2003.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989, 421 p.

PINTO, H. S. **Adaptação do Setor Agrícola Brasileiro**. In: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável -FBDS. (Org.). **Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil**. Rio de Janeiro: DaGema Comunicação, v. 1, p. 34-51. 2009.

QUEIROZ, J. N.; SOUSA, L. F.; RIBEIRO, R. E. P; ARAGÃO, M. R. S.; Correia, M. F. C. Fatores Físicos Na Atmosfera Do Semiárido Brasileiro Em Janeiro De 2004. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n. 05 (Número Especial – VIWMCRHPE), p. 990-1001, 2014.

SILVA, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 58, p.575-596, 2004.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Laboratory of Climatology, v. 8, n.1. 1955.

XAVIER, A. C.; KING, C.; SCALON, B. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p.2644-2659, 2016.

YUE, S; PILON, P; CAVADIAS, G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, v. 259, p.254-271, 2002.

PROJEÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO NORMALIZADA EM UM NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO

Thalyta Soares dos Santos¹, Allan Rodrigues Silva², José Francisco da Cruz Neto³, João Pedro Alves de Souza Santos⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Pesquisadora DCR/FACEPE/CNPq, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, tthalyssoares@gmail.com

²Doutor em Ciências Climáticas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,

³Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE

⁴Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: Devido à irregularidade da precipitação a região semiárida do Brasil enfrenta um grave problema no que se refere a falta de água, o que se torna um empecilho ao desenvolvimento das atividades agrárias e agropecuárias, e ainda prejudica a vida da população na região. A quantidade de precipitação, dando a indicação da relação dessa quantidade com uma distribuição normal, indicando então se vai ocorrer um período seco ou chuvoso foi estudada por meio do cálculo do Índice de Precipitação Normalizada (SPI). O objetivo principal do trabalho foi através do SPI identificar a frequência de eventos secos e chuvosos na cidade de Cabrobó, apontada como um núcleo de desertificação na região Nordeste. A série sazonal do SPI-6 indicou que os eventos extremos de chuva ocorrerão com uma maior frequência, por outro lado os eventos de seca serão mais prolongados, resultando graves impactos socioambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido; Cabrobó; Seca.

PROJECTION OF THE STANDART PRECIPITATION INDEX IN A DESERTIFICATION CORE

ABSTRACT: Due to the irregularity of precipitation, the semi-arid region of Brazil faces a serious problem regarding the lack of water, which is an obstacle to the development of agricultural activities, and also affect the life of the population in the region. The amount of precipitation, indicating the relation of this quantity with a normal distribution, indicating then whether a dry or rainy period will occur was studied by means of the Normalized Precipitation index (SPI). The main objective of the work was identify the frequency of dry and rain events in the city of Cabrobó, identified as a nucleus of desertification in the Northeast region. The SPI-6 series indicated that extreme rainfall events will occur more frequently, on the other hand, drought events will be more prolonged, resulting in severe socio-environmental impacts.

KEY-WORDS: Semi-arid; Cabrobó; Drought.

INTRODUÇÃO

Estudos indicam que as mudanças climáticas deverão produzir grandes impactos sobre os recursos hídricos, e a região semiárida é uma das regiões mais vulneráveis à variabilidade climática projetada pelos modelos climáticos. Segundo o quarto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças do Climáticas e do Instituto Nacional de Pesquisa (Ambrizzi et al. (2007)), o semiárido tenderá a tornar-se mais árido, aumentarão a frequência e a intensidade das secas e reduzirá a disponibilidade de recursos hídricos. Isso teria impacto sobre a vegetação, a biodiversidade e atividades que dependem dos recursos naturais.

Diversos tipos de índices são capazes de detectar a deficiência ou excesso hídrico de determinada região, porém nem todos têm possíveis de realizar devido à carência de dados históricos e de outras variáveis, além da precipitação. Guedes et al. (2016) ressalta que o índice de precipitação padronizado (em inglês "*Standardized Precipitation Index*", SPI) proposto por McKee et al. (1993) merece destaque por sua metodologia que facilita a sua utilização. Além disto, este índice permite classificar de forma pontual a situação hídrica de uma área e classificar em cada escala, situações de eventos extremos, severos, moderados e fracos nas faixas de déficit ou de excesso hídrico. Nesse contexto, o principal objetivo deste trabalho é analisar o comportamento da projeção do Índice de Precipitação Normalizada em um núcleo de desertificação do Nordeste.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido para o município de Cabrobró-PE, que segundo o Ministério do Meio Ambiente (2007) é caracterizada como de alto risco à desertificação conhecidas como Núcleo de Desertificação no estado de Pernambuco. Para tanto, foi utilizando projeções mensais de precipitação gerados pelo modelo HadGEM2_ES do projeto CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project 5th Phase*) no cenário RCP8.5 (*Representative Concentration Pathways*). O modelo HadGEM2_ES é descrito por Collins et al. (2011) e os novos cenários são descritos por Moss et al. (2010).

Os dados utilizados serviram para o cálculo do índice de precipitação normalizada (SPI) na escala de tempo do SPI-6 (correspondente a 6 meses), pela metodologia proposta McKee *et al.* (1993). A escala semestral do SPI representa os eventos de média duração, e segundo Santos et al (2013) é importante para monitoramento do período de transição entre estação seca e a chuvosa. De maneira geral, o SPI indica a quantidade de precipitação para uma dada escala de tempo, dando a indicação da relação dessa quantidade com uma distribuição normal, indicando então se vai ocorrer um período seco ou chuvoso. O índice foi calculado e classificado (Tabela 1) segundo a metodologia desenvolvida por McKee *et al.* (1993).

Tabela 1. Classificação do SPI segundo McKee et al. (1993)

Categoria	Valores do SPI
Chuva extrema	SPI > 2
Chuva severa	1,5 a 1,99
Chuva moderada	1,0 a 1,49
Normal	-0,99 a 0,99
Seca moderada	-1,0 a -1,49
Seca severa	-1,5 a -1,99
Seca extrema	SPI < -2

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento do índice de precipitação normalizada anual para o cenário RCP8.5 na cidade de Cabrobó pode ser observada na Figura 1. É possível notar que a série temporal do SPI-6 indica, em geral, durante todo o período observado os eventos extremos chuvosos são mais constantes que os eventos extremos de seca. Nota-se ainda que os eventos extremos de seca ocorrem com maior frequência a partir da década de 60, e os eventos severos de chuva ocorrem durante todo o século. Nesse contexto, apesar das projeções do quinto relatório do IPCC divulgado em 2013 indicarem reduções de precipitação no Nordeste do Brasil, este fato pode estar associado ao SPI em uma escala menor (3 ou 6 meses) respondem mais rapidamente as mudanças na precipitação e os períodos com SPI negativo ou positivo se tornam maiores, porém a duração dos eventos é menor quando comparadas as escalas maiores (12, 24 e 48 meses). Corroborando com Marengo et al (2011) que concluiu que o semiárido nordestino ficaria vulnerável a chuvas torrenciais e concentradas em curto intervalo de tempo, resultando em enchentes e graves impactos socioambientais.

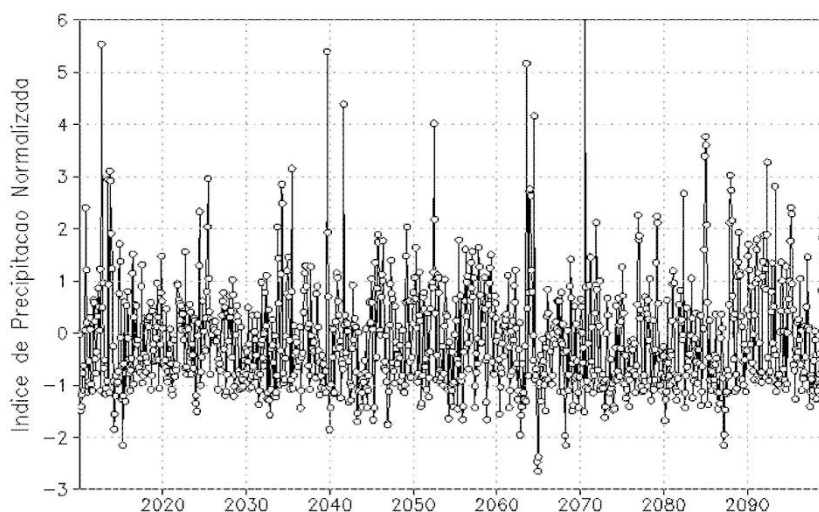


Figura 1. Comportamento do Índice de Precipitação Normalizada anual durante o período de 01/01/2005 a 31/12/2100 nos cenários RCP 8.5 para a cidade de Cabrobó-PE.

A tabela 1 indica a duração e intensidade dos eventos secos e chuvosos segundo a classificação de Mckee et al (1993), observa-se que os eventos de chuva seguem o mesmo padrão de duração ao longo de todo século, em geral, 8 meses de chuvas moderadas, e meses de chuvas severas e 3 meses de chuvas extremas para os períodos 2010 a 2040, 2041 a 2070 e 2071 a 2100, respectivamente. Entretanto, para os eventos de seca nota-se um aumento progressivo da duração dos mesmos ao longo do século. Destaca-se ainda que as projeções de SPI indicam que os eventos extremos serão ainda mais duradouros que os eventos moderados e secos na cidade de Cabrobó. Marengo et al (2011) estudando a variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro indica que a redução dos extremos e o aumento na extensão e intensidade dos veranicos (indicados pelo índice de dias secos consecutivos CDD), acompanhados de uma redução no total de chuva, sugerem um clima futuro mais seco, com secas mais extensas e com estação chuvosa muito reduzida ou quase ausente, principalmente no sertão nordestino. Nesse contexto, Marengo (2009) destaca que extremos climáticos intensos associados à degradação do solo, poderiam levar à aceleração do processo de desertificação no semiárido; assim, a possibilidade de secas mais intensas e prolongadas poderia elevar ainda mais o grau de exposição e vulnerabilidade das populações que habitam o semiárido, especialmente daqueles mais pobres.

Tabela 2. Duração dos eventos secos e chuvosos segundo a classificação do SPI-6 em diferentes períodos do século XXI no cenário RCP8.5 para a cidade de Cabrobó-PE.

	Eventos Secos pelo SPI-6		Eventos Chuvosos pelo SPI-6	
	Classificação	Duração (meses)	Classificação	Duração (meses)
2010-2040	Seca Moderada	11	Chuva Moderada	8
	Seca Grave	6	Chuva Grave	6
	Seca Extrema	4	Chuva Extrema	4
2041-2070	Seca Moderada	10	Chuva Moderada	8
	Seca Grave	8	Chuva Grave	5
	Seca Extrema	11	Chuva Extrema	3
2071-2100	Seca Moderada	8	Chuva Moderada	9
	Seca Grave	11	Chuva Grave	5
	Seca Extrema	13	Chuva Extrema	3

CONCLUSÕES

Das mudanças climáticas que ocorrem no Brasil, a região semiárida é uma das mais afetadas devido à sua vulnerabilidade. Neste contexto, atividades como agricultura, geração de energia por usinas hidrelétricas e saúde tem sido diretamente impactada. O presente trabalho aponta que os eventos severos e extremos de chuva no núcleo de desertificação Cabrobó segundo o SPI ocorrerão com maiores frequências, porém a duração dos eventos severos e extremos de seca terão uma duração muito maior, podendo no final do século XXI atingir 13 meses de seca extrema consecutiva. Dessa maneira, as projeções indicam que o semiárido do Nordeste do Brasil estaria suscetível a redução no volume de precipitação, que quando ocorrer seria de maneira torrencial, e a ocorrência de secas prolongadas, agravando ainda mais a situação dos recursos hídricos naquela região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FACEPE/CNPQ através do projeto de pesquisa APQ-0324-1.07/16-DCR, e ao GAS (Grupo de Agrometeorologia do Semiárido) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, T. et al. Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: Projeções de clima usando três modelos regionais. *MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA, SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS-SBF, DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE*, 2007.

COLLINS, W. J.; BELLOUIN, N.; DOUTRIAUX-BOUCHER, M.; GEDNEY, N.; HALLORAN, P.; HINTON, T.; Hughes, J.; JONES, C. D.; JOSHI, M.; LIDDICOAT, S.; MARTIN, G.; O'CONNOR, F.; RAE, J.; SENIOR, C.; SITCH, S.; TOTTERDELL, I.; WILTSHIRE, A.; WOODWARD, S. Development and evaluation of an Earth-System model-HadGEM2. *Geoscientific Model Development*, v. 4, n. 4, 1051, 2011.

GUEDES, R. V. d. S.; SOUSA, F. D. A. S.; dos SANTOS SILVA, F. D.; da SILVA, V. D. P. R. Identificação e classificação espaço-temporal de eventos críticos chuvosos ou secos ocorridos em Pernambuco. *Ciência e Natura*, v. 38, n. 1, p. 413–428, 2016.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, Impactos e adaptação as mudanças de clima no semiárido do Brasil, In *Parcerias Estratégicas/Centro de Gestão de Estudos Estratégicos-Ministério da Ciência e Tecnologia*, v.1, n.1, Brasília DF, p. 149-176, 2009.

MARENGO J. A.; ALVES, Lincoln M ; BESERRA, E. ; LACERDA, F. . Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: **Medeiros SS, Gheyi HR, Galvão CO, Paz VPS, organizadores. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas28. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido**, p. 384-422, 2011.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: *CONFERENCE ON APPIED CLIMATOLOGY*, 8, 1993, Boston. *Anais...* Boston, p.179–184, 1993.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil / MMA, Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba; Marcos Oliveira Santana, organizador. Brasília: MMA, 134p., 2007.

MOSS, R. H.; EDMONDS, J. A.; HIBBARD, K. A.; MANNING, M. R.; ROSE, S. K.; VAN VUUREN, D. P., et al. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463(7282), 747-756, 2010.

SANTOS, T S.; GOMES, A. C. S.; COUTINHO, M. D. L.; SILVA, A. R.; CASTRO, A. A. Análise de Eventos Extremos na Região Amazônica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 6, p. 1356-1370, 2013.

ESTUDO DA TENDÊNCIA DA TEMPERATURA DO AR NO SEMIÁRIDO

Thalyta Soares dos Santos¹, Allan Rodrigues Silva², José Francisco da Cruz Neto³, José Orlando Nunes da Silva⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Pesquisadora DCR/FACEPE/CNPq, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, tthalyssoares@gmail.com

²Doutor em Ciências Climáticas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,

³Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE

⁴Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: A região do semiárido nordestino representa uma das regiões mais vulneráveis a variabilidade e mudanças climáticas projetadas para o século XXI, especialmente aquelas associadas a aumento da temperatura e decréscimo de precipitação. Nesse sentido, o objetivo principal do presente trabalho é analisar a tendência da temperatura do ar no semiárido nordestino. Para isso, a projeção da temperatura derivada do modelo HADGEM2_ES foram submetidas à análise de regressão linear para investigar a ocorrência de possíveis tendências nas séries temporais mensais. O modelo indicou que em todo semiárido nordestino ocorrerá o aumento da temperatura do ar no século XXI, este aumento pode ser de até 7° C no período do verão no final do século.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas; Desertificação; CMIP5.

STUDY OF AIR TEMPERATURE TREND IN SEMI-ARID

ABSTRACT: The Northeastern semi-arid region represents one of the regions most vulnerable to climatic variability and changes projected for the 21st century, especially those associated with an increase in temperature and decrease of precipitation. In this sense, the main objective of the work is to analyze the temperature trend of the Northeastern semi-arid region. For this, a temperature projection is derived from the HADGEM2_ES model were submitted to linear regression analysis to investigate an occurrence of possible trends in the monthly periods. The model indicated that throughout the Northeastern semi-arid region the temperature increase in the XXI century occurs, this increase can be up to 7° C in the summer period at the end of the century.

KEY-WORDS: Climate change; Desertification; CMIP5.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm causado grandes impactos sobre os recursos hídricos. O aquecimento das últimas décadas pode causar mudanças no ciclo hidrológico, por meio da variabilidade nos padrões de precipitação e evapotranspiração, o que pode impactar diretamente a umidade do solo, a reserva subterrânea e a geração do escoamento superficial (IPCC, 2013). Essas características associadas ao aumento da demanda por água projetado para as próximas décadas poderão exercer grande pressão nos sistemas hídricos brasileiros (PBMC, 2012). Na região semiárida do Nordeste do Brasil, o clima constitui a característica mais importante, principalmente devido à

ocorrência das secas estacionais e periódicas (Mendes, 1997), que determinam o sucesso da atividade agrícola e pecuária e a sobrevivência das famílias.

Marengo et al (2011) afirma que extremos climáticos intensos associados à degradação do solo, poderiam levar à aceleração do processo de desertificação no semiárido nordestino; dessa maneira, as secas mais intensas e prolongadas poderiam elevar ainda mais o grau de exposição e vulnerabilidade das populações que habitam o semiárido, especialmente daqueles mais carentes. Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho é analisar a tendência da temperatura do ar no semiárido nordestino.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo, foram utilizadas projeções mensais de temperatura do ar próximo a superfície gerados pelo modelo HadGEM2_ES do projeto CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project 5th Phase*), obtido a partir do *Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison* (<http://pcmdi3.llnl.gov>). O modelo HadGEM2_ES é descrito em detalhes por Collins et al. (2011), é um AOGCMs significa atmosphere – ocean general circulation models, ou seja, um modelo de circulação geral oceano-atmosfera com resolução espacial de $1,875^\circ \times 1,25^\circ$. O estudo foi realizado para o cenário de emissão de gases do efeito estufa RCP 8.5 (*Representative Concentration Pathway*). Os novos cenários são descritos por Moss et al., 2010 e Van Vuuren et al. 2011. Segundo Riahi et al (2011) as emissões e concentrações de gases do efeito de estufa neste cenário aumentam consideravelmente ao longo do tempo, levando a um forçamento radiativo de $8,5 \text{ W m}^{-2}$ no final do século.

As séries de temperatura do ar foram submetidas à análise de regressão linear para investigar a ocorrência de possíveis tendências nas séries temporais mensais. Segundo Penereiro et al (2013) do ponto de vista matemático, para o cálculo da regressão linear define-se a série de dados pela variável Y, no tempo t. Assim, Y é uma função de t representada por $Y = f(t)$. Nesse contexto, considerando a regressão linear de Y com variável aleatória no tempo X, tem-se:

$$Y = ax + b$$

Em que: Y - variável em análise (temperatura do ar), X – tempo (ano), a e b - coeficientes da regressão calculados pelo método dos mínimos quadrados. Assim, se $a > 0$ significa que a tendência é crescente e, se por caso $a < 0$ indica uma tendência decrescente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresentada as médias anuais de temperatura do ar dos modelos do CMIP5 no Nordeste do Brasil, em três faixas de tempo de 30 anos no século XXI: 2009 a 2038, de 2039 a 2068 e de 2069 a 2098, para o período do inverno e do verão no semiárido nordestino. O cenário RCP8.5 indica um elevado aquecimento da temperatura do ar em toda porção do semiárido nordestino no período do inverno e do verão. As projeções indicam que o aquecimento é maior no verão (dezembro-janeiro-fevereiro) quando comparado com o inverno (junho-julho-agosto). No verão, a temperatura tende a aumentar de cerca de 1° até 2039, entre 2039 a 2068 aumenta por volta de 3°C e na última faixa de tempo 3°C em 2069-2098, podendo chegar a um aumento de 6 a 7°C em 2010, enquanto no período do inverno $0,03^\circ\text{C}$ por ano, atingindo a ordem de 3°C no final do século XXI. Esses resultados corroboram com Marengo et al (2011) que

estudando a variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro indicam que os cenários de temperatura do ar para o futuro revelam, no Nordeste, alto grau de aquecimento, em especial na região do semiárido, que será maior em 2041-2070 e 2071-2100 comparado com 2010-2040.

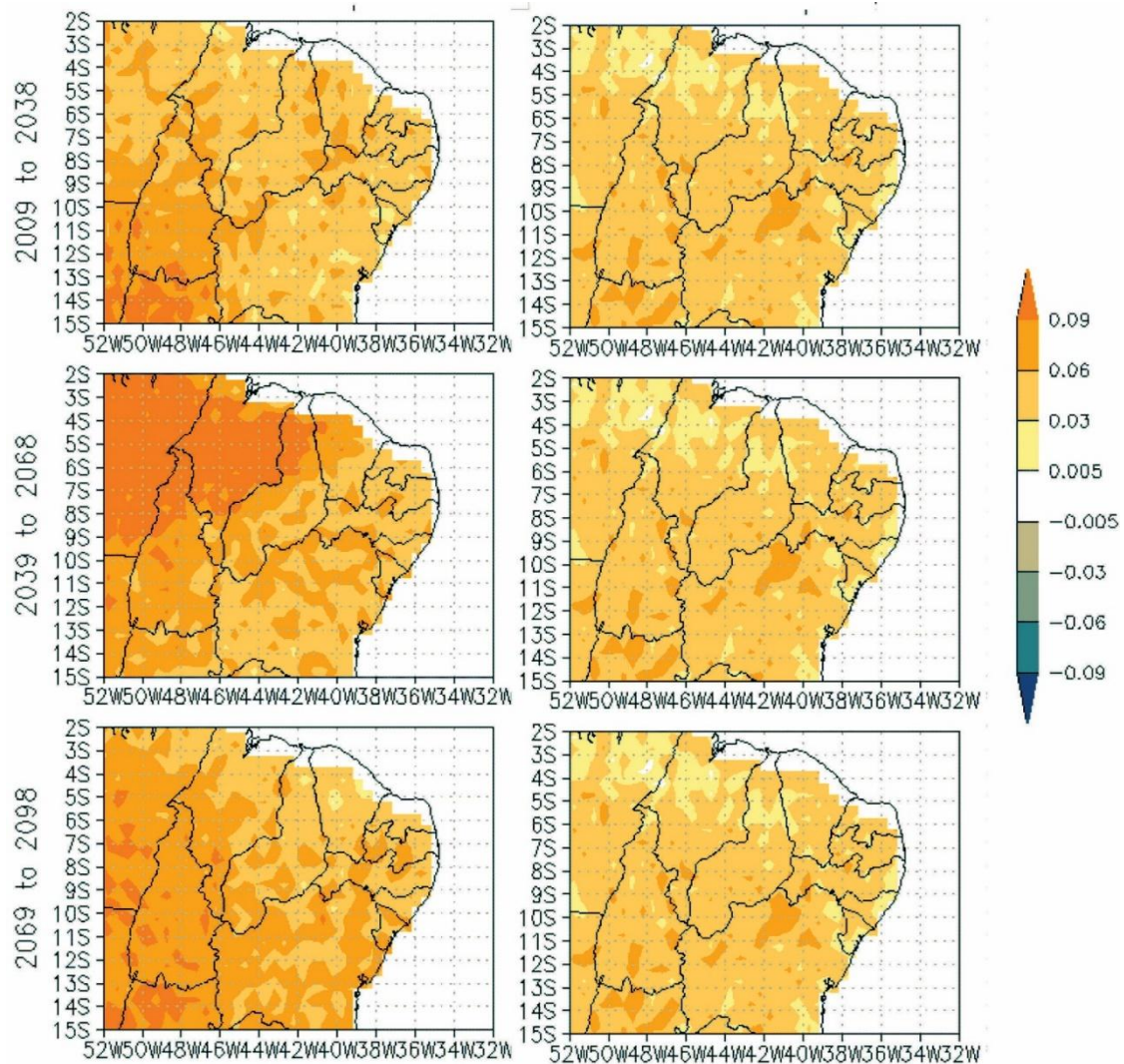


Figura 1. Tendência da temperatura do ar no semiárido do Nordeste do Brasil para os períodos 2009 a 2038, 2039 a 2068 e 2069 a 2098 (em °C/ano). Na coluna esquerda o período do verão e na coluna direita o período do inverno.

Nota-se ainda que o padrão de aquecimento no inverno em todas as faixas de tempo de no inverno é similar, porém no período do verão a aumento é progressivo, e espacialmente a região do semiárido como um todo sofrerá um aumento de até 6°C na última faixa de tempo observada. Em resumo, as projeções indicam a prevalência de um clima substancialmente mais quente para qualquer dos períodos analisados. Nesse contexto, a aumento de temperatura provoca uma maior taxa de evapotranspiração, reduzindo a umidade do solo mesmo que os totais de precipitação não decresçam expressivamente. Este fato pode influenciar a substituição dos biomas existentes atualmente por outros mais adaptados a climas com menor disponibilidade hídrica para as culturas.

CONCLUSÕES

A tendência da projeção da temperatura do ar indica que a região do semiárido nordestino sofrerá um aumento de temperatura que podem aumentar de 5 a 7 °C até o final do século XXI. Dessa maneira, com o aquecimento a evaporação aumenta e a disponibilidade hídrica diminuirá afetando a agricultura de subsistência, o que pode acelerar o processo de desertificação no semiárido. Além disso, a vegetação será substituída por um tipo mais árido e que necessite de menos água disponível no solo. Nesse contexto, deve-se desenvolver esforços objetivando mapear a vulnerabilidade e o risco, além de conhecer profundamente suas causas, setor por setor, e subsidiar políticas públicas de mitigação e de adaptação, ainda que se situa bem aquém de suas necessidades.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FACEPE/CNPQ através do projeto de pesquisa APQ-0324-1.07/16-DCR, e ao GAS (Grupo de Agrometeorologia do Semiárido) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

COLLINS, W. J.; BELLOUIN, N.; DOUTRIAUX-BOUCHER, M.; GEDNEY, N.; HALLORAN, P.; HINTON, T.; Hughes, J.; JONES, C. D.; JOSHI, M.; LIDDICOAT, S.; MARTIN, G.; O'CONNOR, F.; RAE, J.; SENIOR, C.; SITCH, S.; TOTTERDELL, I.; WILTSHIRE, A.; WOODWARD, S. Development and evaluation of an Earth-System model-HadGEM2. **Geoscientific Model Development**, v. 4, n. 4, 1051, 2011.

IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Kingdom and New York, p.1535, 2013.

MARENGO J. A.; ALVES, LINCOLN M.; BESERRA, E.; LACERDA, F. . Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: **Medeiros SS, Gheyi HR, Galvão CO, Paz VPS, organizadores. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**28. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, p. 384-422, 2011.

MENDES, B. V. Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semi-Árido. Fortaleza: SEMACE 108, p., 1997.

MOSS, R. H.; EDMONDS, J. A.; HIBBARD, K. A.; MANNING, M. R.; ROSE, S. K.; VAN VUUREN, D. P.; CARTER, T. R.; EMORI, S.; KAINUMA, M.; KRAM, T.; MEEHL, G. A.; MITCHELL, J. F. B.; NAKICENOVIC, N.; RIAHI, K.; SMITH, S. J.; STOUFFER, R. J.; THOMSON, A. M.; WEYANT, J. P.; WILLBANKS, T. J. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. **Nature**, v. 463, p. 747-756, 2010.

PBMC. Sumário Executivo do Volume 1 - Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 para o 1o Relatório de Avaliação Nacional do

Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Brasil, Volume Especial para a Rio+20, 34p, 2012.

PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L.; GARCIA, V. F. V. Caracterização estatística de tendências climáticas em séries anuais de temperatura média e precipitação para as capitais estaduais do Brasil. **GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 3, n. 4, p. 001-015, 2013.

RIAHI, K.; RAO, S.; KREY, V.; CHO, C.; CHIRKOV, V.; FISCHER, G.; KINDERMANN, G.; NAKICENOVIC, N.; RAFAJ, P. RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. **Climatic Change**, 109: 33, 2011.

VAN VUUREN, D. P.; EDMONDS, J.; KAINUMA, M.; RIAHI, K.; THOMSON, A.; HIBBARD, K.; HURTT, G. C.; KRAM, T.; KREY, V.; LAMARQUE, J. F.; MASUI, T.; MEINSHAUSEN, M.; NAKICENOVIC, N.; SMITH, S. J.; ROSE, S. K. The representative concentration pathways: an overview. **Climatic Change**, v. 109, p. 5 - 31, 2011.

DÉFICIT DE PRESSÃO DE SATURAÇÃO DO AR PARA PETROLINA-PE DURANTE ANOS DE ENOS E NEUTRALIDADE

L. M. T de Lima¹, B. G. Bezerra², T. G. Magalhães³, M. A. C. Pinheiro⁴

¹Graduanda em meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Lorena-martina1@hotmail.com; ²Professor adjunto do Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, bergson.bezerra@gmail.com ³Graduanda em meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, thaynar.guerra@gmail.com; ⁴Graduanda em Ciências e Tecnologias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, marinaamanda1@gmail.com.

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho calcular o déficit de pressão de saturação de vapor (DPSV) do ar de Petrolina-PE para três anos. Esses anos foram selecionados levando em consideração o Oceanic Niño Index (ONI), sendo assim, foram escolhidos um ano de El Niño (2015), de La Niña (2010) e de neutralidade (2013). As análises foram realizadas utilizando dos dados diários de temperatura média, máxima e mínima do ar e de umidade relativa do ar oriundos da estação meteorológica de Petrolina. Posteriormente, aplicou-se o teste-t, para avaliar a igualdade entre as médias. Notou-se que a média anual do DPSV entre os anos de 2010 e 2015 são significativamente diferentes, entretanto, eles não são estatisticamente diferentes do ano de neutralidade (2013).

PALAVRAS-CHAVE: Oceanic Niño Index, NOAA, temperatura do ar, umidade do ar.

DEFICIT SATURATION PRESSURE AIR IN PETROLINA-PE DURING YEAR OF ENOS AND NEUTRALITY

ABSTRACT: The objective of this study was to calculate the Petrolina-PE air vapor saturation pressure deficit (VSPD) for three years. These years were selected taking into account the Oceanic Niño Index (ONI), thus, one year of El Niño (2015), La Niña (2010) and neutrality (2013) were chosen. The analyzes were performed using daily data of mean, maximum and minimum air temperature and relative air humidity from the Petrolina meteorological station. Subsequently, the t-test was applied to evaluate the equality between the means. It was noted that the annual mean of the VSPD between the years 2010 and 2015 are significantly different, however, they are not statistically different from the year of neutrality (2013).

KEY-WORDS: Oceanic Niño Index, NOAA, air temperature, air humidity

INTRODUÇÃO

Pesquisas voltadas para o entendimento das variações temporais/climáticas são de suma importância, já que as mudanças sazonais e interanual podem afetar significativamente as relações socioeconômicas de uma localidade. Sendo assim, o desenvolvimento de conhecimento científico relacionando a interação clima-água-plantas é tão necessário, pois o desenvolvimento da planta está diretamente ligado as condições ambientais.

O déficit de pressão de saturação de vapor (DPSV) indica a capacidade de evaporação do ar, dependendo diretamente da temperatura e na literatura é possível encontrar diversas formas de se chegar ao cálculo do DPSV (SADLER, EVANS, 1989; PEREIRA et al., 1997; ALLEN et al., 1998).

Da Silva (2001) citou que o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) é identificado pela interação oceano-atmosfera, que ocorre no Oceano Pacífico Tropical, sendo considerado um fator associado a fortes variações interanual em diversas regiões do globo. Sendo o ENOS um influenciador no padrão da precipitação na América do Sul, atuando substancialmente na região Amazônica e no Nordeste Brasileiro. Fazendo-se uso da citação de Berlato e Fontana (2003), podemos classificar o ENOS em duas fases extremas: uma fase de aquecimento anômalo das águas do pacífico (El Niño) e uma fase de resfriamento anômalo das águas do pacífico (La Niña).

O objetivo principal do trabalho é observar o comportamento do DPSV para três anos, um de El Niño (EN), e La Niña (LN) e outro de neutralidade, em Petrolina-PE.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados para fazer a análise foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) proveniente da estação meteorológica convencional localizada em Petrolina-PE (Latitude: 9.36°S; Longitude: 40.46°S; Altitude: 370.46 m). Foram utilizados dados diários de temperatura média compensada do ar ($T_{méd}$), temperatura mínima do ar (T_{min}), temperatura máxima do ar ($T_{máx}$) e umidade relativa (UR) oriundos da estação

Para efetuar a escolha dos anos de EN e LN intensos e do ano de neutralidade foi utilizado o Oceanic Niño Index (ONI). Esse índice é construído baseando-se nas anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região do Niño 3-4 (5°N-5°S e 120°-170°W) (NOAA,2016). A constituição do ONI é feita a partir da média móvel trimestrais das anomalias, é definido o limiar de +/- 0,5 °C, se ele foi ultrapassado por no mínimo cinco meses seguidos é possível inferir a fase do ENOS. Se o índice apresentar valores maiores que 0,5 °C há a ocorrência de EN, enquanto que se for abaixo de -0,5°C registra-se LN (Figura.1). Então, partindo do ONI, foi escolhido o ano de 2010 por apresentar anomalias negativas de temperatura durante boa parte do ano, 2013 por ser um ano por não apresentar nenhuma anomalia acima da média no ano todo e 2015 por exibir anomalias positivas o ano inteiro.

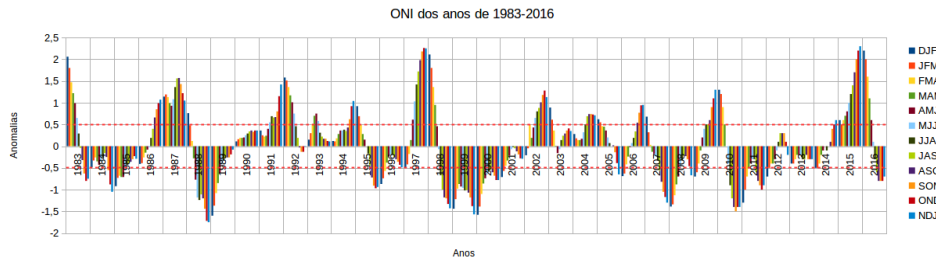


Figura 5. Distribuição do ONI nos anos de 1983-2016. A linha tracejada representa o limiar para a determinação da ocorrência das fases positivas e negativas do ENOS. Fonte: Adaptado do NOAA (Nacional Wether Service), feito pelo autor

A Pressão de saturação de vapor (e_s) foi calculada utilizando as equações (1) e (2). Para o cálculo do $e^\circ(T)$ foram utilizadas as temperaturas máximas e mínimas diárias ($^\circ\text{C}$) (SADLER, EVANS, 1989; PEREIRA et al., 1997; ALLEN et al., 1998):

$$e^\circ(T) = 0,6108 \cdot \exp\left(\frac{17,27 \cdot T}{T+237,3}\right) \quad (1)$$

$$e_s = \frac{e^\circ(T_{\text{máx}}) + e^\circ(T_{\text{min}})}{2} \quad (2)$$

A Pressão parcial ou pressão real de vapor (e_a) foi calculada pela equação (3).

$$e_a = e^\circ \cdot \frac{UR_{\text{med}}}{100} \quad (3)$$

O déficit de pressão de saturação de vapor (Δe), por sua vez, foi calculado pela diferença entre a pressão de saturação (e_s) e a pressão parcial de vapor (e_a) (equação 4).

$$\Delta e = e_s - e_a \quad (4)$$

Além disso, foi aplicado o teste t para comparar as médias de Δe para avaliar a igualdade entre as elas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios anuais de Δe e a respectiva análise estatística descritiva estão apresentados na Tabela seguinte. Nota-se que os valores médios anuais foram praticamente os mesmos (Tabela 1), posteriormente sua semelhança será discutida de acordo com os resultados do testes de significância.

Tabela 1. Valores anuais Δe e Análise estatística

Anos	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Variância
2010	1,78	0,43	3,4	0,2	0,15
2013	1,77	0,42	3,4	0,2	0,14
2015	1,65	0,33	3,0	0,4	0,15

O comportamento do Δe é explicitado pela Figura 2, em todos os anos utilizados no estudo é notório que há indícios de valores mais elevados no início e final do ano,

enquanto que no meio do ano acha-se valores mais baixos. Esse comportamento é explicado pela estação chuvosa da região que exibe distribuição semelhante, com valores mais elevados no início e final do ano. Porém, em 2010 (LN) no mês de maio houve a ocorrência de um pico de valor, e segundo o Monthly Niño -3.4 Index (que é utilizado para calcular o ONI) foi nesse período que as águas começaram a esfriar, chegando a 0°C. Durante o ano de neutralidade (2013) foi observado valores mais altos que os dos anos com ocorrência de ENOS nos primeiros meses, já nos meses finais ocorreu o contrário.

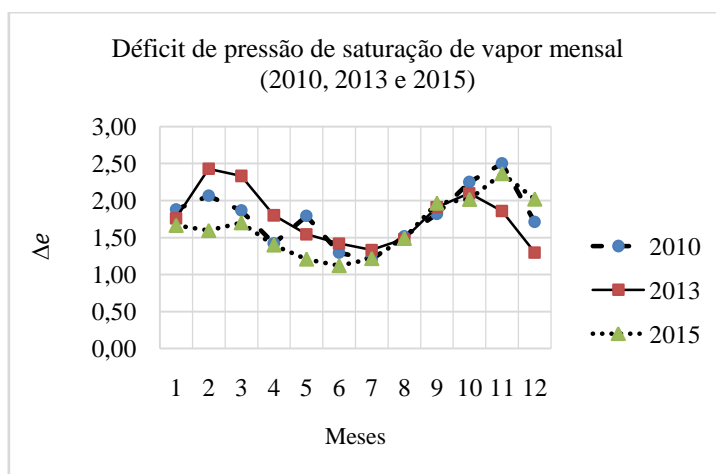


Figura 6. Déficit de pressão de saturação de vapor médio mensal para os anos de 2010, 2013 e 2015. Feito pelo autor

Após realizar a plotagem da Figura 2, fez-se necessário a realização de um teste t para que fosse possível afirmar se há diferenças entre as médias de DPSV entre os anos. Então, com um nível de significância de 5% (0,05) obteve-se os *p-values* apresentados na Tabela 2. Os resultados obtidos com o teste revelou que as médias anuais entre 2010 (La Niña) e 2015 (El Niño) são significativamente diferentes a um nível de significância de 5%, porém esses anos não apresentam médias significativamente diferentes de 2013 (neutralidade).

Tabela 2. Estatística do teste t a um nível de significância de 5%

Anos	P-value	H
2010-2013	0,49	0
2010-2015	$5,5e^{-08}$	1
2013-2015	0,22	0

Onde,

H=0; Indica que a hipótese nula (“medias iguais”) não pode ser rejeitada para um nível de significância de 5%

H=1; Indica que a hipótese nula pode ser rejeitada com um nível de significância de 5%

CONCLUSÕES

O déficit de pressão de saturação de vapor é uma medida diretamente relacionada com as variáveis meteorológicas, e notou-se isso com o desenvolver da metodologia. Além disso, foi possível captar que há diferença significativa entre o déficit de pressão de vapor entre os anos de El Niño e La Niña, todavia essa diferença não é encontrada quando compara-se os anos de ENOS com o ano de neutralidade.

AGRADECIMENTOS

Aos professores do Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo incentivo a busca do conhecimento científico.

REFERÊNCIAS

ALLEN, Richard G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **FAO, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

BERLATO, Moacir A.; FONTANA, Denise Cybis. El Niño e La Niña. **Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)**, 2003.

DA SILVA, Iuri Rojahn. Variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região sul do Brasil associadas às temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico. **SILVA**, v. 551, p. 816, 2001.

LYRA, Gustavo B. et al. Média diária do déficit de pressão de saturação do vapor d'água do ar e sua influência na vapotranspiração de referência pelo modelo de penman-monteith (FAO 56) em Piracicaba-SP. **Engenharia Agrícola**, 2004.

PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. S.; MARCHI, J. L. Estimativa do déficit de saturação médio diário. **REUNIÓN ARGENTINA Y LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA**, v. 7, p. 15-16, 1997.

SADLER, E. John; EVANS, Dean E. Vapor pressure deficit calculations and their effect on the combination equation. **Agricultural and forest meteorology**, v. 49, n. 1, p. 55-80, 1989.

SEDIYAMA, Gilberto C. **Evapotranspiração: necessidades de água para as plantas cultivadas**. ABEAS, 1996.

EVOLUÇÃO MENSAL E SAZONAL DA IRRADIÂNCIA GLOBAL DESCENDENTE EM ITAJUBÁ - MG

João Pedro Rodrigues da Silva¹, Michelle Simões Reboita², Marcelo de Paula Corrêa²
¹ Graduando em Ciências Atmosféricas, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, joao.9174@gmail.com; ² Docentes do Curso de Ciências Atmosféricas, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, MG, reboita@gmail.com e mpcorrea@gmail.com

RESUMO: O tipo de cultivo agrícola de uma dada região é dependente da radiação solar incidente. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é determinar os valores médios por hora da irradiância global descendente, nos meses de equinócio e solstício, no município de Itajubá que se localiza no sul do estado de Minas Gerais. Entre os resultados têm-se que em junho o máximo de irradiância é 600 W/m² enquanto em dezembro é de 800 W/m². Além disso, a duração do brilho solar é mais curta em junho (10,5 horas) e maior em dezembro (13 horas).

PALAVRAS-CHAVE: médias, radiação, sul de Minas Gerais

MONTHLY AND SEASONAL EVOLUTION OF THE DESCENDENT GLOBAL IRRADIANCE IN ITAJUBÁ - MG

ABSTRACT: Crop types in a specific region are dependent of solar radiation. In this context, the purpose of this study is to determine the monthly, seasonal and annual averages of the descendent global irradiation measured in Itajubá city, located in the south of Minas Gerais state, from April 2010 to March 2017. Among the results, it was found that in the austral summer the irradiance begins at about 05:30 a.m. and finishes at about 7:30 p.m. while in the austral winter, these values are 07:00 a.m. and 6 p.m., respectively.

KEYWORDS: averages, radiation, south of Minas Gerais state

INTRODUÇÃO

A radiação solar que incide na superfície terrestre é a fonte de energia necessária para praticamente todas as formas de vida e para os movimentos atmosféricos do planeta (YNOUE et al., 2017). Yamasoe e Corrêa (2016) destacam a importância da radiação solar nos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem tanto na atmosfera quanto na superfície. Dentre eles, a fotossíntese, por exemplo, é responsável pela sobrevivência da flora terrestre. Qualquer alteração no fluxo incidente de radiação solar causa diferentes respostas na atmosfera, oceano e superfície, podendo modificar processos meteorológicos, climáticos, químicos e biológicos na Terra. Dentre esses processos, ressalta-se a dependência dos cultivos agrícolas em relação à radiação solar.

A radiação eletromagnética emitida pelo sol varia de comprimentos de onda mais curtos na banda ultravioleta, que são mais energéticos, até mais longos, já na banda do infravermelho, que são menos energéticos.

A energia que chega a um alvo na superfície pode ser aquela que não sofreu interação com os elementos que compõem a atmosfera, sendo chamada de direta, ou aquela que sofreu algum tipo de interação (por exemplo, o espalhamento) sendo denominada de difusa.

Na estação meteorológica automática localizada no campus da Universidade Federal de Itajubá, no sul do estado de Minas Gerais, uma das variáveis atmosféricas medidas é a radiação global incidente. Essa também pode ser chamada de irradiância global descendente e corresponde à radiação de ondas curtas (0,3 a 2,8 μm – irradiância direta e irradiância difusa) que atinge a superfície horizontal (YAMASOE; CORRÊA, 2016).

Diante desse contexto, o objetivo do presente trabalho é descrever o comportamento mensal e sazonal da irradiância global descendente medida em Itajubá (MG) no período de abril de 2010 a março de 2017.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de radiação global incidente foram coletados por um piranômetro instalado na estação meteorológica automática localizada no campus da Universidade Federal de Itajubá, no sul de Minas Gerais (22°24'46" S 45°27'06" O, 850 m de altitude). O período de estudo foi de abril de 2010 a março de 2017 (REBOITA et al., 2012), com dados medidos a cada 10 minutos. Com isso, foi possível computar médias horárias para cada mês de irradiância global descendente. Porém, no presente estudo serão apresentados apenas os meses de solstícios e equinócios. Dias com mais do que 4 horas de dados faltantes, devido a falhas na medição pela estação meteorológica, não foram incluídos nos cálculos das médias. Para o cálculo da insolação, utilizaram-se métodos teóricos descritos em Yamasoe e Corrêa (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1 e 2 mostram a evolução da média mensal e desvio-padrão da irradiância global descendente ao longo dos meses de equinócio (março e setembro) e solstício (dezembro e junho) em Itajubá.

Em março (figura 1a), o máximo de irradiância, 750 W/m^2 , ocorre entre 12 e 13 HL. Nesse mês é esperado cerca de 12 horas de brilho solar (figura 3). Esses valores decrescem em junho (figura 2a) para 550 W/m^2 e 10,5 horas, respectivamente. No mês de setembro (figura 1b), o máximo de irradiância de 700 W/m^2 é da mesma ordem daquele observado no outono e o período com brilho solar também. Por fim, em dezembro (figura 2b), tanto a irradiância quanto o número de horas com brilho solar apresentam os maiores valores: 800 W/m^2 e 13 horas, respectivamente. Os desvios-padrão observados são maiores em março e setembro, períodos de transição entre estações cujos padrões meteorológicos são mais bem estabelecidos. Isto é, invernos secos e de céu sem nuvens, em junho, e verões úmidos e de maior nebulosidade, em dezembro.

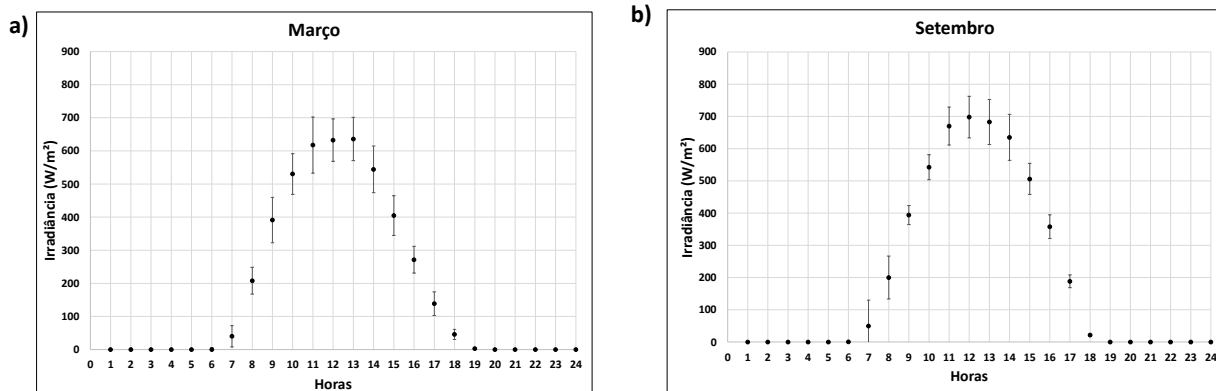


Figura 1 - Média mensal e desvio-padrão da irradiância global descendente (W/m^2), por hora, nos meses de equinócios computados no período de 2010 a 2017.

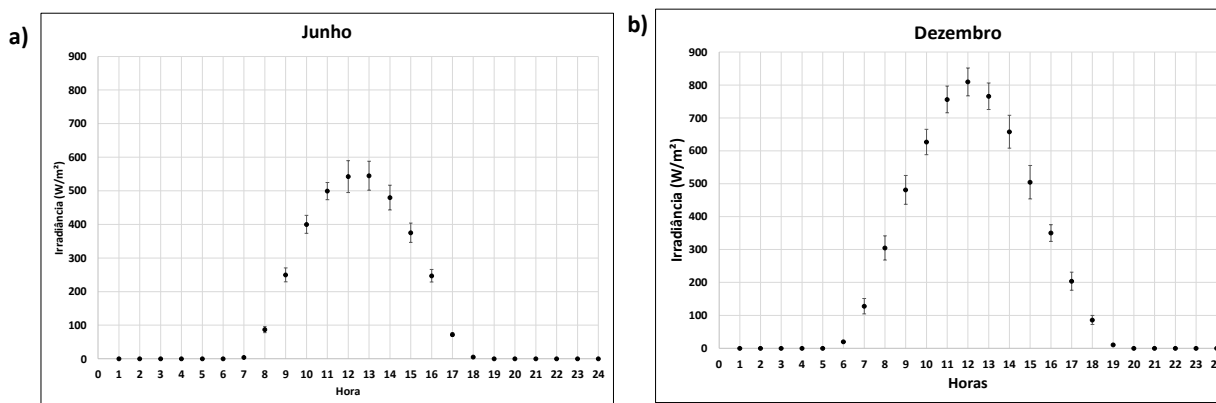


Figura 2 - Média mensal e desvio-padrão da irradiância global descendente (W/m^2), por hora, nos meses de solstício computados no período de 2010 a 2017.

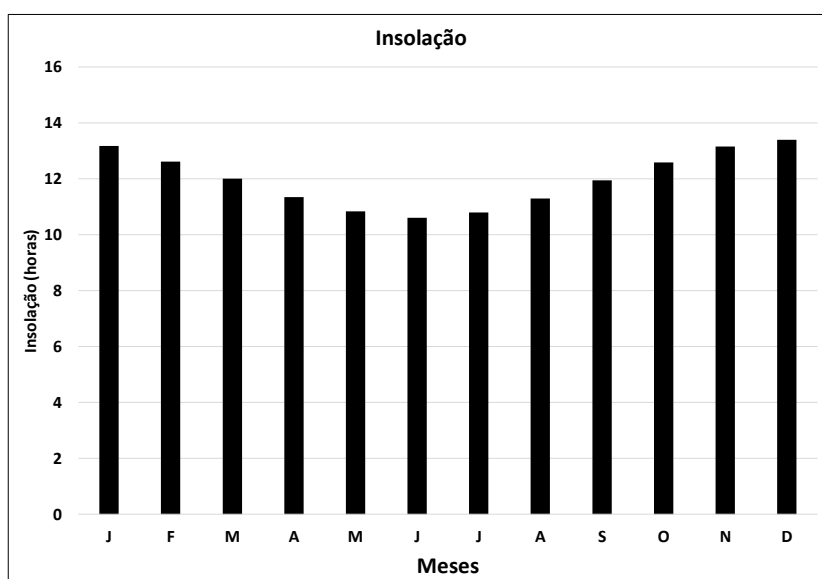


Figura 3 – Número de horas de insolação mensal na cidade de Itajubá (MG) no período de 2010 a 2017.

CONCLUSÕES

Este estudo documenta a evolução média hora da irradiância global descendente nos meses de equinócio e solstício no município de Itajubá, MG, no período de abril de 2010 a março de 2017. A justificativa para a realização desse trabalho é a importância do conhecimento da magnitude da irradiância ao longo do dia e meses do ano para a prática de muitos cultivos. De maneira geral, é mostrado que os máximos de irradiância que chegam à superfície ocorrem entre 12 e 13 HL nos meses de março e junho e com uma ligeira preferência para as 12 HL nos meses de setembro e dezembro. O maior valor de irradiância (800 W/m^2) é registrado em dezembro e o menor (600 W/m^2) no inverno. Já a duração do brilho solar é de 10,5 horas em junho e de 13 horas em dezembro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPEMIG e CNPq.

REFERÊNCIAS

YNOUE, R.Y.; REBOITA, M.S.; AMBRIZZI, T.; SILVA, G.A.M.; **Meteorologia noções básicas**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

YAMASOE, M. A.; CORRÊA, M.P. **Processos Radiativos na Atmosfera**. São Paulo: Oficina de textos, 2016.

REBOITA, M.S. ; CORRÊA, M.P.; RODRIGUES, M. ; SILVA, J.P.R.;. Um balanço do curso de ciências atmosféricas no sul de Minas Gerais: ensino, pesquisa, extensão e benefícios a sociedade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 09, n. 07, 2016.

REBOITA, M.S. ASSIREU, A.; SILVA, L.C.; RIOS, N. Evidências da Circulação de Brisa Vale-Montanha na Serra da Mantiqueira: Cidade de Itajubá – MG. **Revista Ciência e Natura**, v. 36, n. 01, p. 061-071, 2014.

ESTIMATIVA HORÁRIA DA IRRADIÂNCIA SOLAR DIRETA PARA A REGIÃO DE MACEIÓ-AL

José Marcelo Lopes Júnior¹, Nayara Barreto da Costa², José Leonaldo de Souza³,
Ricardo Araújo Ferreira Júnior⁴

¹Graduando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas - ICAT, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió, Alagoas, josemarcelolopesjunior@hotmail.com; ²Graduanda em Geografia licenciatura, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente – IGDEMA, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió, Alagoas, nayarabarretodacosta@gmail.com; ³Doutor em Agronomia, Instituto de Ciências Atmosféricas – ICAT, Universidade Federal de Alagoas -UFAL, Maceió, Alagoas, leonaldojs@yahoo.com.br; ⁴Professor Doutor em Agronomia, CECA - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, Alagoas, ricardo_ceca@hotmail.com.

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo desenvolver e avaliar modelos de estimativa da irradiância solar direta horária através de valores da irradiância solar global normal aos raios solares para a região de Maceió-AL (9° 33' S, 35° 46' O, 100 m) durante o ano de 2013. As medidas da irradiância solar global e direta foram obtidas através de um pirânometro (CM5, Kipp & Zonen) e um pireliômetro (sNIP, Eplley) ligados a um Micrologger 21XL da Campbell Scientific INC, programado para fazer médias a cada dez minutos, as quais foram transformadas em médias horárias. A estimativa para todo o ano de 2013 apresentou coeficiente de determinação em torno 76%, para a estação seca e chuvosa de 2013, as estimativas apresentaram um coeficiente de 80% e 68% respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar, Irradiância solar, Estimativa, Sazonalidade, Energias Renováveis.

HOURLY ESTIMATING OF DIRECT SOLAR IRRADIANCE FOR THE REGION OF MACEIÓ-AL

ABSTRACT: The objective of this study is to develop and evaluate models of estimation of hourly direct solar irradiance by means values of the normal global solar irradiance for the region of Maceió-AL (9° 33' S, 35° 46' W, 100 m) during the year of 2013. Measurements of global and direct solar irradiance were obtained through a pyranometer (CM5, Kipp & Zonen) and a pyrheliometer (sNIP, Eplley) connected to a Micrologger 21XL of Campbell Scientific INC, programmed to make averages every ten minutes, which were used to calculate hourly averages. The estimate for the whole year of 2013 showed coefficient of determination around 76%, for the dry and rainy season of 2013, the estimates showed a coefficient of 80% and 68%, respectively.

KEY-WORDS: Solar Energy, Solar Irradiance, Estimate, Seasonality, Renewable Energies.

INTRODUÇÃO

A radiação solar é a principal fonte de energia da Terra, ela é responsável por configurar todos os processos físicos e biológicos na atmosfera e sua distribuição no planeta determina as variações das variáveis meteorológicas, estabelecendo os padrões de circulação atmosférica e oceânica que configura o clima terrestre (LEITÃO, 1994; SOUZA, 1997). O conhecimento da disponibilidade de radiação solar incidente em uma

superfície e sua variação local e sazonal é importante em diversas atividades humanas, com destaque para meteorologia, agricultura, engenharia, hidrologia, transporte, energia e meio ambiente (SOUZA; NICÁCIO; MOURA, 2005; MONTEIRO, 2009).

Atualmente, o mundo encontra-se em pleno desenvolvimento científico e tecnológico na busca fontes renováveis de energia, e neste contexto a radiação solar direta possui um grande destaque, pois, sua concentração de energia solar facilita o seu aproveitamento térmico e fotovoltaico (elétrico). Além disso, a radiação solar direta possui importantes aplicações físicas, biológicas e agrícolas (GOMES et al., 2007).

Contudo, aumenta-se o interesse na utilização de energia solar, gerando uma maior necessidade na obtenção de dados de radiação solar confiáveis, uma vez que a medição desta é significativamente difícil devido aos altos custos de manutenção dos equipamentos e a operação destes e também aos erros provenientes de falhas técnicas (NICÁCIO, 2002; MORADI, 2009). Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar modelos de estimativa da irradiância solar direta horária com base em valores da irradiância solar global normal aos raios solares para a região de Maceió, Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados das irradiâncias solar global (R_g) e direta (R_D) utilizados para a elaboração deste trabalho foram obtidos de forma automática a partir de uma estação radiométrica solar ($9^\circ 33' S$, $35^\circ 46' O$, 100m), do Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar (LARAS), localizada sobre o telhado do prédio Severinão da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no município de Maceió.

As irradiâncias foram medidas através de um piranômetro modelo CM5 da *Kipp & Zonen*, e um pireliômetro sNIP da *Eppley*, respectivamente, ligados a um *Micrologger 21XL* da *Campbell Scientific INC*, programado para fazer médias de dez minutos das 07:00 h as 16:00 h, durante o ano de 2013. Foram feitas médias horárias das irradiâncias para a realização das estimativas, as quais foram elaboradas para estações seca (novembro-fevereiro) e chuvosa (maio-agosto), determinadas com base em Souza et al. (2004), e para todo o ano de 2013. Foi realizada uma correção na qual foram descartados valores com erros. A irradiância solar global normal aos raios solares (R_{gN}) foi calculada pela razão entre a R_g e o cosseno do ângulo zenital ($\cos \theta_z$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo ajustado para as condições da região de Maceió-AL (Figura 1), considerando-se os valores horários para o ano de 2013 (2315 valores), apresentou a equação $R_D = -428,65 + 1,12R_{gN}$, com coeficiente linear e angular de -428,65 e 1,12, respectivamente. O coeficiente de determinação (R^2) obtido para esses valores horários foi 0,76, um coeficiente considerável, tendo em vista as oscilações dos valores da R_D durante o dia, relacionado à grande nebulosidade da região principalmente durante o período chuvoso, ocasionada por alguns fenômenos meteorológicos característicos da região (MOLION; BERNARDO, 2002; LOPES JÚNIOR, et al., 2015).

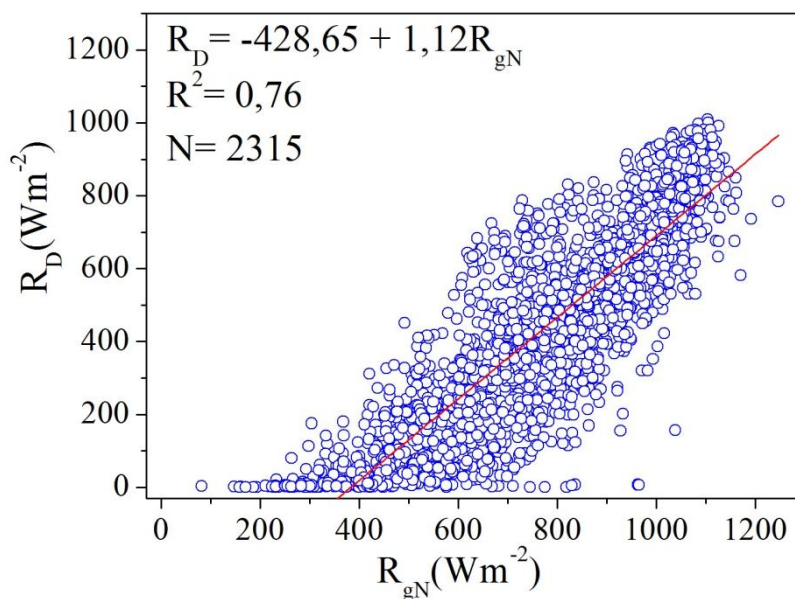


Figura 1. Relação linear entre a irradiância solar global normal (R_{gN}) e direta (R_D) para o ano de 2013.

A estimativa para a estação seca (Figura 2a) apresentou o maior coeficiente de determinação (0,80) se comparado com a estimativa anual e da estação chuvosa, como era de se esperar, pois, existe uma menor nebulosidade durante esse período, com 925 valores, a equação mostrou coeficiente linear e angular de -554,22 e 1,24, respectivamente. Na estação chuvosa (Figura 2b), com 931 valores, o coeficiente de determinação foi menor, ficando por volta de 0,68. Essa diminuição ocorre devido maiores variações da R_D para o período, ocasionadas pela nebulosidade atribuída a fenômenos meteorológicos responsáveis pela climatologia da região como é o caso da brisa marítima e terrestre, ondas de leste, ZCIT, VCAN, entre outros (MOLION; BERNARDO, 2002). Os coeficientes linear e angular foram -339,81 e 0,98, respectivamente.

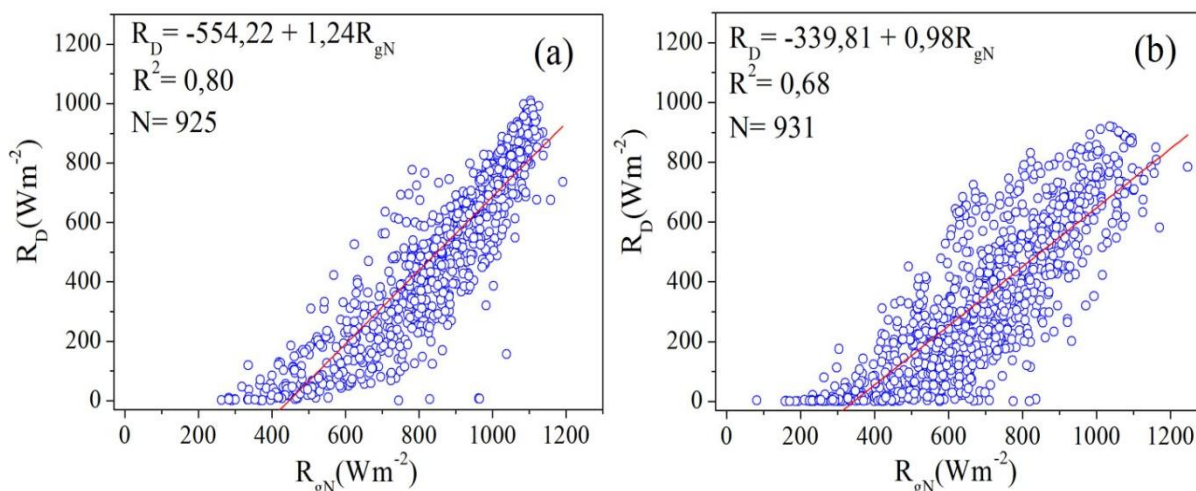


Figura 2. Relação linear entre a irradiância solar global normal (R_{gN}) e direta (R_D) para a estação seca (a) e estação chuvosa (b) do ano de 2013.

CONCLUSÕES

As estimativas da irradiância solar direta em função da irradiância solar global normal aos raios solares tiveram bons coeficientes de determinação, somente para a estação chuvosa o coeficiente foi razoável. Portanto, as equações mostram bons ajustes e a irradiância solar direta ficou bem estimada pela irradiância solar global normal aos raios solares sendo as estimativas dependentes das condições de nebulosidade local.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior – CAPES e a Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOMES, E.N. et al. Estimativa da radiação direta na incidência horária, diária e mensal em função do índice de claridade (KT). In: **Congresso Brasileiro de Energia Solar**, 1, Fortaleza, 10 p. 2007.

LEITÃO, M. M. V. B. **Balço de radiação em três ecossistemas da floresta Amazônica: campina, campinarana e mata densa**. 135p. Tese (Doutorado em Meteorologia), INPE, São José dos Campos, 1994.

LOPES JÚNIOR, J.M et al. Irradiância solar global e direta em Maceió-AL. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. 19. Lavras, p. 1514 - 1517, 2015.

MOLION, L.C.B; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n.1, p. 1-10, 2002.

MONTEIRO, G. et al. Solar radiation and shadow modeling with adaptive triangular meshes. **Solar Energy**. v. 83, n.7. p. 998 – 1012, 2009.

MORADI, I. Quality control of global solar radiation using sunshine duration hours. **Energy**. v. 34, p. 1- 6, 2009.

NICÁCIO, R.M. **Radiação solar global e difusa para Maceió-AL: Medidas e Modelos**. 2002. 107p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2002.

PEREIRA, R. A.; ANGELOCCI, R. L.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária. 487p., 2002.

SOUZA, J.L. et al. Análise da Precipitação e Temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, período 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 12, n.1, p.131-141, 2004.

SOUZA, J.L. Irradiância solar no litoral do nordeste: avaliação preliminar. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 10, Piracicaba, P. 457-459, 1997.

SOUZA, J.L.; NICÁCIO, R. M.; MOURA, M. A. L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil. **Renew Energy**, v. 30, p.1203 – 1220, 2005.

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO ACUMULADA NO PERÍODO CHUVOSO DO SEMIÁRIDO CEARENSE

Amanda Teotonio da Silva¹, Tarsila Martins Ramos², Paulo Sergio Lucio³
¹Graduanda, UFRN, Natal, RN, amandatt73@gmail.com, ²Graduanda, UFRN, Natal, RN, tarsilamartinsramos@gmail.com, ³Doutor, UFRN, Natal, RN, pslucio@ccet.ufrn.br

RESUMO: A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes nas áreas semiáridas, por isso se faz importante compreender seu comportamento. Este trabalho apresenta uma análise do comportamento da precipitação acumulada no semiárido cearense durante seu período chuvoso. A pesquisa utilizou os seguintes métodos multivariados para a realização da análise: Análise de Componentes Principais (PCA) e a Análise Fatorial, dos dados de 34 cidades distribuídas uniformemente na área de estudo, no período entre 1986 a 2016. Foi utilizado o software R para realizar a análise descritiva e os métodos multivariados. Foi observado através dos resultados que as duas técnicas utilizadas foram satisfatórias para o estudo, e conseguimos entender o comportamento da precipitação na região do semiárido cearense.

PALAVRAS-CHAVE: comportamento, analise fatorial, análise de componentes principais

ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF PRECIPITATION ACCUMULATED IN THE RAINY PERIOD IN THE CEARÁ SEMIARID

ABSTRACT: Precipitation is one of the most important meteorological variables in the semi-arid areas, so it is important to understand its behavior. This article presents an analysis of the behavior of accumulated precipitation in the semi-arid region of Ceará during its rainy season. The research used the following multivariate methods to perform the analysis: Principal Component Analysis (PCA) and Factor Analysis, from data from 34 cities evenly distributed in the study area, from 1986 to 2016. The R software was used to perform a descriptive analysis and multivariate methods. It was observed through the results that the two techniques used were satisfactory for the study, and we could understand the precipitation behavior in the semi-arid region of Ceará.

KEY-WORDS: behavior, principal component analysis, factor analysis.

INTRODUÇÃO

A região semiárida apresenta uma grande variabilidade de distribuição espacial e temporal de precipitação pluvial ao longo do seu território. Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento desta variável meteorológica na região semiárida do estado do Ceará durante o seu período chuvoso através dos seguintes métodos estatísticos multivariados: Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise Fatorial através do Software R, sendo o período de estudo os anos entre 1986 a 2016.

Para o seguinte estudo, os dados de 34 cidades distribuídas pelo semiárido cearense foram obtidos no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos

Hídricos (FUNCEME). Nesse estado ocorre a predominância do clima semiárido, dos 184 municípios que compõe o Ceará 98 pertencem a essa classificação, ou seja: 68% do território (IPECE, 2007).

Em relação ao período chuvoso, esse estado apresenta uma pré-estação chuvosa, entre os meses novembro a janeiro e o seu período chuvoso se manifesta durante os meses de fevereiro a maio (ALVES; REPELLI, 1992). O regime de precipitação dessa região depende de diversos sistemas meteorológicos, por exemplo: na quadra chuvosa, a precipitação do estado é influenciada pela Zona de convergência Intertropical (ZCIT). Outros fenômenos podem inibir ou contribuir com as chuvas nesse estado, por exemplo: na sua pré-estação, ocorre a atuação dos Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) e das Frentes Frias (FF).(FUNCEME, 2009)

MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar a análise da precipitação acumulada no semiárido cearense no seu período chuvoso, ou seja: os meses de fevereiro, março, abril e maio, obteve-se no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) os dados de precipitação mensal, durante o período de 1986 a 2016, das seguintes cidades: Aracati, Arneiros, Aracoiaba, Assaré, Campos Sales, Caucaia, Creto, Crateús, Farias Brito, Independência, Itapajé, Itapiúna, Jaguaribe, Jaguaruana, Jardim, Juazeiro do Norte, Jucás, Massapé, Mauriti, Meruoca, Novas Russas, Novo Oriente, Monsenhor Tabosa, Parambu, Quixadá, Pentecoste, Pereiro, Redenção, Reriutaba, Russas, Santana do Cariri, Senador Pompeu, Tianguá e Várzea Alegre. As cidades foram distribuídas de maneira a tentar representar de maneira uniforme a região estudada, o tratamento dos dados inicialmente ocorreu no LibreOffice.

Com o Software estatístico R realizou-se inicialmente uma análise descritiva buscando verificar a média, mediana, o mínimo e o máximo dos dados de precipitações, além dos seus desvios padrões. Para observar qual a distribuição espacial da precipitação na área de estudo aplicou-se os métodos estatísticos multivariados: Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise Fatorial, utilizando as cidades como componentes e os períodos chuvosos dos anos estudados como variáveis.

Para realizar a ACP, inicialmente realizou-se a covariância entre as precipitações acumuladas durante os períodos chuvosos estudados. Através dos valores obtidos verificou-se os autovalores e autovetores buscando averiguar quais foram os anos que apresentaram maior variabilidade, para a identificação das componentes que representavam melhor o comportamento da precipitação foram obtidos as porcentagens e os lambdas da função. Por fim, para caracterizar a distribuição espacial da variável meteorológica nos municípios estudados foi realizado o cálculo dos escores dos dados.

Em relação a Análise Fatorial, foi realizado a correlação entre as precipitações acumuladas durante os períodos chuvosos estudados. A partir dos valores obtidos foi calculado a porcentagem e a porcentagem acumulada captada da variabilidade total (V.T.), para identificar quais fatores são mais representativos. Depois foram calculados, a partir dos fatores escolhidos, os valores das variâncias específicas estimadas e da comunalidade. Finalmente, calculamos a matriz residual proveniente do ajuste do modelo fatorial para saber se a matriz de correlação amostral foi reproduzida adequadamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos valores da análise descritiva observa-se que os anos que se destacam com os registros de menores e maiores de precipitação, respectivamente, são:

Tabela 1. Análise descritiva do período chuvoso dos anos com menores registros de precipitação

Ano	Mínimo Registrados	Média	Mediana	Máximo Registrado	Desvio Padrão
1993	101.4	296.7	237.6	617.2	147.92
1998	84.0	290.8	270.1	571.8	126.39
2010	144.4	348.7	357.1	736.0	151.26
2012	60.2	359.1	336.1	778.1	176.55
2016	90.4	352.3	276.1	978.7	196.84

Tabela 2. Análise descritiva do período chuvoso dos anos com maiores registros de precipitação

Ano	Mínimo Registrados	Média	Mediana	Máximo Registrado	Desvio Padrão
1986	508.0	967.9	955.8	1859.0	308.66
1989	536.0	822.6	792.5	1531.0	192.81
1995	493.3	849.4	798.6	1822.5	300.29
2008	527.2	866.0	819.0	1533.0	238.12
2009	562.2	976.2	882.0	1850.0	317.04

Em relação a Análise de Componentes Principais (ACP), observou-se através dos valores de covariância, autovalores e autovetores que os períodos chuvosos que mais influenciaram os dados pertenceram aos anos 1986 e 2009. Verificou-se também que a primeira componente encontrada, representa cerca de 66,67% dos dados. Por fim, a partir dessa componente foi possível encontrar os escores dos dados, possibilitando classificar a distribuição da precipitação, dos menores registros para os maiores.

Assim, ao se calcular os escores eles tiveram uma variabilidade entre -1996.92 e -6457,11. Por fim, ao serem colocados em módulos foi possível classificar os municípios dos que apresentaram menores registros de precipitação para os maiores através da seguinte ordem: Campos Sales, Jardim, Independência, Arneiros, Parambu, Assaré, Monsenhor Tabosa, Mauriti, Senador Pompeu, Jaguaribe, Novo Oriente, Quixadá, Itapiúna, Crateús, Russas, Jaguaruana, Creto, Pentecoste, Jucás, Santana do Cariri, Várzea Alegre, Aracoiaba, Novas Russas, Itapajé, Farias Brito, Juazeiro do Norte, Pereiro, Reriutaba, Aracati, Massapé, Redenção, Tianguá, Caucaia e Meruoca.

Para a Análise Fatorial, foram calculados os autovalores, porcentagem de variabilidade total captada e a porcentagem acumulada. Foi observado que o primeiro fator capta mais de 61% da variabilidade total, ou seja, ele possui maior representatividade e é muito mais significativo que os outros fatores. Foram escolhidos os 2 primeiros fatores por eles captarem quase 70% da variabilidade total.

Tabela 3. Autovalores com maiores porcentagens de variabilidade total captada e as suas porcentagens de variabilidade total captada acumulada.

Ordem	Autovalor	(%) de V.T. Captada	(%) Acumulada de V.T. Captada
1	19.04	61.43	61.43
2	2.36	7.60	69.02
3	1.74	5.61	74.63

Assim, usamos os dois primeiros fatores para uma melhor análise das variâncias específicas estimadas (Ψ) e da comunalidade (h^2). O fator 1 é o fator que está mais relacionado de forma significativa a todos os anos. Principalmente os anos de 1994, 1995 e 2000.

Tabela 4. Valore dos fatores 1 e 2, variância específica estimada e comunalidade para os anos com relação mais significativas.

	F1(li1)	F2(li2)	Ψ	h^2
1994	-0.90	-0.30	0.11	0.89
1995	-0.91	-0.09	0.16	0.84
2000	-0.90	-0.21	0.15	0.85

Os valores das variâncias específicas estimadas foram acima de 50% nos anos de 1989, 1997, 2005 e 2008. Dessa forma, podemos verificar que algum dos fatores está relacionado com a ocorrência de eventos extremos como o El Niño e La Niña, pois em 1989 foi um ano de La Niña forte, 1997 um ano de El Niño muito forte, 2005 um ano de El Niño forte e 2008 um ano de La Niña moderado.

Tabela 5. Valore dos fatores 1 e 2, variância específica estimada e comunalidade, dos anos influenciados pelo El Niño ou La Niña.

	F1(li1)	F2(li2)	Ψ	h^2
1989	-0.61	-0.06	0.62	0.38
1997	-0.48	0.38	0.63	0.37
2005	-0.67	-0.14	0.53	0.47
2008	-0.68	0.10	0.53	0.47

Após calcularmos a matriz de resíduos, chegamos à conclusão de que, como todos os elementos da matriz residual são próximos de zero, a matriz de correlação amostral original foi reproduzida adequadamente.

CONCLUSÕES

Portanto, a partir da análise de componentes principais (ACP) foi possível verificar através do comportamento da precipitação acumulada do seu período chuvoso a distribuição espacial da própria pelo semiárido cearense. Tendo como característica ter menores valores registrados em cidades localizadas ao sul do território do que as do norte. Além disso, através da análise dos fatores, foi possível avaliar e perceber que há uma influência significativa dos eventos extremos El Niño e La Niña na região do semiárido cearense.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. B., REPELLI, C. A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do nordeste e os eventos El Niño/Oscilação Sul (ENOS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 583-592, 1992.

IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Ceará em Mapas** - caracterização territorial: meio ambiente. Ceará: IPECE, 2007.

FUNCEME – FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Para Entender Melhor a Previsão Meteorológica Para a Estação Chuvosa no Ceará e Glossário de Termos Meteorológicos. **Relatório técnico**. Fortaleza: FUNCEME, 2009.

EL NIÑO, LA NIÑA E SUAS FLUTUAÇÕES PLUVIAIS EM SÃO BENTO DO UNA-PE, BRASIL.

Maria Carolina da Silva¹ Mirella Alexandre Viana² Raimundo Mainar de Medeiros³, Vicente de Paula Silva⁴, Romildo Morant de Holanda⁵

1 Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mcskrol@gmail.com; 2 Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mirellaviana@hotmail.com; 3 Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; 4 Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE, e-mail: vicenteufrpe@yahoo.com. 5 Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE, e-mail: romildomorant@gmail.com.

RESUMO: Objetiva-se estudar as variabilidades pluviais sobre a atuação do fenômeno climático El Niño(a) em relação aos índices pluviométricos no município de São Bento do Uma – PE que vem enfrentando a crise hídrica nos dias atuais. Utilizou-se de séries mensais e anuais de precipitação fornecidos pela Agência Pernambucana de Água e Clima do Estado do Pernambuco e da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, referente a ano isolados de El Niño(a). Os índices pluviais dos anos de 2007, 2009, 2010, 2012 e 2013 são classificados como de atuações do fenômeno El Niño, com atuação da La Niña 1998, 1999, 2000, 2008. Sobre a atuação do El Niño destacam-se os anos 2009, 2010 que registrou 60% e 58,3% a mais que a normal climatológica. Os anos 2007 e 2013 foram considerados como normais e o ano 2012 considerado muito seco. Os anos com atuação da La Niña, os anos 2000 e 2008 registrou aumento nos índices pluviométricos de 28,55% e 27,17% respectivamente, no ano 2001 registrou-se chuva entre a normalidade nos anos de 1998 e 1999 considerou-se como anos seco pluviometricamente. No município a atuação dos fenômenos El Niño(a) não influenciam a aumentos ou reduções nos índices pluviais. Os dados indicam que há interferência antrópica na atual situação de seca da região, maiores estudos são necessários para a identificação dos fatores antrópicos, e dessa forma propor soluções para a seca no município.

Palavras-chave: Variabilidade climática, fenômenos adversos, Agricultura.

EL NIÑO, LA NIÑA AND THEIR RAINFALL FLUCTUATIONS IN SÃO BENTO DO UNA – PERNAMBUCO, BRAZIL.

ABSTRACT: The objective of this research is to study the rainfall variability on the performance of the climatic phenomenon of El Nina and La Nina in relation to rainfall indexes in the municipality of São Bento do Una – PE which is facing the current water crisis. It was used a series of monthly and annual precipitation data provided by the Pernambuco State Water and Climate Agency and the Northeast Development Superintendence referring to the isolated year of El Niño(a). The rainfall indexes for the years 2007, 2009, 2010, 2012 and 2013 are classified as performances of the El Niño phenomenon with the performance of La Niña in 1998, 1999, 2000, 2008. As of the performance of El Niño, stands out the years 2009 and 2010 which registered 60% and 58.3% more than the normal climate situation. The years 2007 and 2013 were considered as normal and the year 2012 was considered very dry. The years with the performance of La Niña, 2000 and 2008 recorded an increase in rainfall rates of 28.55% and 27.17%, respectively, in the year 2001 rainfall was registered between normality

and in the years 1998 and 1999 it was considered as dry rainfall years. In the municipality, the performance of the El Niño(a) phenomena does not influence increases or reductions in rainfall indexes. The data indicates that there is anthropic interference in the current drought situation of the region, more studies are needed to identify the anthropic factors, and thus propose solutions for the drought in the municipality.

Key-words: climate variability, adverse phenomena, agriculture.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial possui significativa importância na caracterização do clima de determinada região, intervindo diretamente nas alternâncias de rendimento das culturas (ARAI et al.,2009). Longos períodos de estiagem, além de ocasionarem danos à agricultura regional, afetam também o nível de águas dos mananciais e reservatórios das usinas hidrelétricas, geraram danos aos abastecimentos urbano e à agropecuária (SILVA et al.,2011). Além disso, sofre a influência direta de fenômenos atmosféricos e oceânicos de grande escala que se processam sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais (LUCENA et al.,2011).

Estudos deste âmbito foram demonstrados por diversos autores os quais mostram que os fenômenos El Niño(a) não tem grandes flutuações nos índices pluviométricos de alguns municípios do semiárido brasileiros. A porção semiárida do nordeste por apresentar alterações na variabilidade climática, decadal e sazonal, resulta na escassez hídrica dos corpos d'água intermitentes e pluviométrica (LIMEIRA, 2008).

O objetivo deste trabalho refere-se à realização de um levantamento da pluviometria nos anos de incidência dos fenômenos El Niño(a) com a finalidade de identificar a intensidade desses eventos diante do cenário de seca atual no município de São Bento do Una no Estado de Pernambuco.

MATERIAL e MÉTODOS

São Bento do Una localiza-se na mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Belo Jardim, a sul com Jucati, Jupi e Lajedo, a leste com Cachoeirinha, e a oeste com Capoeiras, Sanharó e Pesqueira.

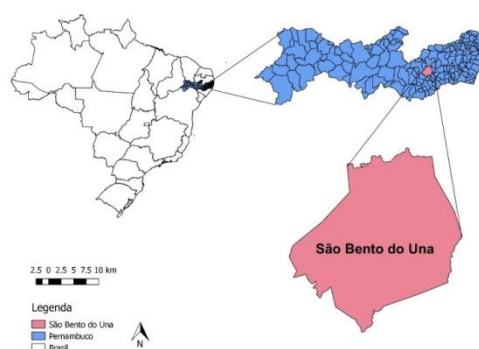


Figura 1. Localização do município de São Bento do Una no estado do Pernambuco.

A área municipal ocupa 719,15 km² e representa 0.72 % do Estado de Pernambuco. A sede do município tem altitude de 614 metros e coordenadas geográficas de 08°31'22" de latitude sul e 36°06'40" de longitude oeste (CPRM, 2005).

Segundo a classificação climática por Köppen (1928) São Bento do Una tem o clima As Tropical Chuvoso, com verão seco, esta classificação esta de acordo com Alvares et al. (2014).

O trimestre chuvoso centra-se nos meses de abril, maio e junho e os seus meses seco ocorrem entre outubro, novembro e dezembro. Os fatores provocadores de chuvas na área do município são as contribuições da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formação dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAS), contribuição dos ventos alísios de nordeste no transporte de vapor e umidade a quais condensam e forma nuvens provocando chuvas de moderadas a fortes, formações das linhas de instabilidades, orografia, troca de calor e suas contribuições locais e regionais (MEDEIROS et al., 2016).

Os dados pluviométricos foram adquiridos da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Agencia Pernambucana de Água e Clima (APAC) compreendido entre os anos de 1920 a 2016 os quais se trabalhou com anos isolados de ocorrências de El Niño(a). Utilizou-se de cálculos simplificados estatisticamente para definir, média e seus comparativos. Realizaram-se preenchimentos de falhas pelo método de Tichenn, seguidamente de sua consistência e homogeneização. No comparativo dos anos ENOS utilizou-se da variabilidade $\pm 25\%$, com este percentual consideraram-se anos normais em conformidade a utilização dos núcleos de meteorologias estaduais em operações no Nordeste do Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 tem-se os demonstrativos dos índices pluviais em ocorrências de ElNiño(a) sua intensidade e classificação compreendido entre anos isolados de El Niño(a).

Tabela 1. Classificação e Intensidade do El Niño(a) – Oscilação Sul no período de 1972 a 2013.

Período	Classificação	Intensidade	Período	Classificação	Intensidade
1972-1973	El Niño	Forte	1994-1995	El Niño	Moderado
1973-1976	La Niña	Forte	1995-1996	La Niña	Fraco
1976-1977	El Niño	Fraco	1997-1998	El Niño	Forte
1977-1978	El Niño	Fraco	1998-2001	La Niña	Moderado
1979-1980	El Niño	Fraco	2002-2003	El Niño	Moderado
1982-1983	El Niño	Forte	2004-2007	El Niño	Forte
1983-1984	La Niña	Fraco	2008	La Niña	Forte
1984-1985	La Niña	Fraco	2009-2010	El Niño	Fraco
1986-1988	El Niño	Moderado	2011	La Niña	Moderada
1988-1989	La Niña	Forte	2012	El Niño	Moderado
1990-1993	El Niño	Forte	2013	El Niño	Forte
1990-1993	El Niño	Forte			

Fonte: CPTEC/INPE

Tabela 2. Variabilidades pluviométricas em anos de El Niño e La Niña para a área do município de São Bento do Una – PE.

Meses	El Niño (2007)	El Niño (2009)	El Niño (2010)	El Niño (2012)	El Niño (2013)	La Niña (1998)	La Niña (1999)	La Niña (2000)	La Niña (2001)	La Niña (2008)	La Niña (2011)	Histórica
Jan	25,5	45,3	125,0	18,2	28,0	28,6	11,4	55,4	1,8	7,6	24,7	40,4
Fev	62,9	107,8	58,6	22,7	24,1	23,0	14,0	55,4	4,2	25,2	0,5	53,9
Mar	163,9	120,2	31,5	15,7	20,7	5,2	78,2	60,8	45,6	264,1	27,3	92,3
Abr	65,7	215,9	163,2	5,3	78,5	54,6	4,6	95,0	38,0	133,9	85,4	84,5
Mai	42,0	186,1	33,3	24,3	50,0	13,6	91,2	46,6	0,8	141,1	263,6	80,6
Jun	104,2	45,3	292,8	41,8	100,5	24,8	24,6	138,6	223,8	33,8	42,8	75,0
Jul	41,4	86,2	51,6	49,4	127,5	33,6	55,2	68,2	63,6	62,8	147,8	64,5
Ago	57,1	100,4	26,2	25,7	31,1	49,8	14,8	76,6	32,6	42,8	38,5	33,8
Set	15,1	6,2	70,8	7,5	16,0	14,6	6,4	112,6	23,6	9,5	21,4	20,4
Out	3,8	11,0	98,1	4,8	19,3	4,4	43,2	12,5	63,4	6,2	5,2	19,8
Nov	10,8	17,7	3,0	11,2	16,2	0,0	0,0	0,0	21,1	14,5	6,3	21,3
Dez	34,4	37,9	13,7	1,2	53,0	0,0	39,2	64,0	1,6	35,8	21,0	24,8
Anual	626,8	980,0	967,8	227,8	564,9	252,2	382,8	785,7	520,1	777,3	684,5	611,2

A Tabela 2 demonstra os índices pluviométricos dos anos de 2007, 2009, 2010, 2012 e 2013 classificados como de atuações do El Niño. E os anos com atuação da La Niña 1998, 1999, 2000, 2008 e 2011 seguidamente da série histórica dos anos de 1920-2016.

Analisando as flutuabilidade anuais da precipitação sobre a atuação do El Niño destacam-se os anos 2009, 2010 que se registrou 60% e 58,3% a mais que a normal climatológica. Os anos 2007 e 2013 foram considerados normais e 2012 muito seco.

Referente a atuação da La Niña, os anos 2000 e 2008 registrou-se aumentos nos índices pluviométricos de 28,55% e 27,17% respectivamente, no ano 2001 registrou-se chuva entre a normalidade nos anos de 1998 e 1999 considerou-se como anos seco.

Resultados analógicos foram obtidos por autores: Santana e Silva; Oliveira et al. (1980); Baracho et al. (1990) e Medeiros et al. (2016) mostrando que não há relação direta entre os fatores El niño(a) e as flutuações de precipitação da região.

CONCLUSÕES

No Município de São Bento do Una a atuação dos fenômenos El Niño(a) não está relacionada a aumentos e/ou redução dos índices pluviométricos. A interferência antrópica é causa fundamental das variabilidades climáticas que o município vem passando.

Maiores estudos são necessários para a identificação dos fatores antrópicos, dessa forma propor soluções. Os possíveis fatores podem estar interligados a diminuição da mata nativa devido ao crescimento da avicultura.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Mestrado e Pós-doc e ao Departamento de Engenharia Ambiental pela pesquisa em desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.

ARAI, F.K. et al. Espacialização da precipitação pluvial na Bacia do Rio Dourados. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2-7 ago., Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC, CD-ROM. 2009.

BARACHO, D. C. et al. **Análise da precipitação pluvial em Areia - PB, em anos de ocorrência de “El Niño”**. Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

LIMEIRA, E. A. **Influência dos fenômenos acoplados oceano-atmosfera sobre os Vórtices Ciclônicos de altos níveis observados no Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2014.

LUCENA, D.B.; GOMES FILHO, M.F.; SERVAIN, J. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 297-312, 2011.

MEDEIROS, R.M. et al. El Niño/La Niña e sua influência no número de dias com chuva em Bom Jesus – Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, Nº 2, p. 16-23, 2016.

SANTANA E SILVA, J. J.; OLIVEIRA, F. A. Balanço hídrico do projeto de irrigação de São Desidério. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 9, Campina Grande, 1980, **Anais...** Campina Grande: SBEA, 1980, V. 1, P. 80-84.

SILVA, V.P.R. et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 131-138, 2011.

MICROCLIMA EM ÁREAS DE CAATINGA PRESERVADA E CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Herica Fernanda de Sousa Carvalho¹, Magna Soelma Beserra de Moura², Thieres George Freire da Silva³, Carlos Tiago Amâncio Rodrigues⁴, Geovane Damasceno da Silva⁵

¹Bolsista DTI, CNPQ, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, hericafernanda_17@hotmail.com;

²Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, magnamoura@embrapa.br; ³Thieres George Freire da Silva; ⁴Mestrando, UNIVASF, Juazeiro-BA; ⁵Graduando, ciências biológicas-UPE, Petrolina-PE.

RESUMO: Objetivou-se analisar sazonalmente as condições microclimáticas em área de vegetação caatinga preservada e cultivo agrícola de cana-de-açúcar irrigado. Este estudo foi realizado durante um ciclo produtivo de cana-de-açúcar na usina Agrovale, ocorrido no período de junho de 2015 a maio de 2016, e a área de caatinga localizada na Embrapa Semiárido, ambas localizadas no Submédio do Vale São Francisco. Em cada área foi instalada uma torre micrometeorológica equipada com sensores para medir simultaneamente a temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, temperatura do solo e precipitação. Os dados foram analisados em escala diária, e a média do ciclo foi comparada estatisticamente. Os resultados revelaram que a variação dos dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura do solo, em ambas as áreas apresentaram comportamentos distintos. Na caatinga o microclima é representado por condições de temperatura do ar e do solo elevada e umidade relativa do ar baixa, diferentemente do que ocorre no cultivo agrícola irrigado. A ocorrência de chuva é essencial para promover alterações microclimáticas, tanto pelo impacto direto que na modificação das condições atmosféricas locais, quanto pela promoção da formação de biomassa na caatinga.

PALAVRAS-CHAVE: cultivo agrícola, mudança de uso do solo, vegetação nativa.

MICROCLIMA IN AREAS OF PRESERVED CAATINGA AND IRRIGATED SUGAR CANE IN BRAZILIAN SEMI-ARID

ABSTRACT: The objective was to analyze seasonally the microclimatic conditions in an area of preserved caatinga vegetation and agricultural cultivation of irrigated sugar cane. This study was carried out during a productive cycle of sugarcane at the Agrovale mill, which occurred between June 2015 and May 2016, and the caatinga area located at Embrapa Semi-arid, both located in the Sub-region of the São Francisco Valley. In each area was installed a micrometeorological tower equipped with sensors to simultaneously measure the temperature and relative humidity of the air, wind speed, soil temperature and precipitation. Data were analyzed on a daily basis, and the mean of the cycle was compared statistically. The results showed that the variation of air temperature, relative air humidity, wind speed and soil temperature data in both areas showed different behavior. In the caatinga the microclimate is represented by high air and soil temperature conditions and low relative humidity, unlike what occurs in irrigated agricultural crops. The occurrence of rainfall is essential to promote microclimatic changes, both by the direct impact of the change in local atmospheric conditions and by the promotion of biomass formation in the caatinga.

KEY-WORDS: agricultural cultivation, change of land use, native vegetation,.

INTRODUÇÃO

Estudos micrometeorológicos vêm sendo realizados para melhor compreender a dinâmica dos processos termodinâmicos do sistema atmosfera, sobretudo os elementos meteorológicos que são afetados por modificações da superfície. A manutenção da vegetação nativa atenua na incidência de radiação solar à superfície, temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar, velocidade do vento, podendo impactar na ocorrência de chuva em algumas regiões, além de moderar os efeitos da poluição do ar (ALVES; BIUDES, 2012).

Neste sentido, a Caatinga, bioma único e exclusivamente brasileiro, é caracterizada por uma vegetação com alta sazonalidade, e apresenta em torno de 46% de sua área original modificada com alguma forma de antropização (MMA, 2015). No Submédio do Vale São Francisco, a exploração de áreas com cana-de-açúcar já atinge 15.132 ha (IBGE, 2014), sendo ampliada a cada ano sobre áreas nativas. Deste modo, a qualidade microclimática de cada ecossistema reflete na dinâmica dos processos de energia e água que ocorrem em superfície.

Portanto, apesar de existir uma gama de estudos com observações meteorológicas na caatinga e cana-de-açúcar, avaliações realizadas simultaneamente são escassas. Assim, objetivou-se analisar sazonalmente as condições microclimáticas em áreas de vegetação de caatinga preservada e cultivo agrícola de cana-de-açúcar irrigado, a fim de se verificar o impacto da substituição da caatinga pelo monocultivo de cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados meteorológicos foi realizada simultaneamente durante o período de junho de 2015 à maio de 2016 em duas áreas experimentais: uma de caatinga preservada (09°05'S; 40°19'O; 350 m de altitude) e outra de cana-de-açúcar irrigada (09°26'S; 40°19'O; 396 m), ambas localizadas no Submédio do Vale São Francisco. O clima da região é semelhante, segundo a classificação de Köopen, do tipo BSwh', tropical semiárido (quente e seco), com temperatura do ar variando de 20,7 °C a 32,1 °C, mínima e máxima, média de 26,4 °C, umidade relativa do ar média de 62% e precipitação anual de 520 mm (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2015).

O sítio de caatinga preservada se encontra no município de Petrolina-PE, na Embrapa Semiárido, preservada há mais de 35 anos, solo do tipo Argissolo Amarelo Eutrófico, predominando plantas hiperxerófila e caducifólias. Por outro lado, o campo agrícola de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* spp.) foi conduzido no município de Juazeiro-BA, solo do tipo Vertissolo, 3º ciclo produtivo, variedade VAT 90-212, irrigada por gotejamento subsuperficial.

No centro de cada área experimental foi instalada uma torre micrometeorológica equipada com sensores eletrônicos para medição dos seguintes elementos meteorológicos: temperatura e umidade relativa do ar (HMP45, Vaisala, Finlândia), velocidade do vento (03001, Young, Michigan, USA), e precipitação (CS700-L, Hydrological Services Rain Gage, Liverpool, Austrália). No solo foram instalados termistores CS107 (Campbell Scientific, INC, Logan, Utah, USA) para medição da temperatura do solo na camada de 0,02 e 0,06 m. Esses equipamentos foram conectados a sistemas automáticos de aquisição de dados, armazenando médias a cada 30 minutos.

Os dados médios diários foram analisados ao longo do tempo, em seguida submetidos à estatística não paramétrica, comparando as variáveis nas duas superfícies utilizando-se o teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sazonalidade dos principais elementos microclimáticos esteve associada as mudanças das estações do ano e a posição geográfica do local. Na caatinga, entre os meses de junho/15 e agosto/15, foram verificadas as menores temperaturas, com média de 24,5 °C, similar ao verificado na área de cana-de-açúcar, que teve média de 24,2 °C. Da mesma forma, nesses meses a umidade relativa do ar média foi de 56% e 70%; e a velocidade do vento foi de 5,0 e 3,0 m s⁻¹, respectivamente na caatinga e cana-de-açúcar (Figura 1).

Essas condições amenas de temperatura e umidade do ar ocorreram em função da ocorrência de nebulosidade comum na estação inverno, que acontece geralmente do início da manhã até por volta as 13 horas. Resultados semelhantes foram constatados por Silva et al. (2011) na mesma região do presente estudo, e estão de acordo com o histórico climático (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2015).

Percebe-se que entre os meses de agosto/15 e dezembro/15 ocorreram aumentos acentuados na temperatura, conseqüentemente redução da umidade relativa do ar e velocidade do vento, em ambas as áreas, porém, com magnitudes diferentes, sendo verificados menores aumentos na área de cana-de-açúcar, ocasionado pelo uso da irrigação. A temperatura do solo na caatinga alcançou média de 35 °C, enquanto na cana, esse valor foi da ordem de 28,7 °C (Figura 1), podendo impactar na trocas gasosas e desenvolvimento microbiológico no solo.

Quando iniciou o período chuvoso na região (Figura 2), a partir de dezembro/2015, rapidamente diminuiu a temperatura do ar, e por conseguinte, aumento da umidade relativa do ar, sendo inversamente proporcional a tensão do vapor d'água na atmosfera, e assim, a mesma tende a diminuir em ambas as áreas (VAREJÃO-SILVA, 2006), demonstrando o maior controle do mesoclima no microclima das áreas estudadas. Nota-se que, quando ocorrem as primeiras chuvas a temperatura do solo se reduz bruscamente na caatinga, enquanto na cana-de-açúcar a redução deste parâmetro é menos perceptível.

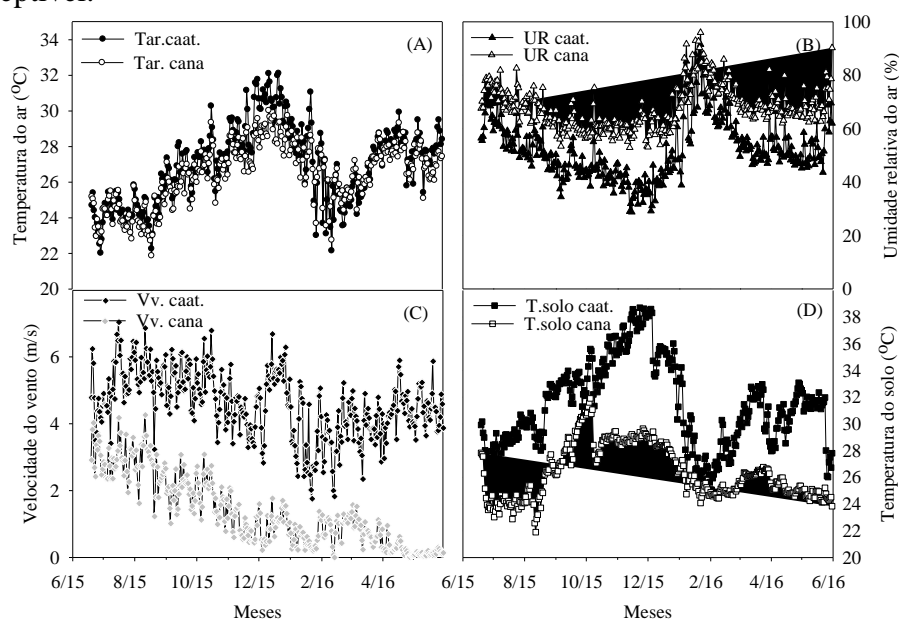


Figura 1. Sazonalidade dos elementos microclimáticos na caatinga preservada e cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco.

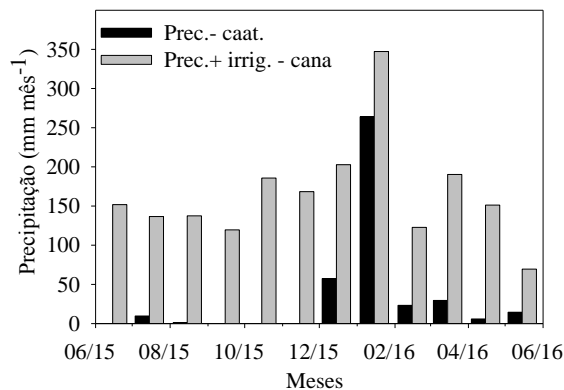


Figura 2. Precipitação (Prec.) e irrigação (Irrig.) mensal nas áreas de caatinga preservada e cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco.

Durante o período experimental, na caatinga o total de precipitação foi 405,1 mm, abaixo da média da região, enquanto na cana-de-açúcar o total foi de 1.983,8 mm (precipitação + irrigação), sendo 325 mm de precipitação e 1.610 mm de irrigação, seguindo a variação mensal apresentada na Figura 2. Contudo, a disponibilidade hídrica, foi um dos principais contribuintes para as diferenças observadas na caatinga. No caso da temperatura do ar e do solo, o aumento médio foi de 13% e 15% respectivamente, em relação a cana-de-açúcar. Por outro lado, a umidade relativa na cana-de-açúcar chega a ser 28% maior que na área caatinga.

Estatisticamente, ao longo do ciclo avaliado existe diferença entre o microclima da caatinga e da cana-de-açúcar (Tabela 1), com o ar e solo mais quente na caatinga, bem como mais seco, porém, com maior velocidade do vento. A conjunção desses parâmetros, associado à elevada disponibilidade de energia, pode resultar em alterações nas trocas de água e carbono com a atmosfera, e conseqüentemente alterar os balanços de energia em escala regional. Essas informações podem ser úteis, inclusive, para estudos de modelagem climática.

Tabela 1. Valores médios mensais dos elementos meteorológicos sobre caatinga preservada e cana-de-açúcar irrigada, no Submédio do Vale do São Francisco, Semiárido brasileiro.

Superfícies	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)	Temperatura do solo (°C)
Caatinga	26,9 A	52,5 B	4,6 A	31,5 A
Cana-de-açúcar	23,4 B	68,0 A	1,4 B	26,3 B

CONCLUSÕES

Na caatinga o microclima é representado por condições de temperatura do ar e do solo elevada e umidade relativa do ar baixa, diferentemente do que ocorre no cultivo agrícola de cana-de-açúcar irrigado. A ocorrência de chuva é essencial para promover alterações microclimáticas, tanto pelo impacto direto que na modificação das condições atmosféricas locais, quanto pela promoção da formação de biomassa na caatinga.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. D. L.; BIUDES, M. S. O uso do solo e as mudanças microclimáticas: estudo de caso no campos de Cuibá da Universidade Federal de Mato Grosso. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 6, n. 2, p. 95-111, 2012.

EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Médias anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro. Petrolina, 2015.** Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>>. Acesso em: 16.03.2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Produção Agrícola Municipal 2014.** <www.sidra.ibge.gov.br/bda>. Acesso em: 03 de agosto, 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caatinga.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2016.

SILVA, T. G. F. et al. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 16, n. 1, p. 64-71, 2012.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** Versão Digital 2, Recife, PE, 2006, 439p.

ÍNDICE DE DÉFICIT HÍDRICO DE RESERVATÓRIOS (IDHR)

Josemir Araújo Neves ¹

¹Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte-EMPARN, Parnamirim, RN,
josemiremparn@rn.gov.br

RESUMO: Esse trabalho teve como objetivo o desenvolvimento do Índice de Déficit Hídrico de Reservatórios (IDHR) com o intuito de fornecer um instrumento dinâmico e interativo que possibilite ao gestor do sistema hídrico o acesso as informações dos volumes dos principais reservatórios do seu Estado, disponíveis na web, em um único mapa. O IDHR utiliza uma escala de criticidade em relação a situação hídrica atual, desde a situação mais crítica (volume atual = 0% do volume máximo), até a menos crítica (volume atual \geq 50% do volume máximo) e circunferências de diversos tamanhos para representar o volume máximo dos reservatórios. Para o seu desenvolvimento foi utilizada a biblioteca *leaflet* do software estatístico R. A *leaflet* é uma poderosa biblioteca *javascript*, em código aberto, que possibilita a criação de mapas interativos em HTML. Os resultados apresentados no trabalho demonstram a situação grave de seca hídrica, por que passa tanto o Rio Grande do Norte como a Paraíba, com quase a totalidade dos seus reservatórios em situação muito crítica (RN: abaixo de 20% da sua reserva hídrica, PB: abaixo de 10% da sua reserva hídrica).

PALAVRAS-CHAVE: Seca Hidrológica, Déficit no Abastecimento de Água, Nordeste Brasileiro.

RESERVOIR WATER DEFICIT INDEX (ReWDI)

ABSTRACT: The objective of this work was to develop the Reservoir Water Deficit Index (ReWDI) in order to provide a dynamic and interactive instrument that allows the water system manager to access the information of the volumes of the main reservoirs of his State available on the web, on a single map. The ReWDI uses a criticality scale in relation to the current water situation, from the most critical situation (current volume = 0% of maximum volume), to the least critical one (current volume \geq 50% of maximum volume) and circumferences of various sizes that represent the maximum volume of the reservoirs. For its development the leaflet library of statistical software R. was used. Leaflet is a powerful open source javascript library that enables the creation of interactive HTML maps. The results presented in the paper show the severe drought situation, as it passes both Rio Grande do Norte and Paraíba, with almost all of its reservoirs in a very critical situation (RN: below 20% of its water reserve, PB: below 10% of your water reserve).

KEY-WORDS: Hydrological Drought, Water Supply Deficit, Northeast Brazil.

INTRODUÇÃO

O Semiárido do Brasil engloba aproximadamente 10% do território do País. É uma região que apresenta grandes entraves ao desenvolvimento socioeconômico principalmente pelas severas condições do clima. Secas recorrentes são comuns na região trazendo danos econômicos a produção agrícola e à pecuária, afetando o abastecimento urbano e rural e ocasionando ondas de migração do campo para as regiões litorâneas, onde as chuvas são mais abundantes. O período chuvoso do Semiárido está concentrado em 4 meses, sendo que no restante do ano as chuvas praticamente não ocorrem (período seco) (ALBUQUERQUE; RÊGO, 2013; NEVES et al, 2016).

Dada a grande escassez hídrica presente no semiárido, em função das severas secas registradas desde o século XVI, foram tomadas diversas medidas visando dar segurança hídrica a região. Dentre as quais, a construção de pequenos, médios e grandes reservatórios, mas que se mostraram insuficientes para suportar uma sequência extensa de anos com chuvas abaixo da média, como é o caso da última seca (2012-2016) (MARTINS et al, 2015; MAGALHÃES, 2016). Essa seca teve um grande impacto nos níveis dos reservatórios do Nordeste, tornando-os secos ou praticamente secos (MAGALHÃES, 2016). Portanto, se faz necessário que a gestão desses reservatórios seja mais eficiente e que se dê mais garantia de água a população. Baseando-se nessa demanda, foi desenvolvido neste trabalho, o Índice de Déficit Hídrico de Reservatórios (IDHR), com o intuito de fornecer informações atualizadas, dinâmicas e concisas aos gestores dos sistemas hídricos do Rio Grande do Norte e Paraíba.

MATERIAL E MÉTODOS

O IDHR foi idealizado para ser um instrumento dinâmico e interativo que possibilite ao gestor do sistema hídrico o acesso as informações dos volumes dos principais reservatórios do seu Estado, disponíveis na web, em um único mapa.

Para o seu desenvolvimento foi utilizada a biblioteca *leaflet* do software estatístico R. A *leaflet* é uma poderosa biblioteca *javascript*, em código aberto, que possibilita a criação de mapas interativos em HTML (BAUMER et al., 2017).

Para a geração do índice, primeiramente os dados são lidos automaticamente nos sites das instituições responsáveis pelo monitoramento dos reservatórios, via execução do código fonte do programa no R. E, em seguida, estes dados são classificados dentro de uma escala de criticidade em relação à situação hídrica atual, variando-se de uma situação mais crítica (volume atual = 0% do volume máximo), a uma menos crítica (volume atual \geq 50% do volume máximo). Foi adotada, também, a utilização de circunferências com diferentes diâmetros, em função da capacidade máxima dos reservatórios, para obter-se um comparativo do tamanho entre os diversos reservatórios em cada Estado (Figura 1).

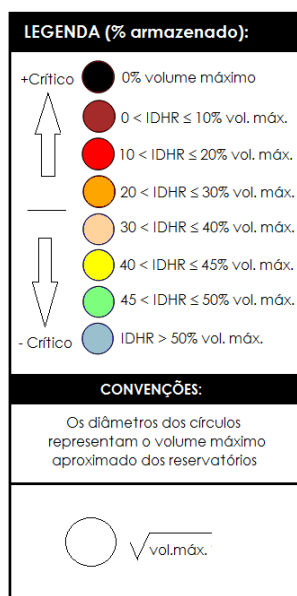


Figura 1. Convenções utilizadas na confecção do IDHR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2 e 3 ilustram o resultado do mapa do IDHR para os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, respectivamente. Para o usuário identificar qual o reservatório, basta clicar em cima deste, que uma caixa suspensa aparecerá com a identificação do Estado e do município em que o reservatório está localizado, com as seguintes informações: nome do reservatório, capacidade máxima, volume atual, porcentagem do volume atual em relação à capacidade máxima e a data da última medição. A plataforma também possibilita a escolha de 5 diferentes tipos de mapas (Esri.WorldStreetMap, Esri.DeLorme, Thunderforest.OpenCycleMap, OpenTopoMap e OpenStreetMap) e a escolha de qual Estado o usuário quer visualizar.

Os resultados mostrados na Figura 2 ilustram a grave situação hídrica por que passa o Rio Grande do Norte, com a maioria dos seus reservatórios abaixo de 20%, isto quando não colapsados (secos). A exceção se dá nos reservatórios do leste do Estado que apresentam uma situação hídrica confortável (acima de 50% das suas capacidades máximas). O maior reservatório no centro do Estado, circunferência maior ao centro, está com um pouco mais de 19% da sua capacidade, e regiões como o Alto Oeste e o Seridó, no sul do Estado, apresentam uma situação hídrica de calamidade com a maioria das cidades sendo abastecidas por adutoras de engate rápido ou carros pipas.

Na Paraíba, Figura 3, a situação ainda é mais grave com os maiores reservatórios abaixo de 10% do seu volume máximo, e apenas dois reservatórios de médio/pequeno porte apresentam-se com situação acima de 50% (Araçagi com 70,83% e Gramame/Mamuaba com 84,56%).

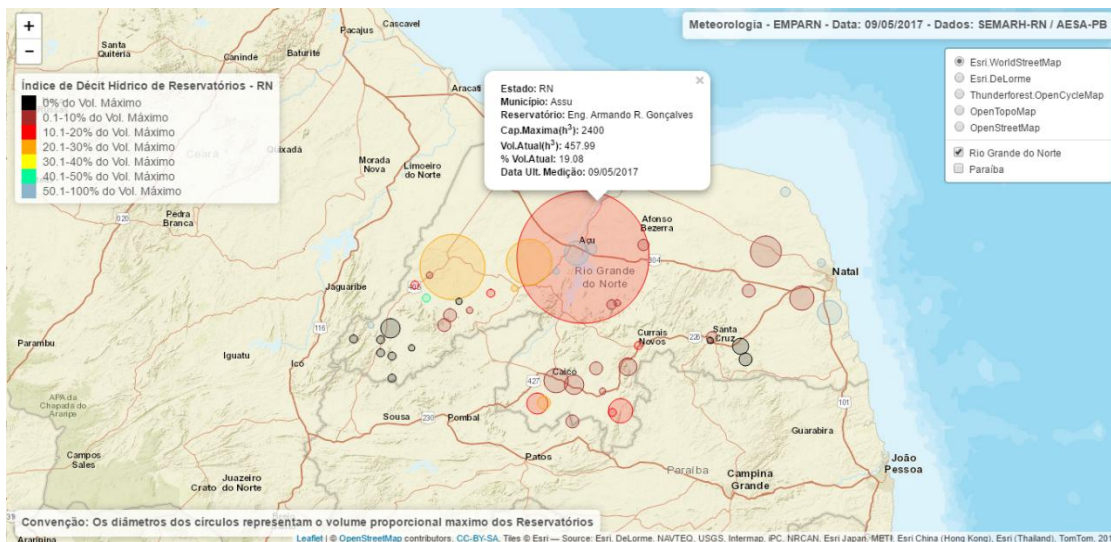


Figura 2. IDHR para o Rio Grande do Norte (<http://187.61.173.26/IDHR.html>).

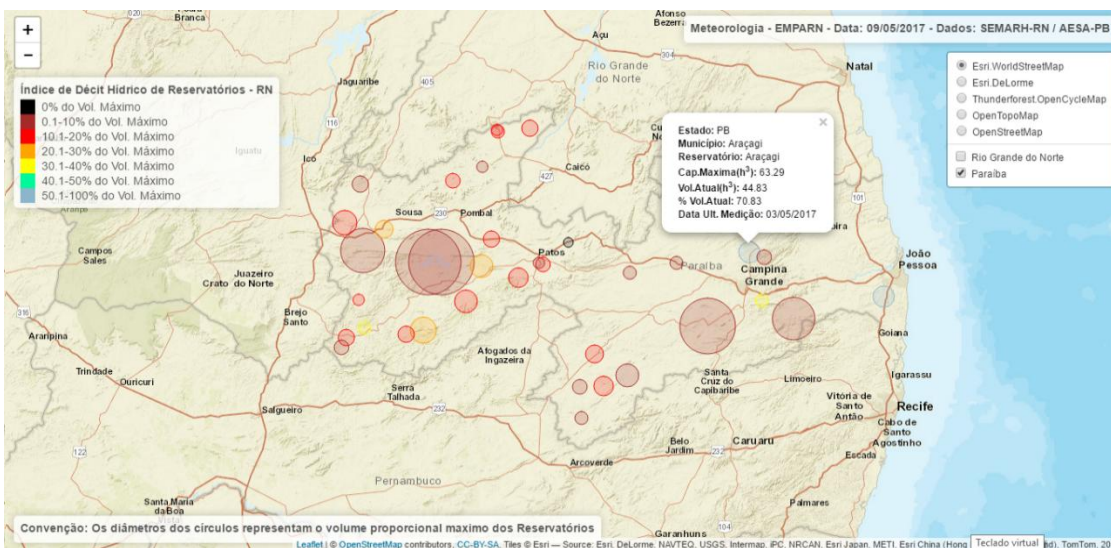


Figura 3. IDHR para a Paraíba (<http://187.61.173.26/IDHR.html>).

CONCLUSÕES

O Nordeste, desde o ano de 2012, vem enfrentando uma das piores secas da sua história e dado a gravidade do fenômeno na região, nos últimos anos vem se buscando sair da prática comum da gestão de crise para uma gestão proativa desse fenômeno. Um dos alicerces para tal, é o desenvolvimento de ferramentas robustas de monitoramento, que incorpore as informações já existentes nos órgãos gestores de água e disponibilize essa informação de forma concisa e visual, permitindo com isso um diagnóstico rápido e atualizado da situação hídrica. Foi o que se buscou com o desenvolvimento do IDHR, pois de forma visual e atualizada os gestores terão acesso ao quadro geral da situação hídrica dos principais reservatórios do Rio Grande do Norte e Paraíba.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. P. T.; RÊGO, J. C. O semiárido brasileiro: aspectos gerais. In: GALVÃO, A.O.; CIRILO, J.A.; CABRAL, J. J. S. P.; MEDEIROS, M. G. A. (Orgs.) **Recursos hídricos para convivência com o semiárido**. Porto Alegre: ABRH; Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2013. 598p.

BAUMER, B. S.; KAPLAN, D. T.; HORTON, N. J. **Modern data science with R**. CRC Press: Taylor & Francis, 2017. 556p.

MAGALHÃES, A. R. Vida e seca no Brasil. In: NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. (Orgs.) **Secas no Brasil: Política e gestão proativas**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Banco Mundial, 2016. cap. 1. p. 19-35.

MARTINS, E. S. P. R.; NYS, E.; MOLEJÓN, C.; BIAZETO, B.; SILVA, R. F. V.; ENGLE, N. **Monitor de secas do Nordeste, em busca de um novo paradigma para a gestão de secas**. Série Água Brasil, 1ª ed., vol. 10. Brasília - Brasil: Banco Mundial, 2015. 124p.

NEVES, J. A.; MELO, S. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. An Index of Susceptibility to Drought (ISD) for the Semiarid Brazilian Northeast. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 177-195, 2016.

ESTUDO DE CASO COM O MODELO WRF CONFIGURADO À REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE

Emerson Damasceno de Oliveira¹, Mario de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão²,
Manoel Gregorio Caetano de Lima Pinto³

¹ MsC. Meteorologia, Laboratório de Meteorologia UNIVASF, Juazeiro, BA, emerson.oliveira@univasf.edu.br; ² Dr. Meteorologia, Professor do colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental UNIVASF, Juazeiro, BA, mario.miranda@univasf.edu.br; ³ Tec. Agropecuária, Laboratório de Meteorologia UNIVASF, Juazeiro, BA, manoel.gregorio@univasf.edu.br

RESUMO: No presente estudo procurou-se analisar o desempenho do modelo WRF para a previsão de chuvas sobre o Semiárido Nordeste, focando no período de 10 a 13 de abril de 2017, tendo em vista que nestes dias houve ocorrência de forte precipitação sobre a região. Para tanto, configurou-se o modelo WRF para realizar previsões de 72 horas adotando-se duas grades aninhadas de 10 e 30 km de resolução. Logo, foram efetuadas duas previsões com diferentes parametrizações de cúmulos. A análise do desempenho do modelo foi feita através dos seguintes métodos estatísticos: coeficiente de correlação de Spearman e Teste U. Os resultados mostraram que o modelo apresentou melhor desempenho quando ativada a parametrização de Kain e Fritsch.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação, WRF, Parametrização

CASE STUDY WITH THE WRF MODEL CONFIGURED FOR THE NORTHEAST SEMI-ARID REGION

ABSTRACT: In the present study, the performance of the WRF model for a rainfall forecast on the Northeastern Semi-arid region was analyzed, focusing on the period from April 10 to 13, 2017, considering that in those days was occurred strong precipitation occurring in a region. Soon, the WRF model was configured to perform 72-hour predictions by adopting two nested grids of 10 and 30 km resolution. Therefore, two predictions were made with different cumulus parameterizations. The analysis of the performance of the model is done through the following statistical methods: Spearman correlation coefficient and U Test. The results show that the model presented better performance when activated a parameterization of Kain and Fritsch.

KEY-WORDS: Precipitation, WRF, Parameterization

INTRODUÇÃO

Segundo Suassuna (2017), cerca de 40% das águas que se encontram nos reservatórios do semiárido nordestino retornam à atmosfera devido à evaporação. Logo, estudar o balanço entre o volume de água precipitado (entrada) e o volume evaporado (saída) é determinante para tornar mais eficiente a manutenção dos sistemas de irrigação. No entanto, a previsão de chuvas é uma tarefa difícil, pois estas são bastante variáveis tanto no espaço quanto no tempo. Portanto, o emprego de técnicas e/ou ferramentas modernas, como o uso de modelos numéricos, é fundamental para o prognóstico das condições atmosféricas, por exemplo, o trabalho de Lima et al. (2016), que estudou a radiação solar prevista pelo modelo *Weather Research and Forecast* (WRF) sobre o Nordeste do Brasil (NEB), e o trabalho de Ramos, Lyra e Silva-Junior (2013), que investigaram o potencial eólico do estado de Alagoas também com a

ferramenta mencionada, são exemplos de estudos que utilizaram um modelo atmosférico de mesoescala no NEB.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho do modelo WRF para a previsão de chuvas sobre a região semiárida do NEB, testando diferentes parametrizações de convecção profunda com o propósito de determinar qual destas melhor se adequa à região. Por outro lado, o presente estudo também tem como propósito proporcionar a implementação do modelo WRF nas atividades de rotina do Laboratório de Meteorologia (Labmet) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de entrada do modelo WRF foram originados a partir do *Global Forecast System* (GFS), estes dados possuem resolução horizontal de $0,5^\circ$ e 32 níveis na vertical. A previsão foi para um período de 72 horas, iniciando-se à zero hora do dia 10 e encerrando-se à zero hora do dia 13 de abril de 2017, em horário UTC. Trabalhou-se com duas grades aninhadas, sendo o primeiro domínio com resolução horizontal de 30 km, com 90 pontos em x e 75 pontos em y , e o segundo domínio com resolução de 10 km, com 112 pontos em x e 97 pontos em y , ambos os domínios foram centrados na latitude de $8,0^\circ$ S e $41,0^\circ$ W (Figura 1b).

A configuração adotada à previsão no modelo WRF (contempla: microfísica de nuvens, radiação, camada limite planetária, convecção de cúmulos, dentre outros parâmetros) seguiu conforme a padronização disponibilizada pelos desenvolvedores (<http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/>). No entanto, testou-se a sensibilidade do modelo adotando-se diferentes parametrizações de convecção profunda (KAIN, 2004) e (GRELL; DEVENYI, 2002), a fim de possibilitar a inferência de qual destas parametrizações é a mais adequada para o semiárido do NEB, quando utilizado o modelo WRF. Por conveniência, adotou-se as siglas KF para denominar a parametrização de Kain e Fritsch, e GD para Grell e Devenyi.

Os dados de precipitação foram obtidos a partir das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), considerando as seguintes cidades: Barbalha-CE ($7,300925^\circ$ S; $39,271107^\circ$ W), Picos-PI ($7,071016^\circ$ S; $41,404042^\circ$ W), Serra Talhada-PE ($7,954277^\circ$ S; $38,295082^\circ$ W), Patos-PB ($7,079836^\circ$ S; $37,272817^\circ$ W), Ouricuri-PE ($7,885833^\circ$ S; $40,102683^\circ$ W) e São Gonçalo-PB ($6,835777^\circ$ S; $38,311583^\circ$ W).

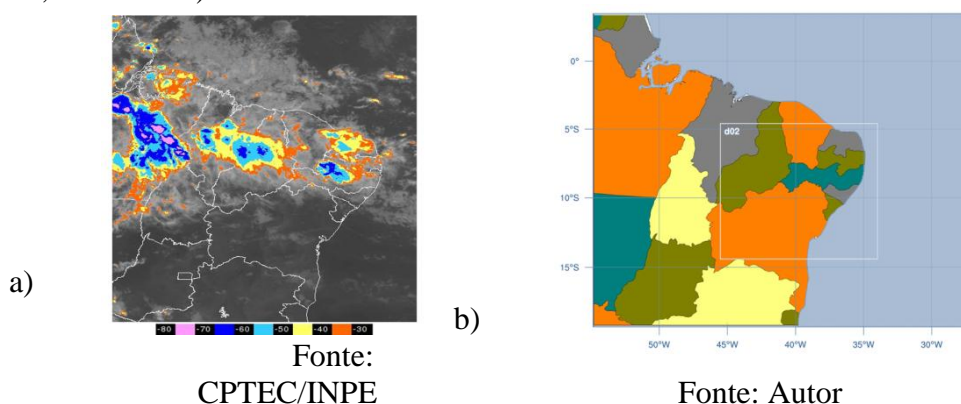


Figura 1. Atuação do sistema convectivo sobre o NEB e delimitação das grades aninhadas no modelo WRF. (a) Temperatura do topo das nuvens no dia 12/04/2017 à 01:00 UTC, (b) Representação dos domínios 1 e 2 adotados no modelo WRF.

Para inferir a cerca da correlação espacial da precipitação, utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman. Para tanto, os dados foram organizados por meio de vetores, fornecendo a precipitação acumulada em 72 horas, e, isoladamente para cada um dos dias analisados, ou seja, o acumulado em 24 horas. Os vetores foram distribuídos ordenadamente da seguinte maneira: Barbalha, Picos, Serra Talhada, Patos, Ouricuri, São Gonçalo.

Os vetores foram denominados por Estações Automáticas (ES), representando a precipitação acumulada observada, e pelas siglas KF e GD, representando a precipitação acumulada prevista pelo modelo WRF. A significância estatística foi dada através do teste de hipótese de Wilcoxon-Mann-Whitney, sendo este para o caso de amostras independentes, conhecido também por Teste U, o qual foi empregado com um nível de significância de 95%, onde foi inferido sobre qual parametrização o modelo apresentou melhor desempenho. A análise e interpretação dos dados se deu com o auxílio dos softwares *NCAR Command Language* (NCL v.6.2), *Grid Analysis and Display System* (GrAds v.2.0.2), WRF-ARW v.3.7 e o Rstudio v.1.0.136.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os resultados obtidos com o coeficiente de correlação de Spearman, (Tabela 1), verifica-se que para a previsão em 72 horas, a parametrização de KF foi melhor correlacionada com os dados observados do que a parametrização de GD. Já para o dia 11 de abril, a parametrização de GD apresentou alta correlação, isto se deve ao fato dos postos 1 e 2, dos vetores ES e GD, serem coincidentes. No entanto, verificou-se, também, que a parametrização de GD apresentou correlação negativa nos dias 10 e 12 de abril. Por último, vê-se que, a parametrização de KF não apresentou correlação com ES no dia 12 de abril, enquanto para o dia 10 a parametrização de KF foi correlacionada negativamente com ES.

Tabela 1. Coeficiente de Correlação de Spearman aplicado às parametrizações de KF e GD.

	72 horas	10/04/17	11/04/17	12/04/17
KF	0,54	-0,48	0,46	0.09
GD	-0.08	-0,64	0,94	-0.75

Portanto, como verificado na tabela 1, a análise do coeficiente de Spearman mostrou-se insuficiente para chegar-se a uma conclusão sobre qual das parametrizações, KF ou GD, melhor se relacionou com os dados observados. Deste modo, a inferência sobre qual parametrização é a mais apropriada, teve que ser realizada aplicando-se o Teste U, onde se analisou o p valor encontrado para cada situação. Na tabela 2, têm-se os resultados do p valor (ou valor p), sendo que para a precipitação acumulada em 72 horas, sugere-se que KF não deve ser rejeitado, enquanto tem-se que GD poderia ser rejeitado, tendo em vista que tem apenas 3% de probabilidade de cometer-se erro. Já para os dias 10, 11 e 12 de abril, o p valor indica que não se deve rejeitar nem KF e nem GD, contudo, para o dia 11 de abril o p valor de 6% encontrado para GD é pouco significativo, pois o nível de significância adotado foi de 95%. Outra observação importante é de que o p valor encontrado para KF foi superior ao de GD em todos os

testes, o que indica que se KF for rejeitado, a probabilidade de erro, seria mais expressiva do que se GD for rejeitado.

Tabela 2. Valor p obtido com o Teste U aplicado às parametrizações de KF e GD.

	72 horas	10/04/17	11/04/17	12/04/17
KF	0,59	0,55	0,11	0,93
GD	0,03	0,32	0,06	0,20

CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados obtidos, pode se concluir que a parametrização de KF é a mais recomendável para o modelo WRF, ressaltando-se aqui que esta conclusão é referente particularmente ao estudo de caso em questão. Portanto, o modelo WRF conseguiu representar melhor a distribuição espacial da precipitação, quando fora adotada a parametrização de KF. No entanto, para se definir qual parametrização de cúmulos é a mais adequada espacialmente para o semiárido do NEB, pretende-se futuramente realizar mais estudos de caso, testando a sensibilidade do modelo em função da atuação de diferentes sistemas meteorológicos.

REFERÊNCIAS

GRELL, G. A; DEVENYI, D. A generalized approach to parameterizing convection combining ensemble and data assimilation techniques. **Journal: Geophys. Res. Lett.**, v.29 n14, p.1693-1697, 2002

KAIN, J. S. The Kain–Fritsch convective parameterization: An update. **J. Appl. Meteor.**, v.43, p.170–181, 2004.

LIMA, F. J. L; MARTINS, F. R; PEREIRA, E. B; LORENZ, E; HEINEMANN, D. Forecast for surface solar irradiance at the Brazilian Northeastern region using NWP model and artificial neural networks. **Journal: Elsevier, Renewable Energy. Vol.87.** p.807-818, 2016.

RAMOS, D. N. S; LYRA, R. F. F; SILVA-JUNIOR, R.S. Wind prediction using the WRF model in the Alagoas state, Brazil. **Journal: Rev. bras. Meteorol. Vol.28, n2,** p.163-172. São Paulo, 2013.

SUASSUNA, J. A pequena e média açudagem no semiárido nordestino: uso da água na produção de alimentos. 2017. Disponível em: http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=756&Itemid=376
Acessado em 02 de Maio de 2017.

CORRELAÇÃO ENTRE DADOS DE TEMPERATURA ESTIMADOS E MEDIDOS EM BARREIRAS/BA

Lucas Duarte Felix¹, Denise Cybis Fontana², Andreise Moreira³

¹ Mestrando em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, lucasduartefelix@gmail.com; ² Professora de Agrometeorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, dfontana@ufrgs.br; ³ Doutoranda em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, andreisem@gmail.com;

RESUMO:

O resultado da atividade agrícola é altamente dependente das condições meteorológicas e o conhecimento destas, seja para fins de análises ou planejamento, é essencial. A reduzida distribuição espacial das estações meteorológicas no território brasileiro, somado a existência de falhas e/ou erros na captação dos dados, dificulta a obtenção de dados meteorológicos consistentes. O objetivo deste trabalho foi testar a qualidade da série de dados de reanálise de temperatura média do ar disponibilizados pelo ERA Interim na região oeste baiana. Os dados obtidos na estação meteorológica de Barreiras-BA (OMM: 8326, -12,15 ° S; -45 ° W; 439,29 m) foram comparados aos dados ERA Interim, em grade espacial de 0,25⁰ x 0,25⁰, para o período de 1996 a 2009. Os resultados obtidos foram muito satisfatórios indicando alta correlação e concordância (0,95 e 0,89), boa precisão (0,78) e uma pequena subestimação dos dados estimados (-0,55). A série analisada apresenta ótima qualidade e pode ser utilizada tanto para preencher ausência de dados nas séries, quanto conhecer a variabilidade espacial da região.

PALAVRAS-CHAVE: ERA Interim, Reanálise, Estações Meteorológicas.

CORRELATION BETWEEN ESTIMATED AND MEASURED TEMPERATURE DATA IN BARREIRAS/BA

ABSTRACT:

Results of agricultural activity are overwhelming related to the meteorological conditions and the knowledge about their effects is essential for analysis or planning purposes. The low distribution of meteorological stations crossing Brazilian territory plus the existence of errors in data capture makes difficult to obtain straight meteorological data. This study aimed to test the quality of reanalysis of air temperature series provided by the ERA Interim in the west region of Bahia state. The data obtained from meteorological station in Barreiras county (OMM: 8326, -12.15 ° S; -45 ° W; 439.29 m) were compared to the ERA Interim data, in spatial grid of 0.25⁰ x 0.25⁰, between 1996-2009 period. The results were very satisfactory indicating high correlation and agreement (0.95 and 0.89), good precision (0.78) and a small underestimation of the estimated data (-0.55). Analyzed series present an excellent quality and may be used both to fill data absence in series or they allow to catch the spatial variability of that region.

KEY-WORDS: ERA Interim, Reanalysis, Weather Stations.

INTRODUÇÃO

O município de Barreiras (BA), localizado no oeste baiano, é um dos mais importantes centros agrícolas da região. Em 2015, foram cultivados mais de 250 mil hectares, sendo as principais culturas, em ordem de importância, a soja, algodão, feijão e milho (IBGE,2015). Tendo como premissa que o resultado da atividade agrícola é altamente dependente das condições meteorológicas (MONTEIRO, 2009), se torna fundamental a obtenção de dados para realização de análises tanto para fins de análise e monitoramento (dados meteorológicos) como para o planejamento (dados climatológicos) desta atividade.

Apesar da importância, as séries históricas de dados meteorológicos observados, em geral, apresentam falhas ou erros, além de um reduzido número e problemas na distribuição espacial. Como alternativa, surge a utilização de dados de reanálise (PARKER, 2016), os quais possibilitam preencher lacunas, reduzindo o erro nas séries, além de gerar dados em regiões descobertas por estações meteorológicas existentes. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade dos dados de temperatura média do ar disponibilizados pelo ERA Interim na região de intensa ocupação agrícola do oeste baiano.

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo está situada no oeste baiano, onde predomina o clima tropical com inverno seco (AW), conforme Köppen (1948). Foram utilizadas duas séries de dados meteorológicos diários de temperatura do ar, medida e observado, em Barreiras-BA.

Os dados observados foram obtidos do banco de dados históricos (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referente a estação meteorológica de Barreiras-BA (OMM: 8326, -12,15 °S; -45 °W; 439,29 m).

A série de dados estimados foi a disponibilizada pelo ERA Interim, produzida pela terceira reanálise realizado pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*), para o período de 1996 a 2009, em grade espacial de $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$. Os dados foram obtidos para a mesma coordenada geográfica da estação meteorológica em estudo.

As estatísticas utilizadas para comparar os dados de temperatura do ar estimados (ERA Interim) com os observados (Estação Meteorológica) foram: Coeficiente de Correlação (Equação 1), indica o grau de concordância entre os dois tipos de dados (0 a 1, sendo 1 a concordância máxima); Coeficiente de Eficiência (Equação 2), avalia a precisão dos dados estimados em relação aos observados (negativo até 1, sendo 1 a precisão máxima); Viés (Equação 3), indica a tendência dos dados estimados superestimarem (positivo) ou subestimarem (negativo) os dados observados; e o índice de concordância proposto por Willmott et al. (1985) (Equação 4) mede o grau em que os dados estimados se aproximam dos dados observados (1 indica a concordância perfeita)

Equação 1:

$$r = \frac{\sum_1^n (Y_{ERA} - \overline{Y_{ERA}})(Y_{OBS} - \overline{Y_{OBS}})^2}{(n-1)\sigma_{ERA} \sigma_{OBS}}$$

Equação 2:

$$CEF = 1 - \frac{\sum_1^n (Y_{OBS} - Y_{ERA})^2}{\sum_1^n (Y_{OBS} - \overline{Y_{OBS}})^2}$$

Equação 3:

$$Viés = \frac{1}{n} \sum_1^n (Y_{ERA} - Y_{OBS})$$

Equação 4:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_1^n (Y_{GFCP} - Y_{OBS})^2}{\sum_1^n \left(\left| Y_{GFCP} - \overline{Y_{OBS}} \right| + \left| Y_{OBS} - \overline{Y_{OBS}} \right| \right)^2} \right]$$

Onde: Y_{OBS} , σ_{OBS} e $\overline{Y_{OBS}}$ correspondem, respectivamente, ao valor dos dados observados do período i , o desvio padrão e o valor médio para os dados observados; Y_{ERA} , σ_{ERA} e $\overline{Y_{ERA}}$ correspondem aos mesmo parâmetros mas para os dados do ERA Interim.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O padrão sazonal de temperatura do ar na região mostrou uma amplitude térmica pequena, $4,8^{\circ} \text{C}$, sendo, em média, outubro o mês mais quente, com $29,7^{\circ} \text{C}$ e junho o mais ameno, com $24,9^{\circ} \text{C}$. Observa-se a consistência do padrão de temperatura do ar nos anos analisados (Figura 1), com as médias das duas séries apresentando pequena diferença em alguns meses, mas indicam mesmo padrão sazonal.

A análise geral, envolvendo todos os pares de dados disponíveis (Figura 2), mostrou alta associação entre as séries. Os índices de correlação e concordância alcançaram valores de 0,95 e 0,89, respectivamente. O coeficiente de eficiência foi de 0,78, garantindo uma boa precisão, além de um viés baixo, que indicou uma pequena subestimação dos dados do ERA Interim ($-0,55^{\circ} \text{C}$).

Avaliando os dados ao longo dos meses (Tabela 1) foram obtidos bons valores. A correlação, em todos meses, foi superior à 0,70, sendo que em três meses (abril, outubro e dezembro) o índice foi superior a 0,90 e em apenas dois meses (agosto e setembro) os valores foram inferiores a 0,80. A concordância pode ser considerada boa em cinco meses (abril, maio, junho, julho e outubro) e aceitável nos demais meses

(entre 0,45 e 0,75). O Viés foi baixo em todos os meses apresentando tendência de subestimativa nos dados estimados pelo ERA Interim. Os resultados obtidos para Barreiras-BA corroboram trabalhos realizados em diferentes partes do mundo, que também tem demonstrado a adequação destas estimativas (MOREIRA et al., 2016).

Já a precisão dos dados expressa pelo coeficiente de eficiência apresentou valores baixos na maioria dos meses. Isto ocorre, possivelmente em função da série de dados da estação meteorológica conter muitas falhas (ausência de dados), consequentemente, alguns meses ficaram com poucos dias para composição da média mensal, diminuindo o número de pares de dados para realização do teste.

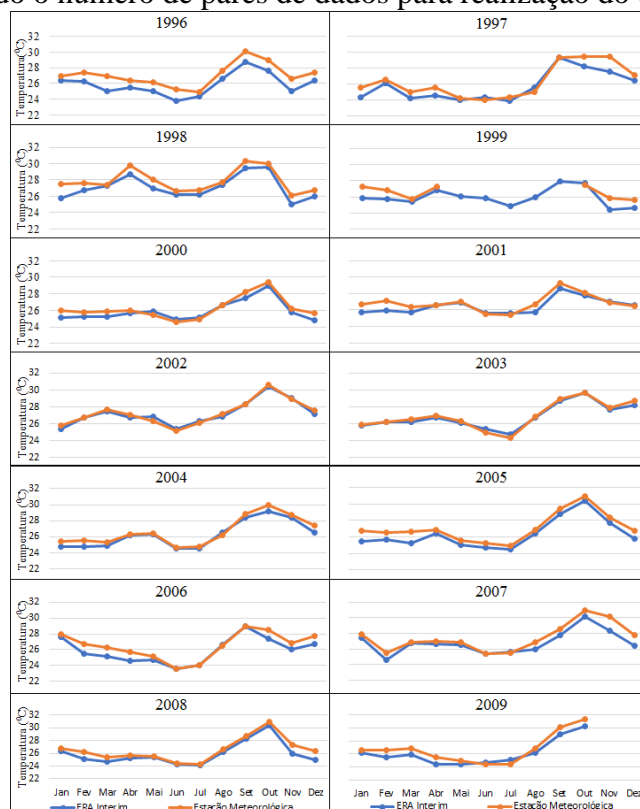


Figura 1. Transcurso anual da temperatura média mensal estimada (ERA Interim) e observada (estação meteorológica) em Barreiras-BA no período de 1996 a 2009.

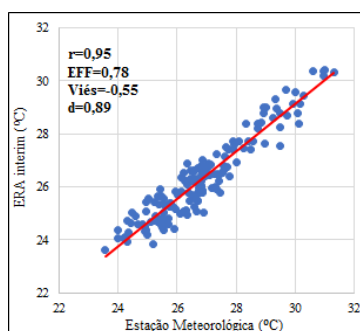


Figura 2. Dispersão entre os dados de temperatura média diária estimada (ERA Interim) e observada (estação meteorológica) em Barreiras-BA no período de 1996 a 2009.

CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos, pode-se utilizar os dados ERA Interim para o preenchimento das falhas encontradas na série de dados observados na estação meteorológica de Barreiras-BA. Também, estes dados tornam-se úteis para estudos regionais, possibilitando o conhecimento da variabilidade espacial da temperatura do ar em uma grade regular abrangendo toda a região de produção agrícola. Neste caso, se obtém dados em áreas em que não existem informações, podendo os mesmos explicar parte da variabilidade nas produtividades entre lavouras numa mesma região agrícola

Tabela 1. Estatísticas (média, coeficiente de correlação (r), coeficiente de eficiência (CEF), coeficiente de concordância (d), viés e o número de meses avaliados (n)) das séries de temperatura do ar estimada (ERA Interim) e observada (estação meteorológica) em Barreiras-BA no período de 1996 a 2009.

Mês	Temp. Média Estimada (°C)	Temp. Média Observada (°C)	r	CEF	d	Viés (°C)	n
Janeiro	25,89	26,66	0,86	-0,26	0,60	-0,77	14
Fevereiro	25,73	26,53	0,80	-1,00	0,45	-0,79	14
Março	25,65	26,34	0,84	-0,22	0,62	-0,68	14
Abril	26,05	26,61	0,94	0,57	0,82	-0,57	14
Mai	25,70	26,01	0,88	0,67	0,84	-0,31	13
Junho	24,84	24,92	0,80	0,60	0,79	-0,07	13
Julho	24,93	24,97	0,89	0,77	0,89	-0,04	13
Agosto	26,43	26,73	0,71	0,27	0,59	-0,30	13
Setembro	28,62	29,17	0,77	-0,13	0,53	-0,55	13
Outubro	29,04	29,74	0,96	0,50	0,81	-0,70	14
Novembro	26,78	27,66	0,88	0,31	0,73	-0,88	13
Dezembro	26,20	27,03	0,91	-0,19	0,64	-0,83	13

REFERÊNCIAS

EUROPEAN CENTRE FOR MEDIUM-RANGE WEATHER FORECASTS. **ERA Interim documentation**. Disponível em: <<http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim>>. Acesso em: 03mai2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco cidades**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=290320>>. Acesso em: 10mai2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados históricos (BDMEP)**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 02mai2017.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

MONTEIRO, J.E.B.A. Org.. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2009. 530p.

MOREIRA, A. et al. Estimativas da relação entre a temperatura do ar do ERA Interim e dados meteorológicos observados. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 19, 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CBMET 2016. p.1-2.

PARKER, W.S. Reanalyses and observations: What's the Difference? **Bull. Am. Meteorol. Soc.** Washington, v. 97, p.1565–1572. 2016.

CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS ASSOCIADAS A UM EVENTO SEVERO EM PELOTAS-RS

Lucas F. C. da Conceição¹, Josiéle S. dos Santos², Luciana B. Pinto³, Ivan R. de Almeida⁴, Müller Jr. Martins dos Santos⁵

¹Mestrando em meteorologia no Programa de Pós Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, luucascarvalho93@gmail.com; ²Aluna especial do Programa de Pós Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, josi03ju@hotmail.com; ³Professora Adjunta, Universidade Federal de Pelotas - Faculdade de Meteorologia, Pelotas, RS, luciana.pinto@ufpel.edu.br; ⁴Pesquisador do Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, ivan.almeida@embrapa.br; ⁵Aluno de graduação da Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, mllersantos@hotmail.com.

RESUMO: No dia 25 de janeiro de 2017 fortes rajadas de vento geraram estragos em superfície que acarretaram danos estruturais em diversos pontos da Sede da Embrapa Clima Temperado, segundo relatos de funcionários. Essas rajadas de ventos são geralmente associadas à eventos severos que são comuns no período de verão na região sul do Brasil, relacionadas à ocorrência de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM). Diante disto, este trabalho tem como objetivo analisar as condições atmosféricas associadas ao evento acima citado. Para isso, foram utilizadas imagens de satélite, dados de reanálise e dados da estação de superfície localizada na Sede da Embrapa Clima Temperado. O evento estava associado à atuação de vários SCMs sobre a região, que conforme os campos de pressão atmosférica de superfície, foram gerados por sistema de baixa pressão no oeste do RS, e mantidos pela alta temperatura e umidade na região. A presença desses SCMs, geraram as fortes rajadas de vento relatadas neste estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Ventos fortes, sistemas convectivos, campos meteorológicos.

ATMOSPHERIC CONDITIONS ASSOCIATED WITH A SEVERE EVENT CAUSING DAMAGE IN PELOTAS-RS

ABSTRACT: On January 25, 2017, strong gusts of wind generated surface damage that caused structural damage in several points of Embrapa Clima Temperado, according to officials. These bursts of wind are usually associated with severe events that are common in the summer period in the southern region of Brazil, related to the occurrence of Mesoscale Convective Systems (SCM). In view of this, this work has the objective of analyzing the atmospheric conditions associated with the event mentioned previously. For this, satellite images, reanalysis data and data of the surface station located at Embrapa Clima Temperado were used. The event was associated to several SCMs on the region, which according to the atmospheric surface pressure fields were generated by low pressure system in the west of the RS, and maintained by high temperature and humidity in the region. The presence of these SCMs generated the strong wind gusts reported in this study.

KEY-WORDS: Strong winds, convective systems, meteorological fields.

INTRODUÇÃO

Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) podem ser definidos como conglomerados formados por tempestades convectivas que organizam em uma escala superior que a escala convectiva (MADDOX, 1980; ZIPSER, 1982 e WALLACE; HOBBS, 2006). Já tempestades convectivas severas são definidas como tempestades capazes de gerar granizo (com 2cm ou mais de diâmetro ao atingirem o solo), capazes também de gerar rajadas de vento com velocidade acima de 93,6 km/h e até tornados (JOHNS; DOSWELL, 1992).

O estado do Rio Grande do Sul é frequentemente atingido por SCM, principalmente nos meses quentes (primavera e verão) devido a baroclinia e forte cisalhamento do vento na região. Estes SCM são um dos fenômenos causadores de eventos severos (granizo, enchentes, vendavais, etc) no estado, e, uma vez que a economia do RS é baseada na agroindústria, a ocorrência desses eventos pode gerar prejuízos econômicos a população da região bem como a quebra de safra de algumas culturas (CAMPOS; EICHHOLZ, 2011; DE VARGAS JR; DE CAMPOS, 2016).

Um exemplo dos prejuízos causados pela ocorrência de rajadas de vento e tempestades é o caso ocorrido no dia 25 de janeiro de 2017 na região de Pelotas, RS, onde há relatos de danificação de equipamentos nas lavouras de uma empresa na região (Embrapa Clima Temperado - Sede), oriundos de intensas rajadas de ventos.

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar as condições atmosféricas para o dia que ocorreu o evento severo do dia 25 de janeiro de 2017, buscando um melhor entendimento sobre o fenômeno que causou o vento forte.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, a identificação e acompanhamento dos sistemas convectivos foi feita utilizando-se imagens do satélite geostacionário da série GOES-13 (Geostationary Operational Environmental) realçadas no canal infravermelho, oriundas do banco de dados e imagens da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA). Para a cidade de Pelotas, o imageamento foi feito nos seguintes horários: 00:00UTC, 06:00UTC, 12:00UTC, 18:00UTC do dia 25/01/17 e 00:00UTC e 06:00UTC do dia 26/01/2017, tais horários foram selecionados pois apresentaram grande representatividade do início, desenvolvimento e fim do sistema.

Para a análise do ambiente sinótico foram utilizados dados de reanálise NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research), com resolução espacial de 2,5° x 2,5°, das variáveis: Pressão ao nível médio do mar, temperatura do ar e umidade relativa para o dia 25 de janeiro de 2017, através do software The Grid Analysis and Display System (GrADS), para os horários das 00:00UTC, 06:00UTC, 12:00UTC e 18:00UTC.

Para a caracterização das alterações de tempo ocorridas em superfície na região onde foram relatados os danos materiais durante o evento, foram utilizados dados meteorológicos horários de; pressão, temperatura média do ar, umidade relativa, precipitação, velocidade do vento e rajada do vento para o dia 25 de janeiro de 2017 da estação agrometeorológica, localizada na Embrapa Clima Temperado-Sede.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No dia 25 de janeiro de 2017 ocorreu um evento meteorológico na região de Pelotas – RS, o qual segundo relatos de pessoas que trabalham na empresa Embrapa

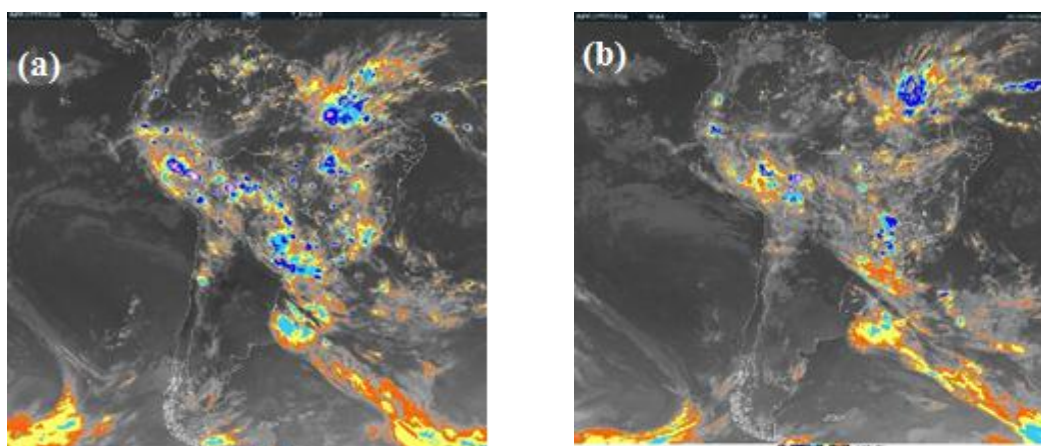
Clima Temperado que fica localizada na região (latitude 31° 41' S, longitude 52° 26' O), gerou ventos fortes que causaram danos estruturais.

Para a caracterização em grande escala da nebulosidade associada ao sistema foram observadas as imagens como observado na Figura 1. Nela observa-se a presença de nebulosidade em toda região noroeste e sudeste da América do Sul, apresentando alguns centros localizados no Rio Grande do Sul.

Para uma melhor visualização das imagens de satélite do ambiente sobre o Rio Grande do Sul, visando um melhor refinamento do ocorrido no período de estudo, foram analisadas as imagens de satélite nos horários: 16:00UTC, 17:30UTC, 19:00UTC, 21:00UTC e 23:00UTC (Figura 2). No horário das 16:00UTC (Figura 2a) nota-se que começam a se formar novas células convectivas sobre a região do Rio Grande do Sul. Na imagem das 17:30UTC (Figura 2b) as células de convecção se intensificam e adentram a região de Pelotas. Às 19:00UTC (Figura 2c) os sistemas encontram-se maiores e mais intensos, caracterizando o estágio de maturação. Às 21:00UTC (Figura 2d) os sistemas estão enfraquecendo e entrando no estágio de dissipação. Na imagem das 23:00UTC (Figura 2e) os sistemas estão totalmente no estágio de dissipação.

Foram analisados os campos meteorológicos de pressão, temperatura do ar e umidade relativa (Figuras 3, 4 e 5, respectivamente), nos horários 00:00UTC, 06:00UTC, 12:00UTC e 18:00UTC devido ser os horários com dados de reanálise disponíveis. Embora não coincidam com os horários de início, maturação e dissipação do sistema mostrado na Figura 2, tem-se uma ideia do ambiente sinótico do dia do evento.

Na Figura 3 pode-se observar o campo de pressão ao nível médio do mar do dia do evento analisado. Na figura 3a, o horário das 00:00UTC, observa-se a presença de um cavado no norte do Rio Grande do Sul associado a um sistema de baixa pressão na região oeste. Esse sistema de baixa pressão nos próximos horários desloca-se em direção ao oceano (Figura 3b, 3c e 3d), coincidindo com o observado na imagem de satélite mostrada na Figura 1.



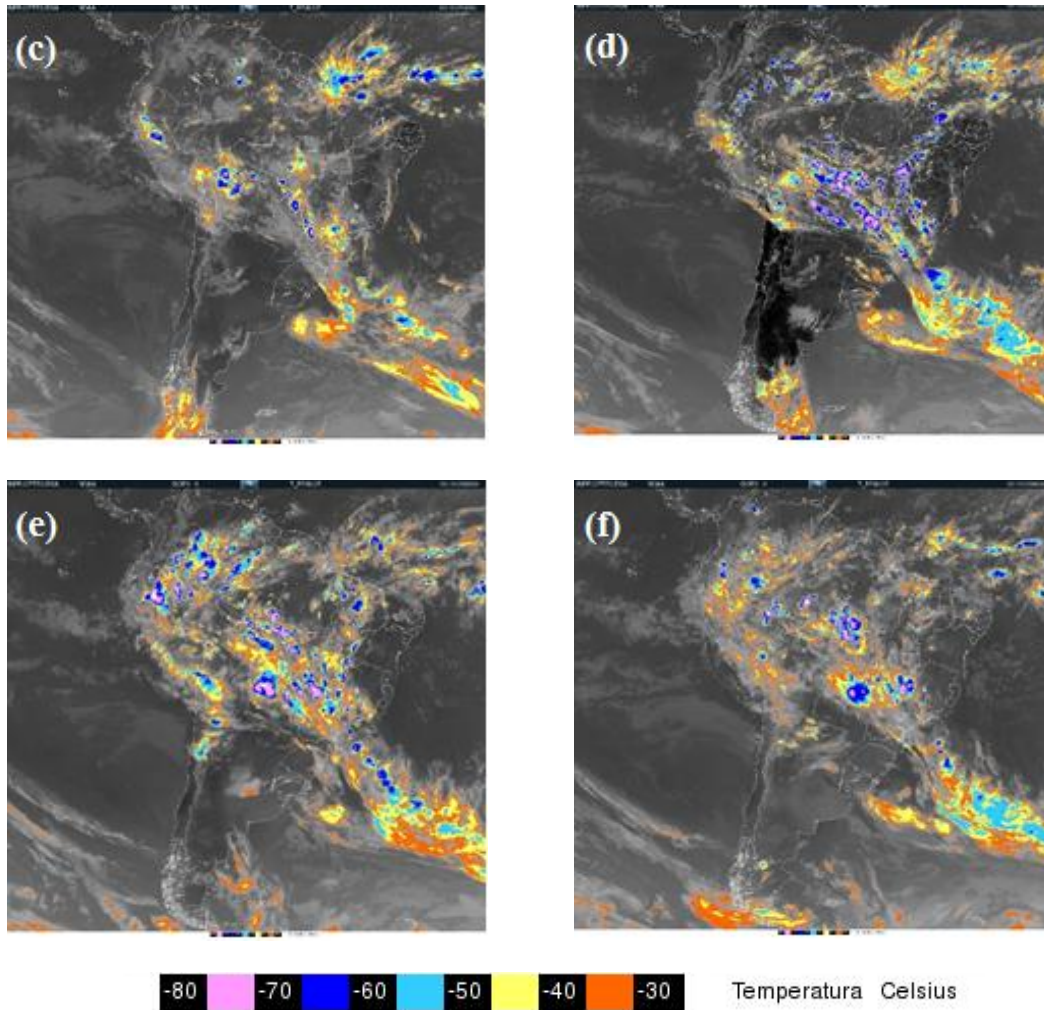
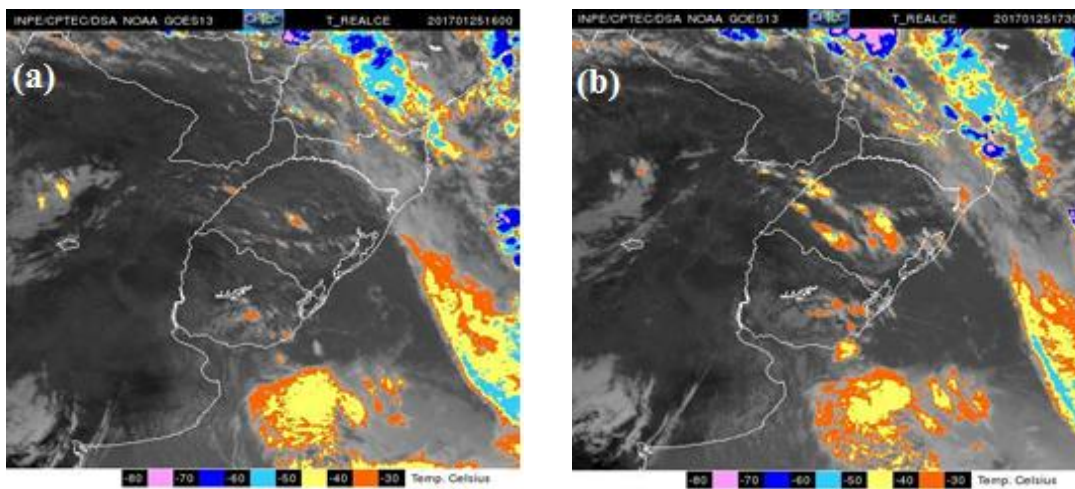


Figura 1. Imagens de satélite geostacionário, realçadas no canal infravermelho no dia 25/01/2017 nos horários (a) 00:00UTC, (b) 06:00UTC, (c) 12:00UTC, (d) 18:00UTC e no dia 26/01/2017 nos horários (e) 00:00UTC e (f) 06:00UTC.



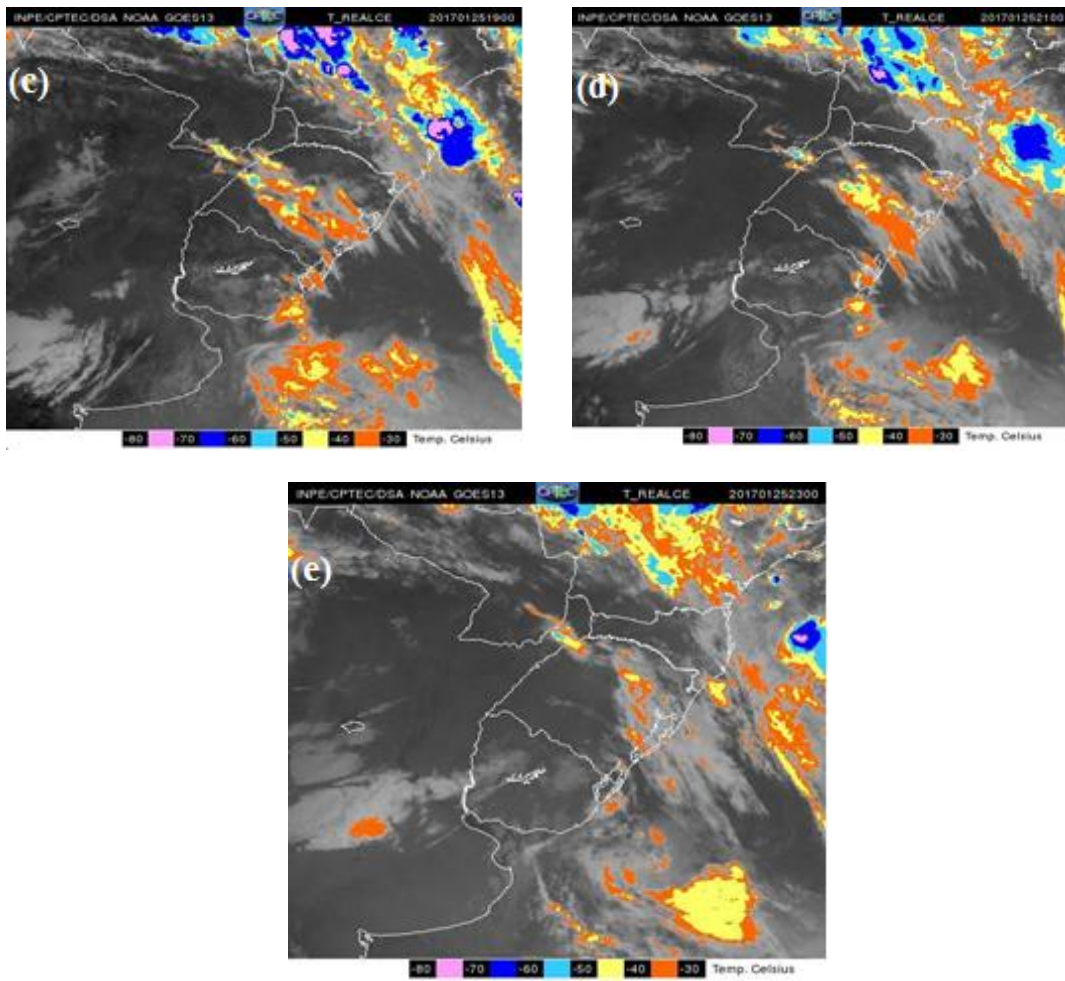
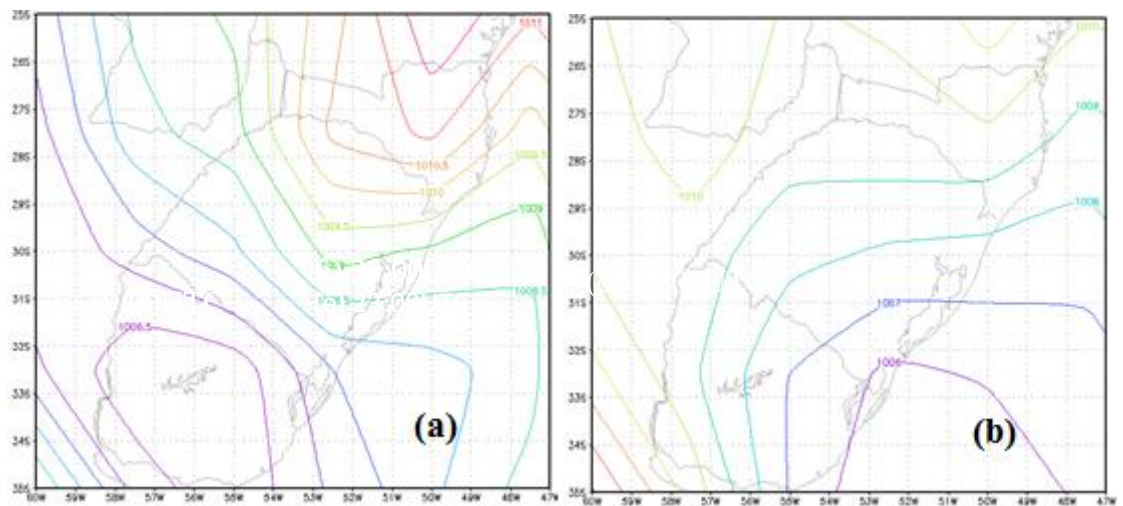


Figura 2. Imagens de satélite geostacionário realçadas no canal infravermelho do dia 25/01/2017 nos horários (a) 16:00UTC, (b) 17:30 UTC, (c) 19:00UTC, (d) 21:00UTC e (e) 23:00UTC.



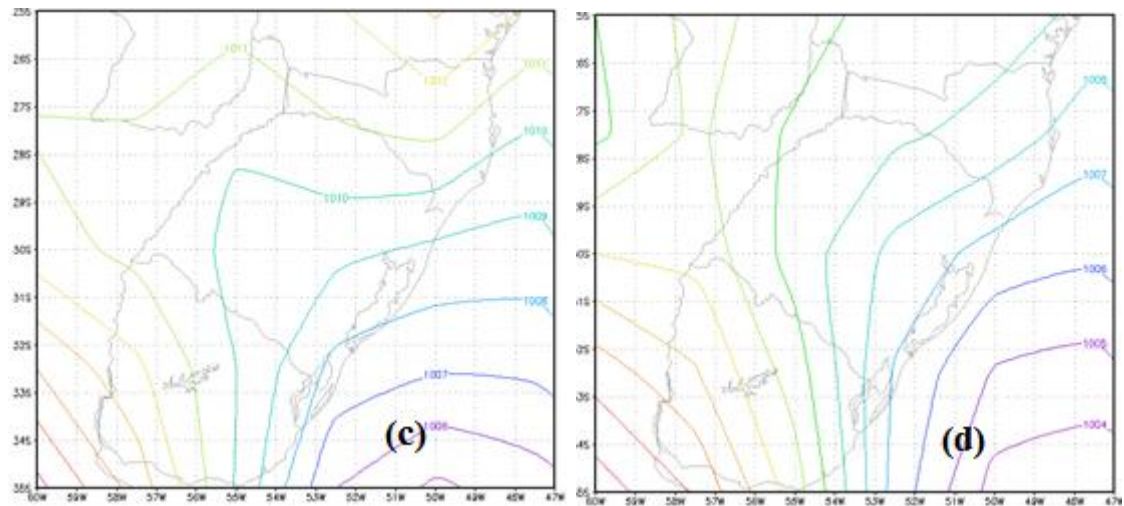
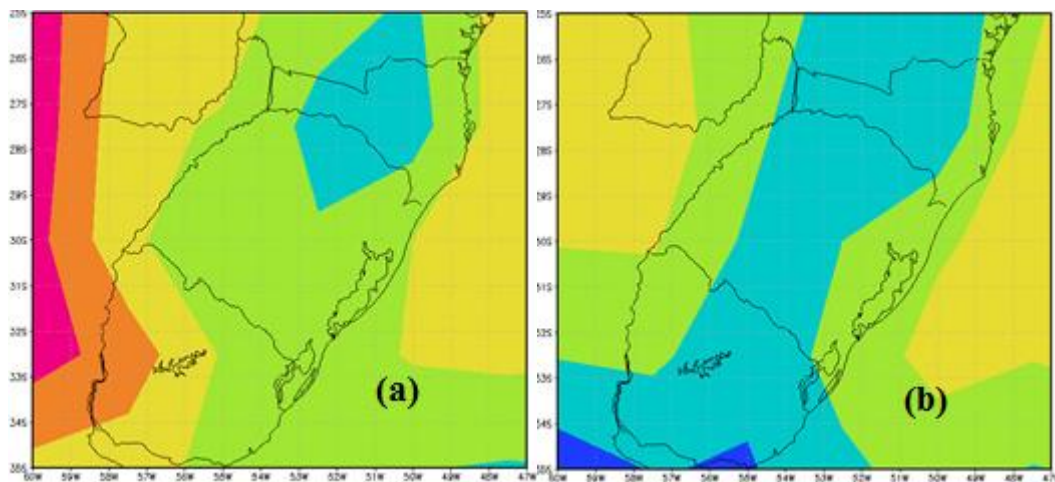


Figura 3. Campo de pressão ao nível médio do mar, em hPa, dados do NCEP/NCAR, dia 25/01/2017 nos horários (a) 00:00UTC, (b) 06:00UTC, (c) 12:00UTC e (d) 18:00UTC.

Pela análise da Figura 4 observa-se que as temperaturas em superfície no dia do evento estudado estavam entre 22°C e 24°C no começo do período analisa (Figura 4a). Nos horários seguintes é observado temperaturas entre 20°C e 24°C (Figura 4b 4c e 4d).

A umidade relativa é mostrada na Figura 5, onde nota-se que a mesma se encontrava alta apresentando valores entre 80% e 100% nos quatro horários analisados (Figura 5a, 5b, 5c e 5d). A temperatura elevada associada a grande umidade do ar, são ingredientes básicos para formação de sistemas convectivos, que podem ter amplificado a formação dos sistemas ocorridos no dia 25 de janeiro de 2017, como mostrados nas imagens de satélite das Figuras 1 e 2.



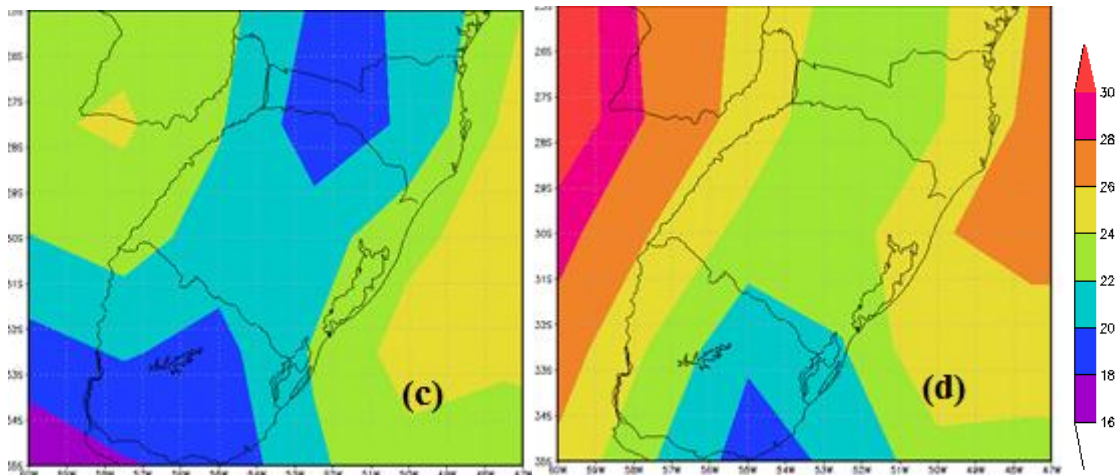
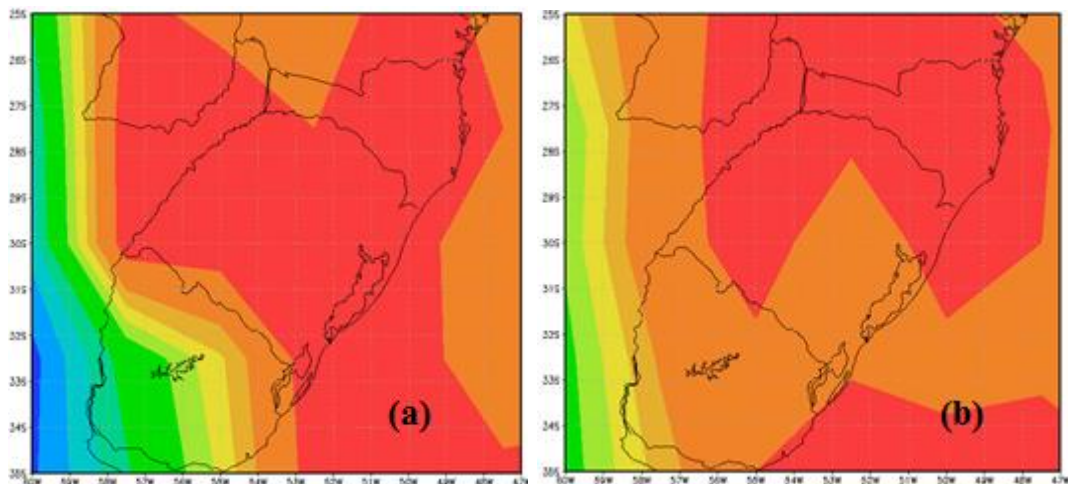


Figura 4. Campo da temperatura do ar, em °C, dados do NCEP/NCAR, dia 25/01/2017 nos horários (a) 00:00UTC, (b) 06:00UTC, (c) 12:00UTC e (d) 18:00UTC.

Pela análise dos dados registrados na estação agrometeorológica da Embrapa Clima Temperado – Sede, foram analisadas as variáveis meteorológicas de pressão, temperatura média do ar, umidade relativa, velocidade do vento, velocidade da rajada do vento e precipitação como mostrado nas Figuras 6 e 7.

Analisando a Figura 6a nota-se que a variação da pressão durante o dia acompanha o padrão apresentado na análise do campo de pressão ao nível médio do mar (Figura 3).

Na Figura 6b é mostrado a temperatura média do ar, que apresentou variação parecida com o campo de temperatura do ar analisado na Figura 4, com valores máximos de temperatura em torno dos 27 °C entre as 15 e 18 horas local. A umidade relativa é mostrada na Figura 6c a qual apresenta valores semelhantes aos observados no campo de umidade relativa mostrado na Figura 5, mostrando que na maior parte do dia a UR estava acima de 80%.



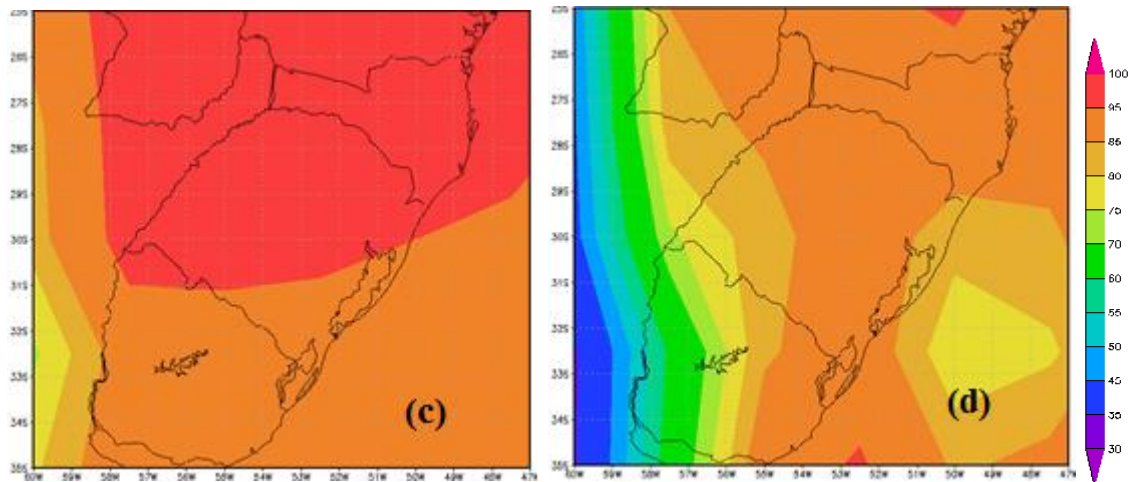
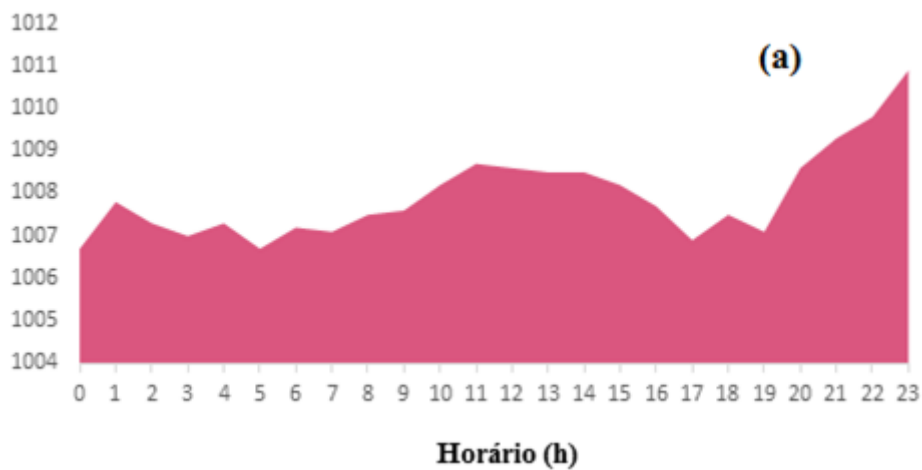


Figura 5. Campo da umidade relativa, em %, dados do NCEP/NCAR, dia 25/01/2017 nos horários (a) 00:00UTC, (b) 06:00UTC, (c) 12:00UTC e (d) 18:00UTC.

Na Figura 7 é mostrado a velocidade do vento, a velocidade da rajada do vento e a precipitação acumulada. Analisando a Figura 7a nota-se que a velocidade do vento durante o dia não apresentou valores intensos como nos horários posteriores, com máxima de apenas 14,5 km/h. Na Figura 7b pode-se destacar o maior valor da rajada do vento no dia, que foi 93 km/h às 18 horas, coincidindo com o horário que os sistemas convectivos mostrados na Figura 2 estavam mais intensos. Na Figura 7c é mostrado o valor da precipitação durante o dia, o qual mostra que apesar de toda a configuração da atmosfera para tempo severo, a precipitação foi fraca, registrada entre os horários das 17 e 21 horas.



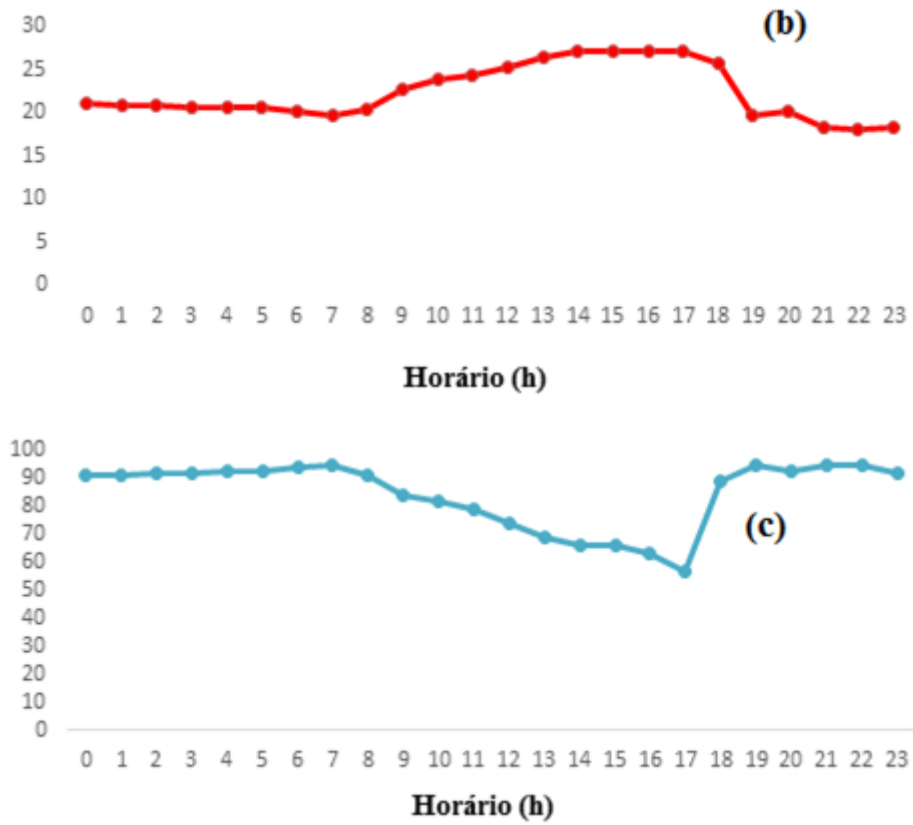
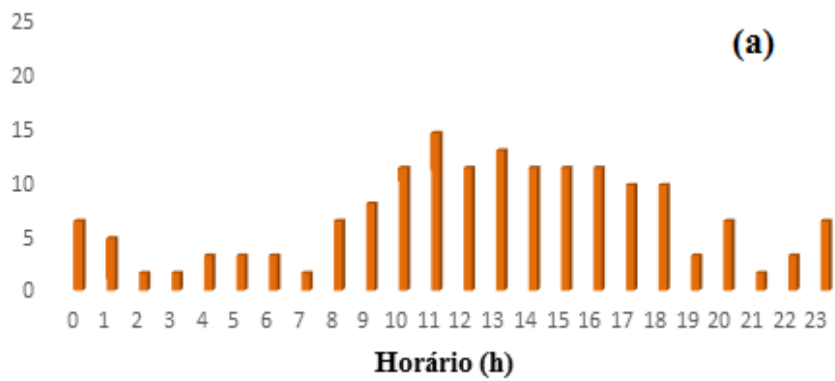


Figura 6. Gráficos com base nos dados diários da estação da Embrapa Clima Temperado sede Pelotas (RS) das variáveis (a) pressão (hPa), (b) temperatura média do ar (°C), (c) umidade relativa (%) do dia 25/01/2017.



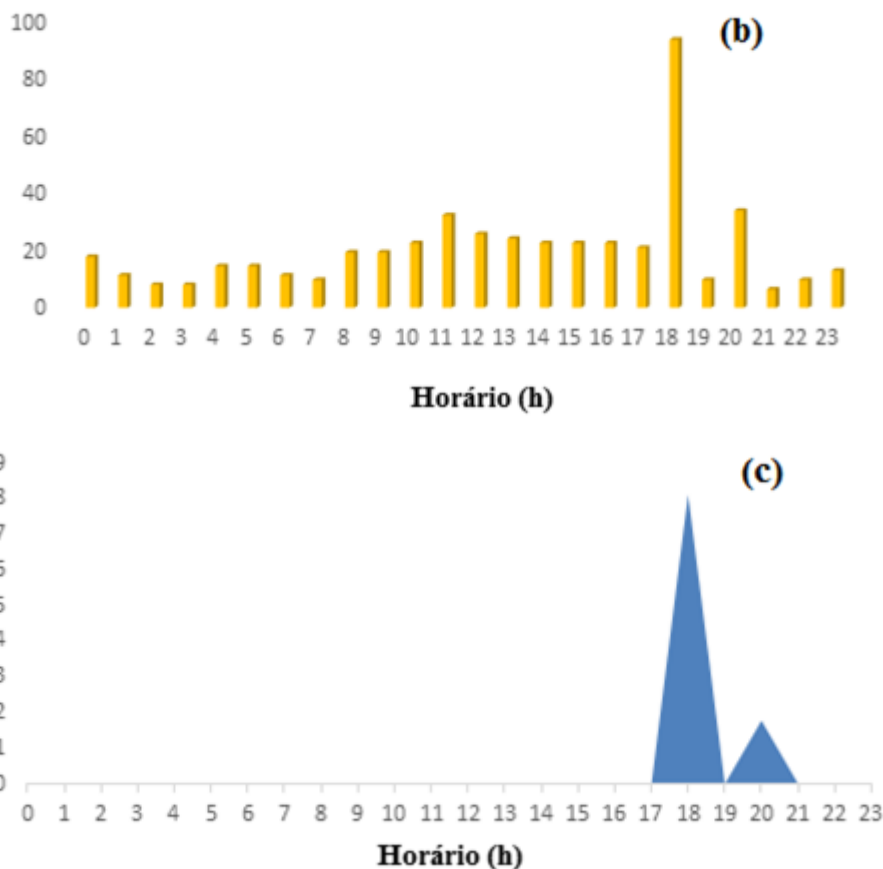


Figura 7. Gráficos com base nos dados diários da estação da Embrapa Clima Temperado - sede Pelotas (RS) das variáveis (a) velocidade do vento (km/h), (b) velocidade da rajada do vento (km/h), (c) precipitação (mm) do dia 25/01/2017.

CONCLUSÕES

No dia 25 de janeiro de 2017 ocorreu um sistema de baixa pressão na região oeste do Rio Grande do Sul associado a presença de um cavado na região norte. Esse sistema ocasionou a formação de manutenção de SCMs que geraram fortes rajadas de vento, associados aos danos estruturais na Sede Embrapa Clima Temperado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Embrapa Clima Temperado, Pelotas (RS), pela disponibilidade dos dados meteorológicos, ao apoio financeiro, através de bolsa de estudo, da CAPES, que possibilitaram a execução deste trabalho e a o Programa de Pós Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas.

REFERÊNCIAS

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 19 Apr. 2017.

CAMPOS, C. R. J.; EICHHOLZ, C. W.. Características físicas dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que afetaram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 2, p. 331-345, 2011.

VARGAS JR, V. R.; CAMPOS, C. R. J.. Eventos Severos no Rio Grande do Sul no Período 2004-2008. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 38, n. 1, p. 137-146, 2016.

JOHNS, R. H.; DOSWELL III, C. A.. Severe local storms forecasting. **Weather and Forecasting**, v. 7, n. 4, p. 588-612, 1992.

MADDOX, R. A.. Mesoscale convective complexes. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 61, n. 11, p. 1374-1387, 1980.

NCEP/NCAR - National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research. Disponível em: <<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>>. Acesso em: 20 Apr. 2017.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. **Atmospheric science: an introductory survey**. v. 92. Academic press, 2006.

ZIPSER, E. J. Use of a conceptual model of the life-cycle of mesoscale convective systems to improve very-short-range forecasts. In: **Nowcasting**. Academic Press, 1982. p.191-204.

ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DO PERÍODO CHUVOSO NAS CIDADES DE SÃO LUÍS-MA, TERESINA-PI E MACEIÓ-AL

Ismael Guidson Farias de Freitas¹, Italo Ramon Januario², Osmar Evandro Toledo Bonfim³, Matheus José Arruda Lyra⁴

¹Mestrando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas/ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas,ismael.guidson@gmail.com;²Mestrando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas/ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, italojanuario@hotmail.com;³Mestrando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas/ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, osmartoledob@gmail.com;⁴Mestrando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas/ Universidade Federal de Alagoas, matheuslyraa@gmail.com.

RESUMO: Este estudo teve como objetivo analisar o período chuvoso entre três cidades do nordeste brasileiro: Cidade de São Luís-Maranhão, Teresina-Piauí e a cidade de Maceió-Alagoas. Selecionaram-se dados de precipitação diária do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa-BDMEP do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, para a série de dados entre 1961 a 2015. O Método utilizado foi o dos Percentis (GIBBS e MAHER, 1967). Para a cidade de São Luís - Maranhão, a quadratura de chuvas localiza-se nos meses de fevereiro, março, abril e maio, sendo abril o mês mais chuvoso. Para a cidade de Teresina - Piauí, a quadra chuvosa corresponde aos meses de janeiro, fevereiro, março e abril. Já para Maceió, a quadra chuvosa encontra-se nos meses de abril, maio, junho e julho.

PALAVRAS-CHAVE: Climatologia, Pluviometria, Fenômenos Hidrológicos.

CLIMATOLOGICAL ANALYSIS OF THE RAINY SEASON IN SÃO LUÍS, TERESINA, PI AND MACEIÓ-AL

ABSTRACT:This study aimed to analyze the rainy season between three cities in northeastern Brazil: São Luís City - Maranhão, Piauí Teresina, and the city of Maceio - Alagoas. We selected daily precipitation data from meteorological database for research and education-BDMEP the National Institute of Meteorology - INMET for the data series from 1961 to 2015. The method used was that of the percentiles (GIBBS and MAHER, 1967). For the city of São Luís - Maranhão, the quadrature rains located in the months of February, March, April and May, with April the wettest month . For the city of Teresina - Piauí, the rainy season corresponds to the months of January, February, March and April. As for Maceio, the rainy season is in the months of April, May, June and July.

KEY-WORDS: Climatology, Pluviometry; Hydrological phenomena.

INTRODUÇÃO

No que diz respeito à caracterização das mudanças climáticas de uma região, a precipitação pluviométrica segundo Almazroui et al., (2012), se caracteriza como uma das variáveis climáticas de fundamental importância nas alternâncias de rendimento das culturas (BANNAYAN, 2011) e produção primária (YE et al., 2013). O clima que predomina a região Nordeste Brasileira (2° - 14° S, 35° - 46° W) é o semiárido, apresentando uma irregularidade sazonal e interanual de chuva. Os eventos extremos chuvosos e secos são associados aos fenômenos climáticos regionais como El Niño Oscilação Sul (ENOS) e gradiente meridional de Temperatura da Superfície do Mar (TCM) (LUCENA et al., 2011).

O clima de São Luís segundo a classificação de Thornthwaite é do tipo B1WA'a, clima úmido do tipo (B1). Os totais pluviométricos variam entre 2000 e 2800 mm e a umidade relativa do ar anual superior a 82% (GEPLAN, 2002). O município de Maceió de acordo com Mariano et al (2009), apresenta um clima do tipo quente e úmido e sofre grande influência de sistemas de grande escala. Já a cidade de Teresina apresenta clima tropical subúmido quente, com precipitação anual de 1.339mm, temperatura média de $28,6^{\circ}$ C e umidade relativa do ar média de 70%.

Devido à complexidade de sistemas meteorológicos que atuam no nordeste brasileiro, os estudos visando sua caracterização climática são importantes. Diante disso, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o período chuvoso entre as cidades de São Luís-MA, Teresina-PI e Maceió-AL para o período de 1961 a 2015.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende três cidades do nordeste brasileiro: A cidade de São Luís, localizada na Ilha do Maranhão, que compõe a Mesorregião Norte Maranhense, a cidade de Teresina – Piauí e a Cidade de Maceió – Alagoas, ambas as cidades encontram-se destacadas na imagem abaixo:



Figura 01. Nordeste Brasileiro.

Foram utilizados neste trabalho dados de precipitação diária do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa-BDMEP do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Para a cidade de São Luís- Maranhão utilizou-se dados da Estação Meteorológica de Superfície (Lat. 02° 53'S, Long. 044° 21'W, Alt. 50.86m); Para Maceió-AL utilizaram-se dados da Estação meteorológica de superfície (Lat. 09° 66'S, Long. 035° 70'W, Alt. 64.50m), E para a cidade do Teresina - Piauí utilizou-se dados da Estação Meteorológica de Superfície (Lat. 05° 08'S, Long. 042° 81'W, Alt. 70.36m).

Tabela 1 – Estações em superfície das cidades de São Luís, Teresina e Maceió

Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período (anos)
São Luís	02 53 S	44 21 W	50	1961-2015
Teresina	05 08 S	42 81 W	70	1961-2015
Maceió	09 66 S	35 70 W	64	1961-2015

Os dados de precipitação foram organizados em uma planilha eletrônica e analisados de forma anual, mensal e diário segundo a quadra chuvosa para o município. O Método utilizado foi o dos Percentis (GIBBS e MAHER, 1967), baseado nos quantis ou fractis (medida da posição relativa - separatriz) que consiste, inicialmente, na separação dos dados históricos de precipitação em 10 intervalos com igual frequência de observação (10% de probabilidade de ocorrência de cada classe), denominados decis e usualmente enumerados de 1 a 10. Este trabalho adotou o percentil (que divide a série em 100 partes), sendo utilizado o intervalo 95% para definir a categoria climática relativa à chuva.

Utilizou-se o método da Percentagem da Normal Climatológica, em que se baseia na razão entre a precipitação mensal registrada no mês e ano selecionados e a climatologia da precipitação (ou normal climatológica) para tal mês. As normais climatológicas de referência foram obtidas através do cálculo das médias de precipitação mensal para as três capitais do nordeste brasileiro. As normais utilizadas referem-se ao período de 30 anos compreendido entre 1961 a 1990.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de chuva (quadra chuvosa) para a capital de São Luís-MA localiza-se nos meses de fevereiro, março, abril e maio, sendo abril o mês mais chuvoso como é possível se verificar na figura 02. Segundo Marengo (2008), no norte da região Nordeste, abrangendo a maior parte do semiárido, o principal período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro e maio. Essa região é bastante conhecida, pois é onde ocorrem as maiores secas. O mais importante sistema causador de chuvas nesta sub-região é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

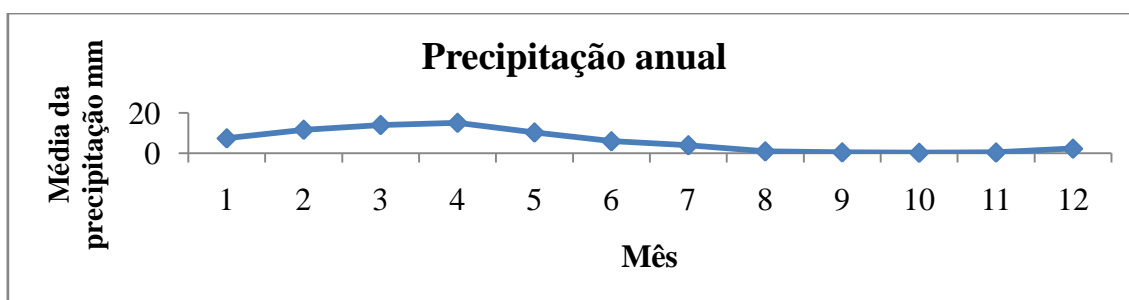


Figura 02 – Média da precipitação anual para a cidade de São Luís-MA

No entanto, o período de chuva (quadra chuvosa) para a capital de Teresina-PI inicia em de janeiro, fevereiro, março e abril como é possível verificar na figura 03 a seguir.

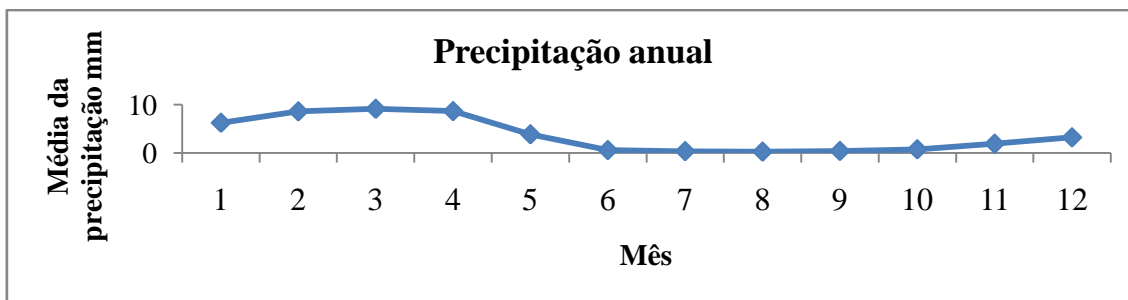


Figura 03 – Média da precipitação anual para a cidade de Teresina - PI

Já para a Capital Maceió, o período de chuva (quadra chuvosa) localizou-se nos meses de abril, maio, junho e julho percebido na figura 04 a seguir. Segundo Marengo (2008), no leste do Nordeste ou Zona da Mata, o principal período chuvoso ocorre de abril a agosto e as chuvas são ocasionadas principalmente pelos contrastes entre a temperatura do mar junto à costa e a temperatura do continente. Os ventos, ao soprarem continente adentro, carregam a umidade do oceano que condensa e precipita na faixa litorânea e na região da Zona da Mata.

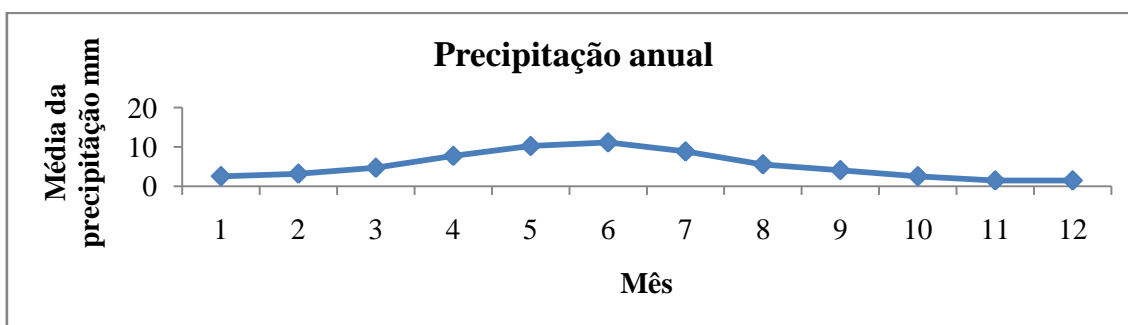


Figura 04 - Média da precipitação anual para a cidade de Maceió-AL.

Trabalho similar feito por Valadão et al., (2010) encontrou as mesmas quadraturas de chuva para as três regiões estudadas (São Luís, Teresina e Maceió). Tal distribuição das chuvas pode ser explicada pela influência dos tipos de precipitações em cada cidade. As cidades de São Luís – Maranhão e Teresina - Piauí sofrem influência da ZCIT, Zona de Convergência Intertropical, sistema meteorológico que traz chuva para o norte do Nordeste. Enquanto que a cidade de Maceió - Alagoas está sob a influência das massas úmidas vindas do oceano, bem como também sofre influencia da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

CONCLUSÕES

Para a cidade de São Luís – Maranhão, a quadratura de chuvas localiza-se nos meses de fevereiro, março, abril e maio, sendo abril o mês mais chuvoso. Para a cidade de Teresina – Piauí, a quadra chuvosa corresponde aos meses de janeiro, fevereiro, março e abril. Já para Maceió, a quadra chuvosa encontra-se nos meses de abril, maio, junho e julho.

REFERÊNCIAS

ALMAZROUI, M. et al. Recent climate change in the Arabian Peninsula: Seasonal rainfall and temperature climatology of Saudi Arabia for 1979–2009. **Atmospheric Research**, v.111, p.29-45, 2012.

BANNAYAN, M. Effects of precipitation and temperature on crop production variability in northeast Iran, **International Journal of Biometeorology**, v.55, p.387-401, 2011.

GIBBS, W. J.; MAHER, J. V. **Rainfall deciles as drought indicators**. Melbourne: Commonwealth of Australia, 1967. 84 p.

MARENGO, J. A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil**. Parcerias estratégicas. Brasília, DF. N.27. Dezembro, 2008.

MARIANO, G.L.; MOURA, M.A.L. Comportamento da temperatura do lixo em duas épocas distintas (seca e chuvosa) no lixão da cidade de Maceió, AL. **Ciência e Natura**, UFSM, 31 (2): 57 - 70, 2009.

VALADAO, E.A.C. et al. **Uma Análise Comparativa de Alguns Índices de Aridez Aplicados às Capitais do Nordeste do Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belém-PA, 2010.

YE, J. S. et al. Impacts of increased variability in precipitation and air temperature on net primary productivity of the Tibetan Plateau: a modeling analysis. **Climatic Change**, v.119, p.321-332, 2013.

VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO AGRESTE DE PERNAMBUCO E OS DESASTRES DECORRENTES DOS EXTREMOS CLIMÁTICOS

Maria Luana Torres Pereira¹, Maendra Pollinne Arcoverde
Soares², Emanuel Araújo Silva³, Abelardo A. de Assunção Montenegro⁴, Werônica
Meira de Souza⁵

¹Estudante de Agronomia, UFRPE/UAG, Garanhuns, Pernambuco, luan-atorres@hotmail.com;

²Estudante de Agronomia, UFRPE/UAG, Garanhuns, Pernambuco, maendra.arcoverde@gmail.com;

³Docente, UFRPE, Recife, Pernambuco, emmanuel.ufrpe@gmail.com; ⁴Docente, UFRPE, Recife,
Pernambuco, abelardomontenegro666@gmail.com; ⁵Docente, UFRPE/UAG, Garanhuns, Pernambuco,
weronicameira@gmail.com

RESUMO: As mudanças climáticas já são uma realidade para a população mundial e as evidências fazem parte do dia-a-dia, com ameaças à infraestrutura das cidades, diminuição da produtividade nas lavouras, alterações nos rios e oceanos. O objetivo deste trabalho é classificar padrões climáticos na região Central do Agreste de Pernambuco através do Índice de Anomalia de Chuva (IAC), visando caracterizar a severidade dos anos secos e chuvosos e analisar os desastres decorrentes das variabilidades climáticas. Foram selecionadas 14 estações pluviométricas distribuídas no Agreste Central no período de 1963 a 2013. Calculou-se o IAC anual e do período úmido. Foi realizado o levantamento dos dados oficiais dos desastres associados aos extremos climáticos (secas e enchentes) dos 14 municípios estudados no período de 1963 a 2013, através do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres do Ministério da Integração. Os resultados indicaram que o período úmido corresponde aos meses de fevereiro a julho e o período seco de agosto a janeiro. Através do IAC diagnosticou-se uma mudança no padrão da precipitação, evidenciando que até o final da década de 80 havia uma frequência maior dos anos úmidos, e que a partir da década de 90 houve uma diminuição significativa desses anos, ou seja, os anos secos passaram a predominar na região. Nos anos classificados mais secos foram emitidos documentos oficiais decretando estado de calamidade pública e/ou emergência, ocasionado pela seca e/ou estiagem, com impactos sociais e grandes prejuízos na agricultura e pecuária, além do abastecimento humano e animal.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação pluviométrica, Seca, Tendência climática.

CLIMATE VARIABILITY IN AGRESTE PERNAMBUCANO AND DISASTERS ARISING OUT OF CLIMATE EXTREMES

ABSTRACT: Climate change is already a reality for the world's population and the evidence are part of our daily lives, with threats to the infrastructure of cities, decreased productivity in crops, changes in rivers and oceans. The objective of this study is to classify weather patterns in Agreste through rain Anomaly Index (IAC), to characterize the severity of dry and moist years and analyze the disasters arising from climate variability. We selected 14 rain gauge stations distributed in the Agreste from 1963 to 2013. It was calculated the IAC annual and from moist period. The survey of official data of disasters associated with extreme weather (dry and floods) of the 14 cities studied was conducted in 1963 to 2013, through the Integrated Information System of the Ministry of Integration of Disaster. The results indicated that the wet period

corresponds to the months from February to July and the dry period from August to January. Through the IAC was diagnosed a change in the pattern of precipitation, showing that by the end of the 80s there is a higher frequency of wet years, and that from the 90s there was a significant decrease in these years, ie the years dry now predominate in the region. In the drier classified official documents were issued decreeing state public and / or emergency disaster, caused by the drought and / or drought, with social impacts and huge losses in agriculture and livestock, in addition to human and pet supplies.

KEY-WORDS: Rainfall, Dry, climate trend.

INTRODUÇÃO

Os efeitos das variabilidades climáticas e possivelmente das mudanças climáticas vêm afetando todo o planeta em grande escala de desastres, modificando regiões agressivamente no decorrer dos anos. Assis, Souza e Sobral (2015) afirmam que as mudanças do clima têm intensificado cada vez mais a problemática da escassez hídrica, sobretudo em áreas áridas e semiáridas do planeta, destacando o semiárido do Nordeste do Brasil, uma vez que apresenta uma grande tendência à aridização, acompanhada de diminuição da oferta hídrica em função da alteração nos padrões pluviométricos, com diminuição da frequência e intensidade das chuvas.

O semiárido nordestino apresenta grande variabilidade espacial e temporal das chuvas, com precipitações irregulares concentradas em poucos meses. Essa região também é caracterizada com alto potencial para evaporação da água, em função da grande disponibilidade de energia solar, das elevadas temperaturas e da baixa umidade do ar (ASSIS, SOUZA E SOBRAL, 2015).

Araújo, Moraes Neto e Sousa (2009) afirmam que devido a irregularidade da precipitação, é necessário realizar um monitoramento através de índices climáticos, uma vez que, através deles se pode desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos de seca ou chuvosos, com informações anuais ou mensais, com as quais se pode conhecer a climatologia de uma determinada região e verificar os impactos que o clima causa sobre a distribuição da precipitação pluviométrica.

O Agreste Central é considerado a região do Agreste de Pernambuco com maior urbanização. Possui cidades de importância inter-regional, como Caruaru e Belo Jardim. Têm vários pólos industriais, sobretudo no setor alimentício, além de atividades agrícolas diversificadas e criação de gado (PE-AZ, 2016). Dessa forma, objetivo dessa pesquisa é classificar padrões climáticos no Agreste Central pernambucano, através do Índice de Anomalia de Chuva (IAC), visando caracterizar a severidade dos anos secos e chuvosos e os desastres decorrentes dos extremos climáticos, tendo em vista a importância desta região no cenário Estadual e Nacional.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo

O Agreste de Pernambuco é basicamente formado por pequenas e médias propriedades onde se pratica a policultura, frequentemente associada à pecuária extensiva e bacia leiteira. Por estar fora da região de influência litorânea, predominando no interior nordestino, está sujeita às estiagens cíclicas, de forma que boa parte da população existente depende essencialmente dos rios temporários e do regime de chuvas

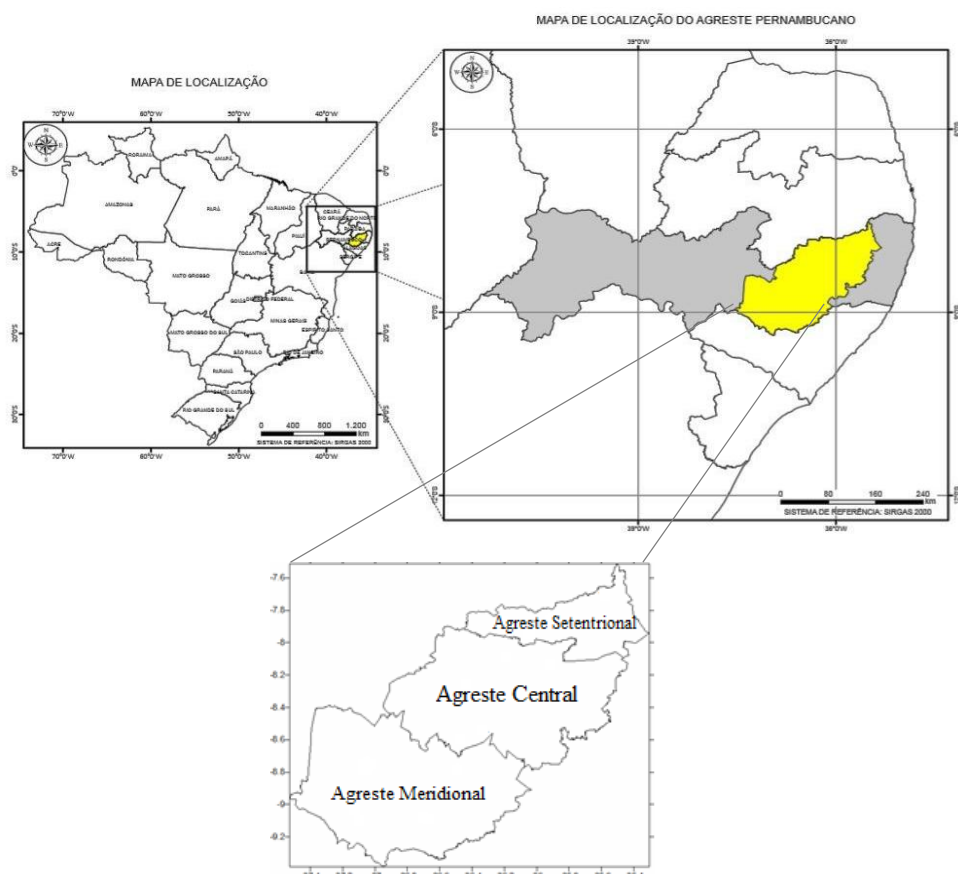
que são irregulares. A pecuária leiteira tem um papel importante na sustentabilidade das propriedades de base familiar no Agreste pernambucano tanto no autoconsumo, como na geração de renda (FILHO, 2012).

A produção do leite em Pernambuco está associada diretamente as condições climáticas, que na atualidade está passando por dificuldades atreladas à seca, mostrando o quanto esta região é vulnerável as oscilações climáticas (secas e enchentes) e possivelmente às mudanças climáticas. Conforme Monteiro (2007), em Pernambuco, cerca de 14 mil pequenos e médios produtores estão na atividade leiteira, concentrados principalmente na região Agreste.

No Agreste Central, o censo demográfico do IBGE (2010) registrou 1.048.968 habitantes, que distribuídos em 10.100,52 km² indica uma densidade demográfica igual a 104 hab./km². Ainda segundo dados do censo, a taxa de alfabetização é igual a 74,71%. Os municípios com maior representação na economia na região são Caruaru, Belo Jardim, Gravatá, Pesqueira e Bezerros, enquanto as atividades que mais contribuem com o PIB da RD são a horticultura, leite, avicultura, bovinocultura, tomate, indústria de transformação construção civil, administração pública, hipermercados, varejo de combustíveis e serviços prestados às empresas (ANDRADE, 2009; CONDEPE/FIDEM, 2011). Vale salientar a expressividade de Caruaru, cidade polo classificada como capital regional, situada estrategicamente no entroncamento das rodovias BR-232 de BR-104, área onde se desenvolve o polo têxtil e de confecções, com relevante contribuição para o desenvolvimento econômico da RD e do Estado.

A região do Agreste pernambucano é subdividida em três Regiões de Desenvolvimento (RD's): Agreste Central, Agreste Meridional e Agreste Setentrional, de acordo com a sanção da lei nº 11.725, de 23 de dezembro de 1999 que dispôs sobre o Plano Plurianual do Estado para o quadriênio 2000-2003, sendo compostas por 26, 26 e 19 municípios, respectivamente, apresentando um total de 71 municípios, conforme mapa de localização exposto na Figura 1.

O Agreste Central, região do presente estudo, é composto pelos 26 municípios: Agrestina, Alagoinha, Altinho, Barra de Guabiraba, Belo Jardim, Bezerros, Bonito, Brejo da Madre de Deus, Cachoeirinha, Camocim de São Felix, Caruaru, Cupira, Gravatá, Ibirajuba, Jataúba, Lagoa dos Gatos, Panelas, Pesqueira, Poção, Riacho das Almas, Sairé, Sanharó, São Bento do Una, São Caitano, São Joaquim do Monte, Tacaimbó.



Fonte: ITEP – Modificado pelos autores (2017).

Figura 1. Mapa de localização do Brasil, com identificação do estado de Pernambuco e destaque para as regiões do Agreste Setentrional, Central e Meridional.

Dados

Foi realizado o levantamento dos dados mensais de precipitação pluviométrica existentes no período de 1962 a 2013, dos 26 municípios que compreendem a região do Agreste Central de Pernambuco. Após a análise dos dados, foram selecionados apenas 14 postos pluviométricos com séries climatológicas que constituíssem um período de dados maior ou igual a 30 anos com informações da precipitação pluviométrica. Esses dados das estações pluviométricas foram fornecidos gratuitamente, pela Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A distribuição espacial das estações pluviométricas utilizada no trabalho está representada através da Figura 2.

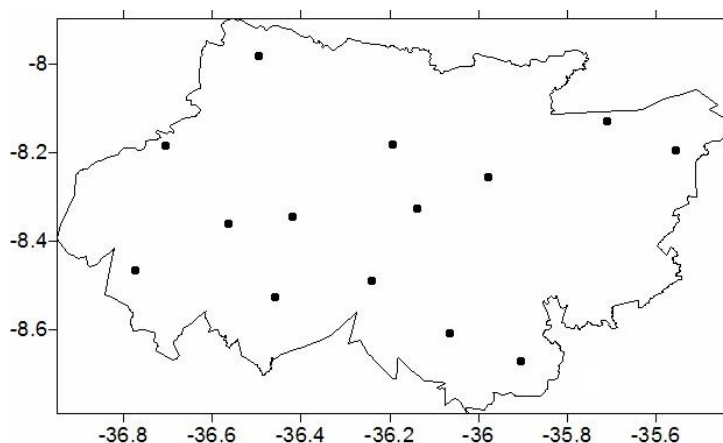


Figura 2. Distribuição espacial das estações pluviométricas no Agreste Central de Pernambuco.

Clarke e Silva (2004) sugeriram que as séries de dados têm que ser suficientemente longas e representativas do local de estudo, pois só assim pode-se observar a variabilidade do comportamento climático de uma região, principalmente em relação as chuvas intensas e secas prolongadas.

Também foi realizado o levantamento dos desastres (secas, estiagem, inundações) decorrentes dos extremos climáticos, dos 14 municípios analisados no período de 1962 a 2013, por meio de Decretos, Portarias (atos administrativos) e Avadan (avaliação de danos), fornecidos pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres do Ministério da Integração Nacional.

Procedimentos metodológicos

Primeiramente, foi realizada uma análise de consistência das séries temporais, através da análise da qualidade dos dados pluviométricos brutos, verificação da homogeneidade da série em relação ao padrão regional.

Em seguida, uma atualização da climatologia mensal da precipitação pluviométrica do Agreste Central no período de 1963 a 2013, e da média aritmética para identificação do período chuvoso da região, e posteriormente a aplicação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC), onde foi obtido a severidade dos anos secos e úmidos na região estudada. O IAC é uma metodologia que vem sendo aplicada e difundida no Nordeste do Brasil para caracterizar os períodos extremos (secos e chuvosos), assim como as diferentes intensidades desses eventos no tempo e no espaço. Um ponto crucial no emprego de um índice como esse, assim como de qualquer outro índice climático, reside na escolha do patamar a ser estabelecido para a definição de um período de seca. Nesse sentido, Freitas (2004 e 2005), observou que com base no mesmo é possível fazer uma comparação das condições atuais de precipitação em relação aos valores históricos, servindo ainda para avaliar a distribuição espacial do evento, consoante sua intensidade.

O Índice de Anomalia de Chuva-IAC (Rainfall Anomaly Index-RAI), que analisa a frequência que ocorrem anos secos e anos chuvosos e a intensidade do evento. O IAC foi desenvolvido por Rooy (1965) e adaptada por Freitas (2004) e Araújo, Moraes Neto e Sousa (2009) para a Região Nordeste, para classificar o ano como seco, normal ou chuvoso. A avaliação do grau de severidade e duração dos períodos secos e

úmidos foi realizada através do cálculo do índice IAC (FREITAS 2004 e 2005), obtido a partir das equações 1 e 2:

$$IAC = 3 \left[\frac{(N-\bar{N})}{(M-\bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas} \quad (1)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N-\bar{N})}{(\bar{X}-\bar{N})} \right], \text{ para anomalias negativas} \quad (2)$$

Em que:

N : precipitação anual (mm);

\bar{N} : precipitação média anual da série histórica (mm);

M : média das 10 maiores precipitações anuais da série histórica (mm);

\bar{X} : média das 10 menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Evidencia-se que anomalias positivas são valores acima da média histórica e anomalias negativas são valores abaixo da média histórica da precipitação pluviométrica. A partir da metodologia proposta por Freitas (2004 e 2005) e Araújo, Moraes Neto e Sousa (2009), utiliza-se a classificação de anos secos e úmidos como indicador climático para a intensidade destas anomalias, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva

Faixa do IAC	Classe de Intensidade
Acima de 4	Extremamente úmido
2 a 4	Muito úmido
0 a 2	Úmido
0 a -2	Seco
-2 a -4	Muito seco
Abaixo de -4	Extremamente Seco

Fonte: Adaptado por Araújo, Moraes Neto e Sousa (2009).

O valor positivo de IAC significa que determinado ano foi chuvoso, e dependendo do seu valor, atinge classe de chuvoso, muito chuvoso ou extremamente chuvoso. Similarmente aos valores positivos de IAC, os valores negativos representam os anos secos no Agreste Central, com classificação de severidade de seco, muito seco ou extremamente seco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A climatologia total anual da precipitação pluviométrica atualizada no período de 1963 a 2013 (50 anos), referente aos postos pluviométricos que compreendem o Agreste Central de Pernambuco é de 648,61 mm. Na série histórica que foi analisada, foi possível identificar o período úmido (fevereiro a julho) com total acumulado de

469,34 mm e o período seco (agosto a janeiro) com total de chuva de 179,28 mm. Com destaque nos meses de Março, Abril e junho que apresentam os meses mais chuvosos da região, e o trimestre setembro, outubro e novembro o mais seco (Figura 3). Os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas nessa região são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Ar Superior - VCAS as instabilidades associadas às Frentes Frias e os Distúrbios de Leste (LACERDA, FERREIRA e SOUZA, 2006). Esses fenômenos atuam em sub-regiões distintas e, também, se superpõem em algumas sub-regiões, nas mesmas épocas ou em épocas diferentes. Alguns desses sistemas são influenciados pelo albedo e orografia.

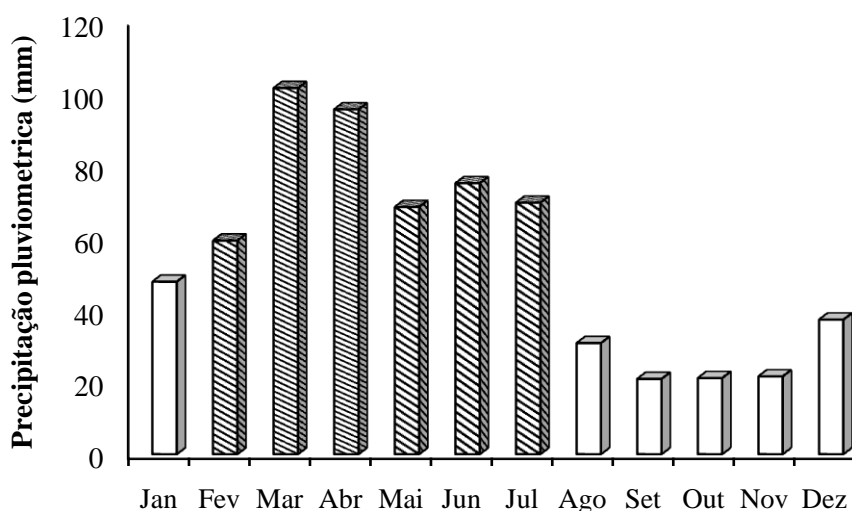


Figura 3. Climatologia da precipitação pluviométrica mensal do Agreste Central de Pernambuco, com destaque para o período chuvoso no período de 1963 a 2013.

As quantidades relativas de precipitação pluvial (volume), em seu regime sazonal ou diário (distribuição temporal) e as intensidades de chuvas individuais (volume/duração) são algumas das características que afetam direta ou indiretamente a população, a economia e o meio ambiente (BRITTO, BARLETA e MENDONÇA, 2006). Santos, Assis e Souza (2014) realizaram um estudo na bacia hidrográfica do Rio Una, localizada entre as regiões do Agreste ao Litoral de Pernambuco, que ao longo dos anos vem sofrendo desastres causados por cheias e secas. Observaram mudanças locais na área, com tendência de diminuição das precipitações no período de 1963 a 2012 na região que compreende o Agreste, e tendência de aumento no Litoral da bacia, indicando aumento da frequência de anos secos no Oeste da bacia e eventos de chuvas intensas no Leste, e conseqüentemente desastres na região.

No Agreste Central o IAC apresenta grande variabilidade (Figura 4), com uma frequência similar de valores positivos e negativos até o final da década de 80(1989). No entanto, do início da década de 90 até 2013, ocorre uma modificação na precipitação, com uma maior frequência de anos mais secos, evidenciando uma possível variação climática da precipitação anual e principalmente no período úmido (Figura 5),

destacando-se que os anos secos estão mais evidentes na região. A análise do comportamento das chuvas se torna importante uma vez que possibilita detectar tendências ou alterações no clima, em escalas locais, regionais, estaduais, nacionais e continentais (MARCUIZZO, GOULARTE E MELO, 2012). O cálculo do IAC pode ser utilizado como uma ferramenta para auxiliar o acompanhamento climático e a variabilidade pluviométrica de uma determinada área, podendo auxiliar no gerenciamento agrícola e nos recursos hídricos e, então empreender ações de adaptação e mitigação.

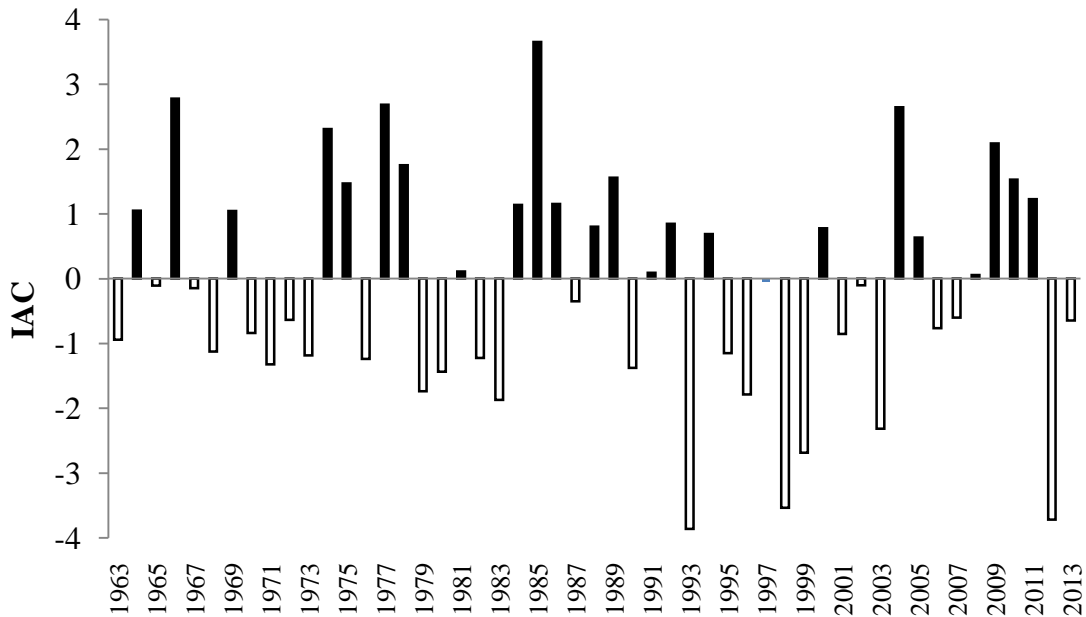


Figura 4. Índice de Anomalia de Chuva anual no Agreste Central de Pernambuco.

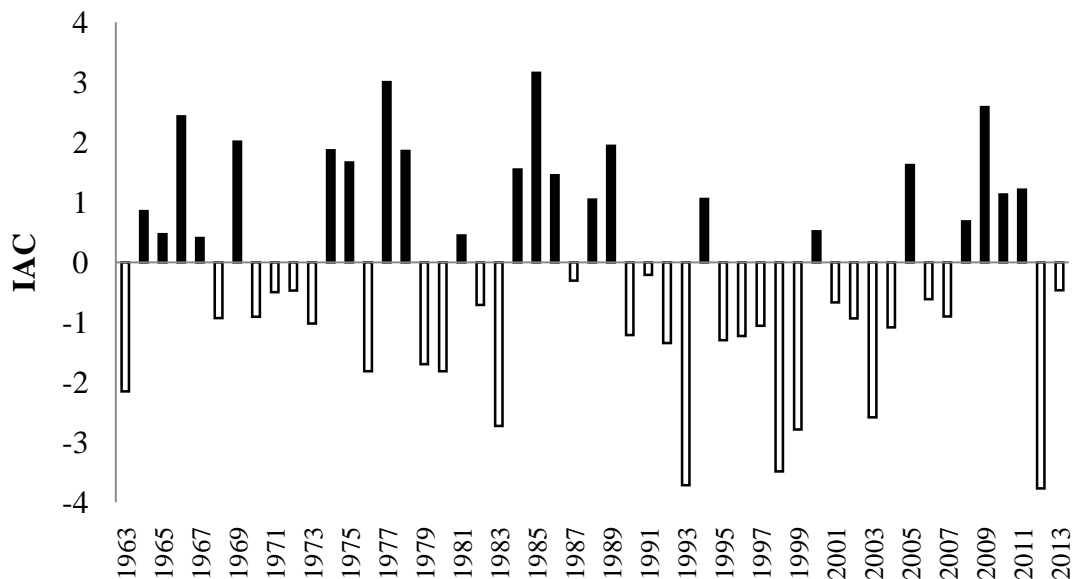


Figura 5. Índice de Anomalia de Chuva do semestre chuvoso no Agreste Central de Pernambuco.

Após análise dos extremos climáticos (secos e úmido) obtidos através do IAC, identificaram-se os documentos emitidos oficialmente através dos registros disponíveis no Ministério da Integração Nacional, os desastres ocorridos nos três anos mais secos (1993, 1998 e 2012) e nos anos mais úmidos (1966, 1977 e 1985) nos municípios estudados, conforme Tabela 2. Ressalta-se que apenas em Cachoeirinha não foi encontrado nenhum documento oficial em toda a série de dados.

Em 1993, foram emitidas 14 portarias decretando estado de calamidade pública, ocasionado pela seca, e uma pela estiagem, associadas aos baixos índices pluviométricos registrados na região. Destaca-se Alagoinha com duas portarias em 1993, ocasionadas pela seca e estiagem.

Identificou-se 11 documentos oficiais em 1998 decretando estado de emergência ocasionado pela estiagem, exceto os municípios de Alagoinha e Riacho das Almas. Em 2012 foram 15 registros, através de Portarias (6) e Avadan (9), devido à estiagem prologanda em decorrência dos baixos índices pluviométricos. Em Poção e Riacho das Almas foram emitidos dois documentos oficiais em 2012.

Os maiores impactos foram registrados na área rural, com grandes prejuízos na agricultura, com perdas na produção de grãos, cereais, leguminosas, fruticultura e horticultura, e na pecuária com a perda de cabeças de grande e pequeno porte, e baixa produtividade de leite, além dos prejuízos sociais.

Com relação aos anos mais úmidos, verificou apenas um registro oficial em Caruaru no ano de 1985, ocasionado pelas inundações, devido às chuvas acima da média histórica.

Tabela 2. Relação dos municípios com identificação das datas, dos documentos oficiais e dos desastres no Agreste Central de Pernambuco.

Município	Data do Evento	Documento	Evento
Alagoinha	29/03/1993	Portaria	Estiagem
	08/08/1993	Portaria	Seca
	17/04/2012	Avadan	Estiagem
Belo Jardim	28/04/1993	Portaria	Seca
	26/05/1998	Decreto	Estiagem
	15/05/2012	Avadan	Estiagem
Bezerros	28/04/1993	Portaria	Seca
	26/05/1998	Decreto	Estiagem
	07/05/2012	Avadan	Estiagem
Brejo da Madre de Deus	08/08/1993	Portaria	Seca
	26/02/1998	Portaria	Estiagem
	04/05/2012	Avadan	Estiagem
	18/04/1985	Jornal	Inundações

Caruaru	08/08/1993	Portaria	Seca
	24/04/2012	Portaria	Estiagem
Gravatá	17/06/1993	Portaria	Seca
	26/05/1998	Decreto	Estiagem
Jataúba	16/03/1993	Portaria	Seca
	26/05/1998	Decreto	Estiagem
	27/04/2012	Avadan	Estiagem
Poção	08/08/1993	Portaria	Seca
	26/05/1998	Decreto	Estiagem
	01/03/2012	Avadan	Estiagem
	23/08/2012	Portaria	Estiagem
Pesqueira	08/08/1993	Portaria	Seca
	26/05/1998	Decreto	Estiagem
	07/04/2012	Portaria	Estiagem
Riacho das Almas	13/04/1993	Portaria	Seca
	04/05/2012	Portaria	Estiagem
	01/11/2012	Portaria	Estiagem
Sanharó	09/06/1993	Portaria	Seca
	26/05/1998	Decreto	Estiagem
	23/04/2012	Avadan	Estiagem
São Bento do Una	08/08/1993	Portaria	Seca
	26/05/1998	Decreto	Estiagem
	14/05/2012	Avadan	Estiagem
São Caetano	18/05/1993	Portaria	Seca
	21/01/1998	Portaria	Estiagem
	04/05/2012	Avadan	Estiagem
Tacaimbó	12/04/1993	Portaria	Seca
	26/05/1998	Decreto	Estiagem
	23/04/2012	Portaria	Estiagem

Apesar das incertezas em relação às mudanças climáticas, as variabilidades do clima ainda representam obstáculos para o planejamento das cidades, apesar deste fato, ações devem ser tomadas para evitar ou minimizar os impactos decorrentes das possíveis mudanças no clima e das variabilidades climáticas, pois exercem uma influência significativa sobre as atividades humanas, pois podem oscilar quanto à temperatura, precipitação e frequência de eventos extremos como: secas e chuvas

intensas, resultando em impactos na agricultura, nos recursos hídricos, na saúde, sobre o meio ambiente, em escala local ou regional (SOUZA E AZEVEDO, 2012).

A escolha do patamar para a separação entre anos secos e úmidos não deve ser, portanto, arbitrária, mas deve ser escolhido com base no conhecimento climático da região, na análise das características dos períodos históricos de secas e das correspondentes consequências à população e ao meio ambiente atingido. Esses efeitos dependem, por sua vez, da infraestrutura hídrica existente, isto é, variam com o tempo (DA SILVA, 2009).

A partir da análise da variabilidade temporal anual do IAC no Agreste Central I, identificou-se que os anos 1966, 1977 e 1985 apresentaram os maiores índices positivos, classificados como muito úmidos, e 1993, 1998 e 2012 os anos com os maiores índices negativos, considerados os mais secos. Desta forma, para analisar a variabilidade espacial e a intensidade do IAC nesses anos extremos (chuvosos e secos), foi realizada a espacialização para os anos úmidos (Figura 6) e anos secos (Figura 7), de acordo com a intensidade do IAC.

Nos anos de 1966 e 1977 houve predominância da classificação úmido a muito úmido no setor centro norte e centro oeste, respectivamente, e em praticamente toda a região do Vale do Ipojuca em 1985 (Figura 6). Ressalta-se que 1985 foi considerado o ano mais chuvoso de toda a série, e o único ano com registro oficial de inundações.

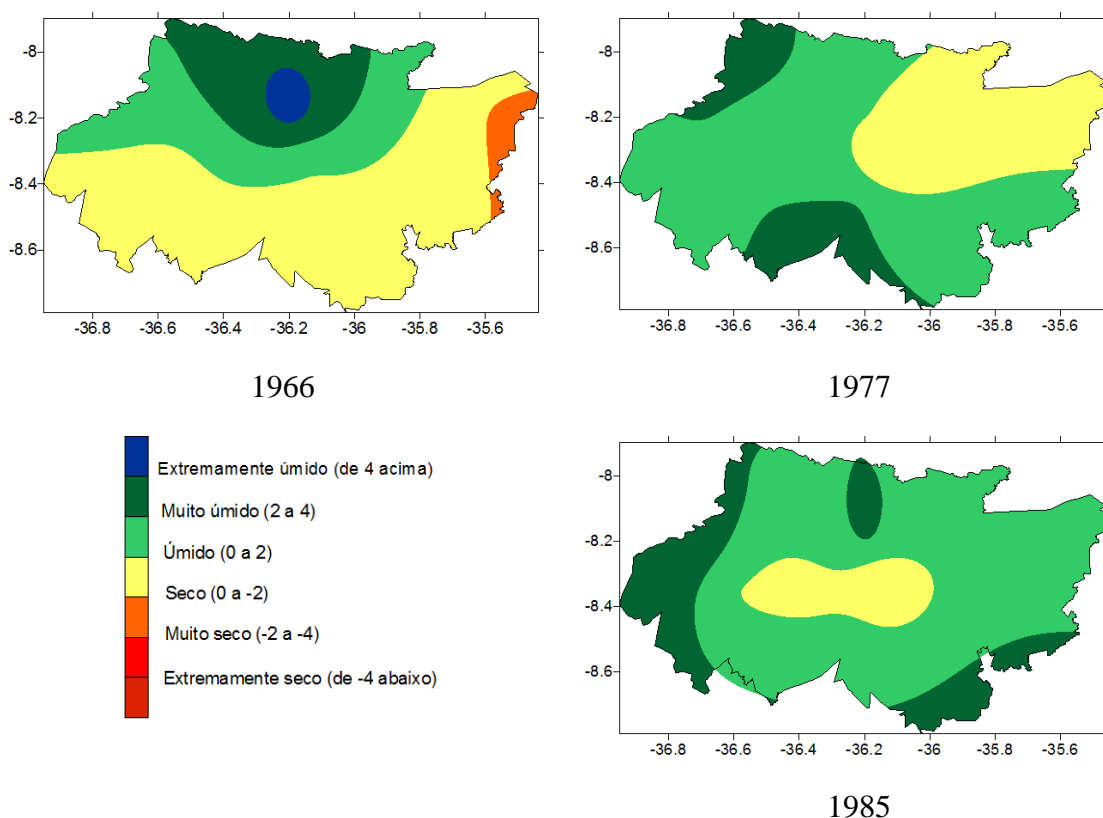


Figura 6. Índice de Anomalia de chuva nos anos muito úmido: 1966, 1977, 1985 no Agreste Central de Pernambuco.

A Figura 7 mostra os anos de 1993, 1998 e 2012, que obtiveram a maior quantidade de IAC negativos para o Agreste Central. Nos anos de 1993 e 1998 houve a atuação do fenômeno El Niño com intensidade forte, contribuindo com uma redução

significativa das chuvas no período (SANTOS et al., 2012). O El Niño com intensidade forte que atuou no período de 1998 foi o principal responsável pela redução considerável da precipitação nesse ano, com análise também de Assis, Souza e Sobral (2015) evidencia-se que um dos motivos para a classificação desses anos na bacia hidrográfica do Rio Pajeú serem secos foi devido ao El Niño.

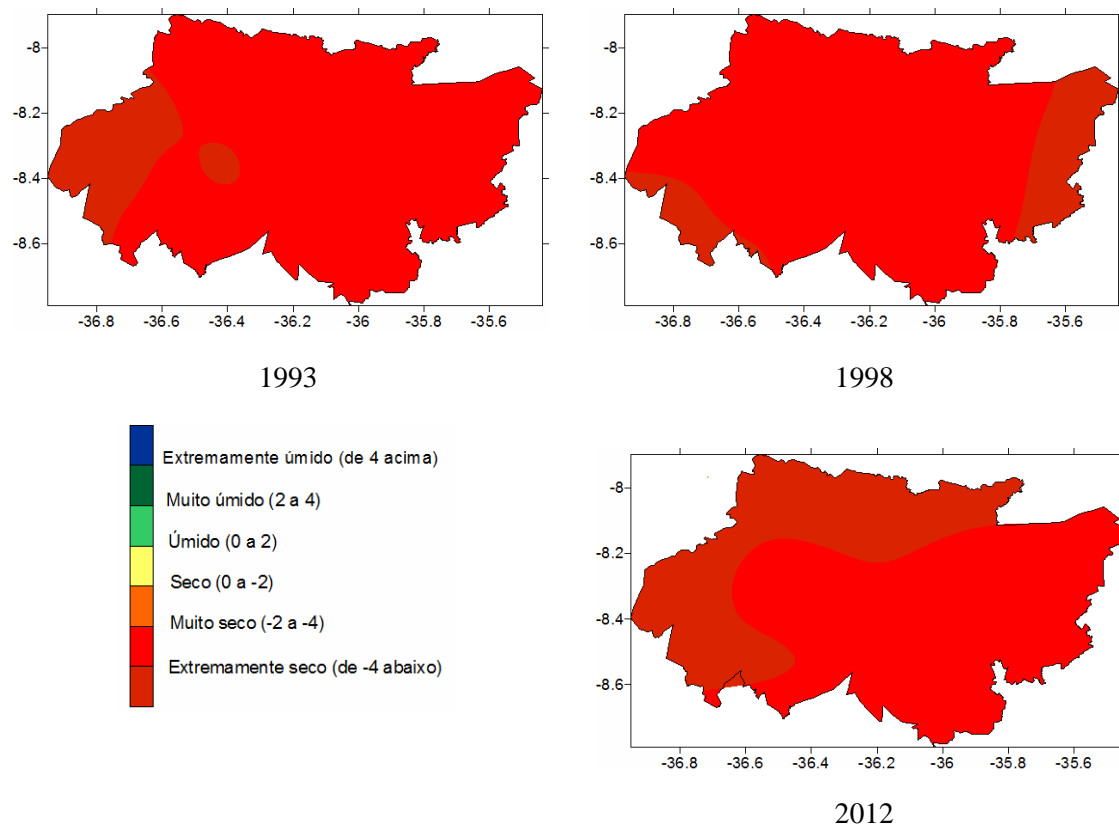


Figura 7. Índice de anomalia de chuva nos anos muito secos: 1993, 1998 e 2012 1985 no Agreste Central de Pernambuco.

CONCLUSÕES

O semestre mais chuvoso no Agreste Central corresponde ao período de fevereiro a julho, com destaque para os meses de março e abril com os maiores valores, e os meses mais secos de setembro a novembro.

A partir da década de 1990, identificou-se diminuição da frequência dos anos Muito Úmidos, e aumento dos anos Muito Secos em relação aos anos chuvosos, apresentando uma modificação no padrão da precipitação, ou seja, os anos secos passaram a predominar na região.

Os anos que apresentaram maior destaque nesta análise foram 1966, 1977, 1985, com os maiores valores de precipitação pluviométrica anual, classificados com muito úmidos; e os anos de 1993, 1998 e 2012 foram classificados como muito seco.

Nos anos mais secos foram emitidos documentos oficiais decretando estado de calamidade pública e/ou emergência, ocasionado pela seca e/ou estiagem, com impactos sociais e grandes prejuízos na agricultura e pecuária, além do abastecimento humano e animal.

Os impactos sociais ocasionados pela estiagem e seca, em um determinado ano, nem sempre está relacionado a falta de chuvas de um determinado ano, mas pela distribuição e frequência da precipitação pluviométrica antes do ano de seca em análise, pois anos de chuvas irregulares antes de um ano classificado seco, não tão severo, pode ocasionar um profundo caos social bem mais abrangente do que um ano de seca mais severa ocorrido após alguns anos com chuvas mais regulares.

O cálculo do IAC pode ser utilizado como uma ferramenta para auxiliar o acompanhamento climático e a variabilidade pluviométrica de uma determinada área, podendo auxiliar no gerenciamento agrícola e nos recursos hídricos e, então empreender ações de adaptação e mitigação dos desastres decorrentes dos extremos climáticos.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/UFRPE pela concessão de bolsa para desenvolvimento da pesquisa. À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) por meio do projeto de pesquisa APQ-0762-1.07/15.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. C. **Geografia de Pernambuco: Ambiente e sociedade**. João Pessoa – PB. Editora Grafset, 35p., 2009.

ARAUJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise Climática da Bacia do rio Paraíba – índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 508-523, 2009.

ASSIS, J. M. O., SOBRAL, M. C. M., SOUZA, W.M. Análise de Detecção de Variabilidades Climáticas com Base na Precipitação nas Bacias Hidrográficas do Sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.03, p.630-645 - 645, 2012.

ASSIS, J.M.O.; SOUZA, W.M.; SOBRAL, M. C. M. Climate analysis of the rainfall in the lower-middle stretch of the São Francisco river basin based on the rain anomaly index. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** (Online). v.2, p.188 - 202, 2015.

BRITTO, F.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Regionalização Sazonal e Mensal da Precipitação Pluvial Máxima no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 02, n° 02, p. 35 – 51, 2006.

CLARKE, R. T.; SILVA, B. C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.3, p. 265-272, 2004.

CONDEPE/FIDEM - AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO. **Pernambuco em Mapas**. Recife, 2011.

DA SILVA, D. F. Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE). **Tese** (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

FILHO, C. A. S. G.; **Território Rural do Agreste Meridional, do Sertão do Pajeú e da Mata Sul em Pernambuco: acompanhamento e avaliação dos resultados do Programa Desenvolvimento Rural Sustentável de Territórios Rurais**, 2012.

FREITAS, M. A. S. **A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil**. In: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, 2004, Puerto Iguazú. In: Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses. Puerto Iguazú : CACIER, v. 1., 2004.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões SemiÁridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, p. 84-95, 2005.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/. Acesso: 10 de setembro de 2016.

LACERDA, F., FERREIRA, M. A.F., SOUZA, W.M. Climas do Estado de Pernambuco In: Bacias Hidrográficas de Pernambuco ed.Recife : Comunigraf Editora, 2006, p. 16-17.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P.; MELO, D. C. R. Mapeamento Espacial, Temporal e Sazonal das Chuvas no Bioma Amazônico do Estado do Tocantins. **Anais**. In: X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 10, 2010.

MONTEIRO, A.A., TAMANINI, R., SILVA, L.C.C., MATTOS, M.R., MAGNANI, D.F., OVIDIO, D., NERO, L.A., BARROS, M.A.F., PIRES, E.M.F., PAQUEREAU, B.P.D., BELOTI, V. Características da produção leiteira da região Agreste do Estado de Pernambuco, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v.8, n4, p. 665-674, out/dez. 2007.

PE-AZ. **Categoria: Regiões, Agreste Central**. <http://www.pe-az.com.br/o-estado/regioes/287-agreste-central>. Acesso: 12 de dezembro de 2016.

ROOY, M.P. VAN. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**, Notes, 14, 43, 1965.

SANTOS, E.; MATOS, H.; ALVARENGA, J.; SALES, M. C. L.; A Seca no Nordeste no ano de 2012: Relato sobre prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-CE. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.819 – 830, 2012.

SANTOS, S. M. S.; ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na bacia do rio Una, Pernambuco-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 2, p. 243-257, 2014.

SOUZA, W. M; AZEVEDO, P. V. Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 01, p.143-159, 2012.

PRECIPITAÇÃO E EROSIVIDADE EM ARAÇUAÍ, CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO E CARBONITA – MG (1961 A 2015)

Maria José Hatem de Souza¹, Fúlvio Cupolillo²,
Ricardo Andrade Generoso³, Daniel Dantas⁴

¹Eng. Agrícola, Prof. Associada, Departamento de Agronomia, UFVJM, Diamantina-MG, (38) 9962 0428, mariahatem@yahoo.com.br; ²Geógrafo, Prof. D1 de Climatologia do IFMG, Campus Santa Luzia – MG, fulvio.cupolillo@ifmg.edu.br;

³Estudante de graduação em Ciência e tecnologia; UFVJM, Diamantina-MG, ricardo.a.generoso@gmail.com,

⁴Estudante de Mestrado em Engenharia Florestal, Lavras, UFLA, dantasdaniel12@yahoo.com.br

RESUMO: A Precipitação e sua distribuição ao longo do ano é de fundamental importância para o planejamento e manejo agrícola. A erosividade é importante para as práticas de manejo, ocupação e conservação dos solos. A chuva é um dos principais agentes ativos no processo da erosão hídrica, e sua intensidade e distribuição ao longo do ano depende principalmente das condições climáticas da região, à topografia, à cobertura do solo e às propriedades do mesmo. Minas Gerais é afetada por precipitações de origem orográfica, de origem ciclônica, frentes frias de origem polar, e frentes quentes e úmidas oriundas da região equatorial. Isso faz com que essa região apresente chuvas bastante intensas, acarretando riscos no manejo dos solos durante esse período. Desta forma com o intuito de estudar a precipitação e a erosividade para Araçuaí, Carbonita e Conceição do Mato Dentro, MG, estimou-se o potencial erosivo da chuva a partir do índice de erosividade EI30. Foram comparados entre si os resultados de precipitação e erosividade anual (R) e mensal (EI30) obtidos nos períodos de 1961 a 1990 e de 1991 a 2015. O potencial erosivo das precipitações em Carbonita e Conceição do Mato Dentro (CMD) foi alto nos dois períodos avaliados, em Araçuaí esse foi moderado, e nos dois períodos.

PALAVRAS-CHAVE: erosão, precipitação anual, sexta chuvosa

PRECIPITATION AND EROSIIVITY IN ARAÇUAÍ, CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO AND CARBONITA - MG (1961 TO 2015)

ABSTRACT: Rainfall and its distribution throughout the year is of fundamental importance for agricultural planning and management. Erosivity is important for soil management, occupation and conservation practices. Rainfall is one of the main active agents in the process of water erosion, and its intensity and distribution throughout the year depends mainly on the climatic conditions of the region, topography, soil cover and soil properties. Minas Gerais is affected by precipitations of orographic origin, of cyclonic origin, cold fronts of polar origin, and hot and humid fronts originating from the equatorial region. This causes that this region presents / displays rains quite intense, bringing risks in the management of the soils during that period. In order to study precipitation and erosivity for Araçuaí, Carbonita and Conceição do Mato Dentro, MG, the erosive potential of rainfall was estimated from the EI30 erosivity index. The annual precipitation and erosivity (R) and monthly (EI30) results obtained from 1961 to 1990 and from 1991 to 2015 were compared. The erosive potential of the precipitation in Carbonita and Conceição do Mato Dentro (CMD) was high in Two evaluated periods, in Araçuaí this was moderate, and in both periods.

KEY-WORDS: annual precipitation, rainy sixth, erosivity index

INTRODUÇÃO

Do ponto de vista agrícola, o estudo da precipitação e sua distribuição ao longo do ano, é de grande interesse pelas consequências que a sua falta ou excesso traz à produção vegetal e animal. O estudo da erosão hídrica, proporcionada pela precipitação, é importante para o manejo e ocupação do solo. O processo erosivo e sua intensidade dependem principalmente das condições climáticas da região que afetam as chuvas, fatores relacionados à topografia, cobertura do solo e às propriedades do mesmo. Em Minas Gerais, os fatores climáticos demonstram influências relevantes no comportamento da erosividade da chuva. Massas de ar, provenientes do extremo sul do continente e da região equatorial, frequentemente atingem a região. É comum, a ocorrência do fenômeno conhecido como Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Alguns autores como Cupolillo (2015) e Molion e Bernardo (2002), citando Hastenrath (2002), afirmam que o mecanismo mais importante para o estabelecimento da ZCAS é o aquecimento continental que gera a Alta da Bolívia (divergência em altos níveis) que, por sua vez, ancora os sistemas frontais.

O potencial erosivo da chuva pode ser quantificado a partir de suas características físicas (volume total, duração e intensidade), sendo os índices de erosividade EI30 e KE >25 os mais utilizados (CARVALHO, 2008). A estimativa do índice da erosividade das chuvas define qual a melhor época para o planejamento das práticas de manejo, principalmente das culturas agrônômicas, a sustentabilidade da região e conservação do solo. A erosividade pode ser estimada pela precipitação mensal utilizando a equação proposta por Wischmeier & Smith (1978). O produto da energia cinética total pela intensidade máxima em trinta minutos (EI30) é a relação que melhor expressa o potencial da chuva em causar erosão, considerando as fases de impacto das gotas da chuva, a desagregação do solo, a turbulência do fluxo, e o transporte das partículas. O fator R (erosividade das chuvas) permite avaliar o potencial erosivo das precipitações de determinado local e conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo; sendo possível assim um melhor manejo e melhor ocupação do mesmo (BARBOSA et. al., 2010).

Alguns autores estudaram esses índices para algumas localidades e regiões, a citar: para o vale do Rio Doce, em Minas Gerais, com 10 anos de dados (SILVA et.al., 2010), para o Estado do Rio de Janeiro (menos de 10 anos), para Curvelo (SANTOS, et.al., 2015), Diamantina-MG (RIBEIRO et. al., 2011) dentre outros. Devido à relevância de estudos desta natureza para a nossa região realizou-se, neste trabalho, o estudo da precipitação e da erosividade da chuva em ARAÇUAÍ, Conceição do Mato Dentro e Carbonita, em Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi montado um banco de dados pluviométricos para a mesorregião do Jequitinhonha e de regiões circunvizinhas; utilizando os dados disponíveis do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a partir de 1961 até 2015. As estações e os anos de dados envolvidos neste estudo podem ser visualizadas na Tabela 1. Já na Figura 1 são apresentadas as imagens de satélite das três estações.

Tabela 1. Estações meteorológicas do INMET envolvidas neste estudo, número na Organização Meteorológica Mundial (OMM), coordenadas geográficas, situação de operação e quando foi aberta, e número de anos envolvidos no estudo

ESTAÇÃO	Latitude	Longitude	Altitude	Situação	Aberta em	Anos	Anos de estudo
	Graus	Graus	Metros				
ARACUAI (OMM: 83442)	-16,83	-42,05	289	Operante	06/09/1918	51	1963a 1978; 1980a 1985; 1987 a 2015
CARBONITA (OMM: 83485)	-17,53	-43	736,38	Operante	01/01/1981	30	1982 a 1987; 1989; 1993 a 2015
C. DO M DENTRO (OMM: 83589)	-19,02	-43,43	652	Operante	30/06/1925	51	1961 a 1985; 1986; 1989 a 2015

Os dados encontram-se digitados no BDMEP
Dados solicitados - 01/01/1961 a 31/12/2015(INMET-BDMEP, 2016)

A erosividade foi estimada a partir dos dados de precipitação média mensal por uso da equação proposta por Wischmeier & Smith (1978), equação (1). Esta equação pode ser aplicada para determinar o fator erosividade de uma região ou localidade. Esses autores definiram que o produto da energia cinética total pela intensidade máxima em trinta minutos (EI₃₀) é a relação que melhor expressa o potencial da chuva em causar erosão, considerando as fases de impacto das gotas da chuva, a desagregação do solo, a turbulência do fluxo, e o transporte das partículas, a equação é definida como:

$$EI_{30} = 67,355 \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,85} \quad (1)$$

Em que, EI₃₀ é a média mensal do índice de erosividade das chuvas (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹), r é a precipitação média mensal (mm) e P é a precipitação média anual (mm). O fator R (erosividade das chuvas) é o somatório dos valores mensais do EI₃₀, conforme a equação abaixo:

$$R = \sum_1^{12} EI_{30} \quad (2)$$

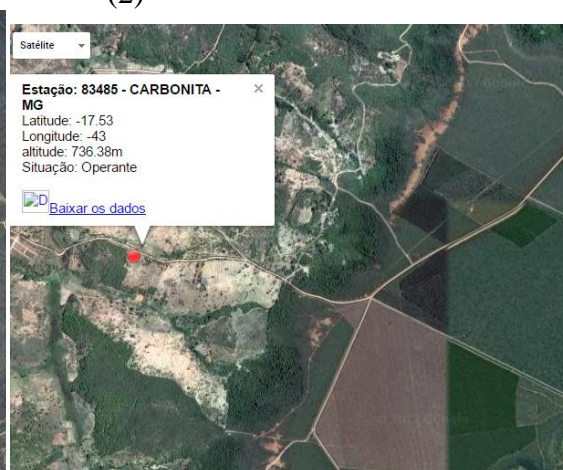




Figura 1. Imagens de satélite das três estações em estudo Araçuaí, Carbonita e Conceição de Mato Dentro, fornecidas pelo site do INMET.

Os resultados de precipitação do fator erosividade foram avaliados de 1961 a 1990, e de 1990 a 2015. As localidades foram classificadas em função da erosividade de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Classes de interpretação do índice de erosividade médio anual (R) Erosividade ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)

(R) Erosividade ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	Classes de erosividade
$R \leq 2452$	Baixa
$2452 < R \leq 4905$	Média
$4905 < R \leq 7357$	Moderada
$7357 < R \leq 9810$	Alta
$R > 9810$	Muito alta

Fonte: (Carvalho, 2008; Foster et al., 1981)

Os resultados médios mensais e anuais de precipitação e erosividade foram avaliados estatisticamente, para os dois períodos de estudo (1961 a 1990 e 1991 a 2015) nas doze localidades estudadas. Calculou-se a média, o desvio padrão, os máximos e mínimos valores. Aplicou-se o teste T de Student, bi-lateral, e identificou-se a significância ao nível de 1 e 5% de probabilidade, comparando-se as médias dos dois períodos de estudo (1961 a 1990 e 1991 a 2015), para os dados acima mencionados, nas três localidades estudadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os dados e as análises para a precipitação total anual e mensal média para os períodos de 1961 a 1990, e de 1991 a 2015. Verifica-se nessa tabela que em Araçuaí a precipitação média total anual foi de 778 e 717 mm para os períodos de 1961 a 1990 e 1991 a 2015, respectivamente, tendo uma redução de 61mm, representando 8% de redução na precipitação anual em Araçuaí, não sendo essa diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste T.

Em Carbonita observa-se que a precipitação média total anual foi de 1068 e 974 mm para os períodos de 1961 a 1990 e 1991 a 2015, respectivamente, tendo uma redução de 74 mm, não sendo esta diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste T. Ainda na Tabela 3, verifica-

se para Conceição do Mato Dentro (CMD) que a precipitação média anual para o período de 1961 a 1990 foi de 1364 mm e para o período de 1991 a 2015 foi de 1384 mm, um aumento de 20 mm, sendo que esse não foi significativo.

Quando se observa mensalmente a precipitação nas três localidades (Tabela 3), verifica-se redução no mês de outubro, sendo essa redução significativa em Araçuaí (1% pelo teste T de Student) e em Conceição do Mato Dentro (5% pelo teste T). Já em contrapartida observa-se em Conceição um aumento significativo na precipitação de dezembro. Em março em Conceição e Araçuaí, verifica-se um aumento, apesar de não significativo (ns), já em Carbonita o aumento é verificado em fevereiro. Esses dados podem ser melhores visualizados na Figura 2, em que são apresentados na forma de histogramas a precipitação média mensal para as três localidades.

Para Araçuaí, Tabela 3 e Figura 2, observa-se que os seis meses mais chuvosos ou a sexta chuvosa ocorre entre os meses de outubro e março.

Para Araçuaí na sexta chuvosa concentrou no primeiro período (1961 a 1990) 90,5% do total precipitado no ano, enquanto que para 1991 a 2015 a sexta chuvosa concentrou 89,5%. Para Carbonita 90,5 e 91% e em Conceição do Mato Dentro 88 e 87,6% no primeiro e segundo consecutivamente.

Tabela 3. Precipitação mensal, anual, desvio padrão, máximo e mínimo e número de anos para Araçuaí, Carbonita e Conceição do Mato Dentro (CMD), Minas Gerais

Araçuaí	Precipitação		Desvio padrão		Precipitação		Precipitação		Teste t e	Anos		
	(mm)				Máxima (mm)	Mínima (mm)	Significância					
MÊS	1961a 1990	1991a 2015	1961a 1990	1991 2015	1961a 1990	1991a 2015	1961a 1990	1991a 2015		1961a 1990	1991a 2015	
JAN	127	103	78	82	255	295	6	9	0,358784	ns	27	25
FEV	78	72	50	66	184	241	20	2	0,732273	ns	27	25
MAR	95	96	102	69	378	262	1	12	0,951995	ns	27	25
ABR	33	31	33	21	97	63	0	0	0,788425	ns	27	25
MAI	13	19	13	25	39	98	0	0	0,399617	ns	27	25
JUN	4	3	5	5	20	17	0	0	0,548625	ns	27	25
JUL	5	4	9	5	37	17	0	0	0,432424	ns	28	25
AGO	5	5	10	12	40	57	0	0	0,969285	ns	27	25
SET	14	12	14	17	41	65	0	0	0,743076	ns	27	25
OUT	88	51	53	45	205	153	18	0	0,011749	*	27	25
NOV	150	159	93	85	300	348	12	35	0,732589	ns	27	25
DEZ	165	162	107	91	459	391	46	40	0,918632	ns	27	25
ANO	778	717	219	199	1331	1246	442	376	0,370746	ns	26	25

Carbonita	Precipitação		Desvio padrão		Precipitação		Precipitação		Teste t e	Anos	
	(mm)				Máxima(mm)	Mínima (mm)	Significância				
MÊS	1961a 1990	1991a 2015	1961a 1990	1991 2015	1961a 1990	1991a 2015	1961a 1990	1991a 2015		1961a 1990	1991a 2015

JAN	259	133	159	86	426	311	44	1	0,08285	ns	7	24
FEV	56	96	45	67	155	240	24	0	0,09167	ns	7	24
MAR	155	128	98	104	352	466	47	17	0,53416	ns	7	24
ABR	41	45	43	41	123	140	3	1	0,81463	ns	7	24
MAI	7	15	8	19	20	77	0	0	0,13377	ns	7	24
JUN	5	3	11	4	29	10	0	0	0,63245	ns	7	24
JUL	10	3	15	5	34	21	0	0	0,26504	ns	7	23
AGO	13	4	18	7	46	27	0	0	0,24516	ns	7	23
SET	22	18	25	22	66	79	0	0	0,70537	ns	7	23
OUT	92	76	37	72	133	330	27	0	0,44602	ns	7	23
NOV	136	210	81	103	270	405	5	41	0,07120	ns	7	23
DEZ	273	245	121	122	503	596	161	68	0,60349	ns	7	23
ANO	1068	974	276	272	1653	1349	835	419	0,41851	ns	7	23

CMD	Precipitação		Desvio padrão		Precipitação		Precipitação		Teste t e	Significância	Anos	
	(mm)				Máxima(mm)	Mínima (mm)					1961a	1991a
MÊS	1961a	1991a	1961a	1991	1961a	1991a	1961a	1991a			1961a	1991a
	1990	2015	1990	2015	1990	2015	1990	2015			1990	2015
JAN	265	243	152	124	535	511	21	50	0,62179	ns	27	25
FEV	149	131	115	84	465	288	19	20	0,49092	ns	27	25
MAR	142	185	128	125	486	495	20	20	0,19392	ns	27	25
ABR	69	86	64	52	214	255	0	19	0,22854	ns	27	25
MAI	22	29	25	28	98	102	4	2	0,39116	ns	27	25
JUN	13	9	20	11	65	49	0	0	0,33184	ns	26	25
JUL	11	7	9	12	24	59	0	0	0,39116	ns	26	25
AGO	10	9	17	12	59	47	0	0	0,87685	ns	26	25
SET	39	32	55	30	209	93	1	0	0,49707	ns	26	25
OUT	143	87	82	58	288	236	16	16	0,01067	*	26	25
NOV	245	234	90	111	369	433	81	0	0,72381	ns	26	25
DEZ	255	332	72	123	324	630	59	104	0,01232	*	26	25
ANO	1364	1384	229	324	2197	2058	539	895	0,91635	ns	26	25

ns Não significativo. * Significativo 5% de probabilidade, teste de Student.

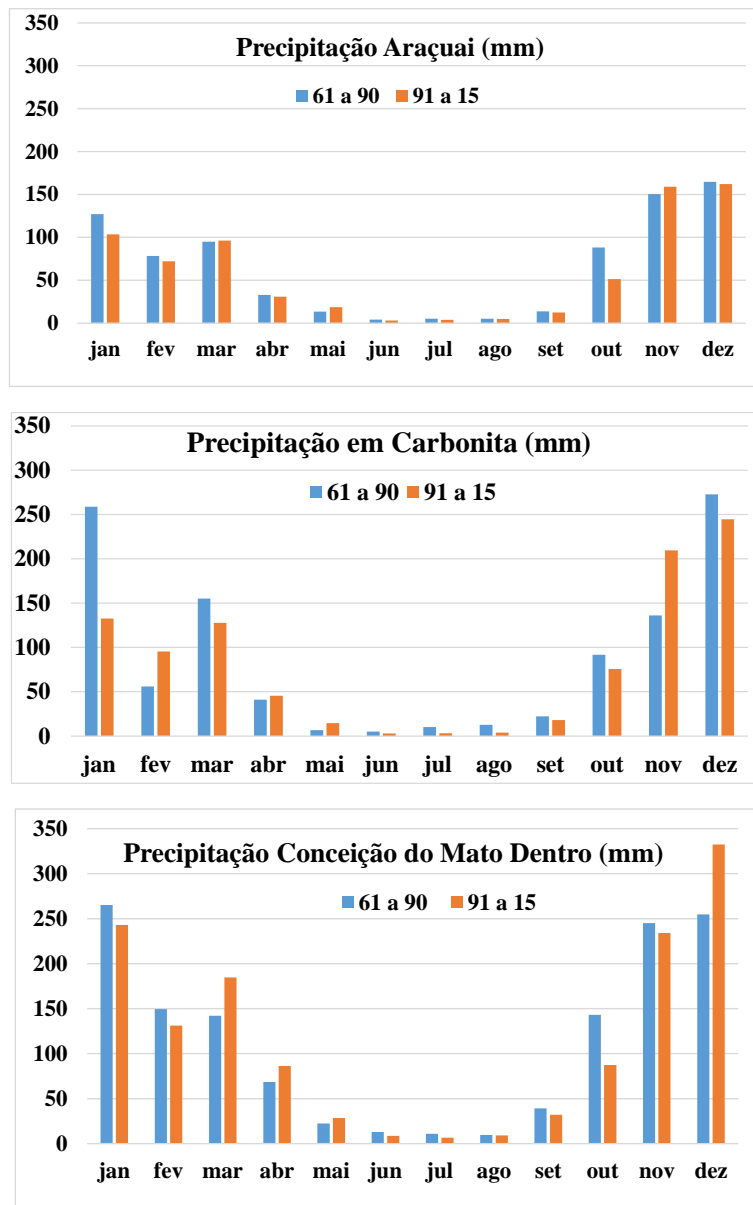


Figura 2. Precipitação mensal média em Araçuaí, Carbonita e Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, em mm, para os dois períodos de estudo (1961 a 1990, e 1991 a 2015).

Provavelmente também pode existir uma alteração no início e final da estação chuvosa (que está sendo objeto de estudo em outro trabalho). Existem procedimentos para a determinação do início e final da estação chuvosa (conforme critério proposto por SANSIGOLO, 1989) que para o estado de Minas Gerais pode ser considerada com a primeira data após primeiro de setembro ou outubro (dependendo do método) que tenha 20 mm de chuva em um ou dois dias consecutivos. Métodos mais rígidos ainda consideram a observação, após a referida data de início, se ocorre um período seco maior que 10 dias nos primeiros 30 dias após a data de início. Já o final da estação chuvosa pode ser determinado como a data de início de um período seco (sem chuva) de no mínimo 30 dias iniciado após 1 de fevereiro. Ainda pode-se entender que dia seco é aquele em que a precipitação é igual ou maior que 1mm, para solos argilosos, e 5mm, para solos arenosos (SANSIGOLO, 1989 e MINUZZI, et. al., 2007)

Na Figura 3 são apresentados os totais anuais de precipitação para as três localidades.

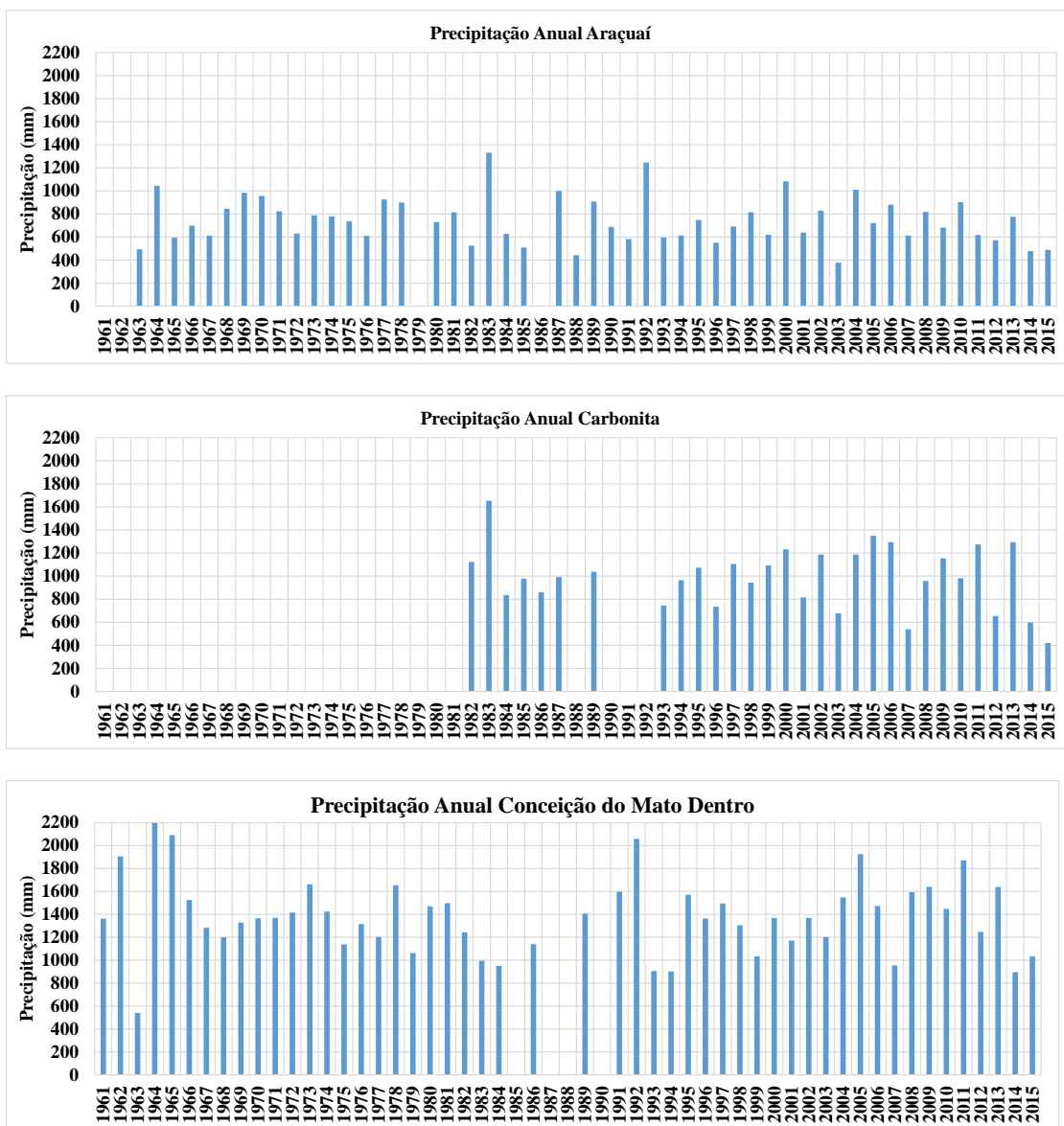


Figura 3. Precipitação total anual em Araçuaí, Carbonita e Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, em mm (anos com valores nulos foram descartados por falta de dados).

Os valores (Figura 3) nulos são correspondentes aos anos em que ocorreram falta de dados. Verifica-se, nesta figura, que ano mais chuvoso em Araçuaí foi o de 1983 (com 1331 mm) seguido por 1992 (com 1246 mm); e os com os menores valores foram os de 2003 (376 mm) e em 1988 (442 mm). Ainda nesta figura verifica-se para Conceição, que os anos mais chuvosos, para o primeiro período foram os de 1964 (2197mm), seguido por 1965 (2091mm) e por 1962 (1905mm); já para o segundo período 1992 o ano de maior volume de chuva (2058mm), seguido por 2005 e 2011 (1925 e 1871mm). Os menores valores para Conceição ocorreram em 1993 e 1994 (905 e 903mm), para o período de 1991 a 2015, e para o período de 1961 a 1990, ou melhor para todo o período estudado o menor valor anual de precipitação em Conceição foi no ano de 1963 com 539 mm, sendo esse o ano mais seco dos últimos 55 anos, para esta localidade. Para ARAÇUAÍ o ano de 1963 também foi muito seco, apesar de não superar o ano de 2003 em que choveu apenas 376 mm. Para Carbonita esta mesma análise só pode ser feita a partir de 1982, e o ano mais seco foi o de 2015 com 419 mm, e o mais chuvoso 1983 com 1653 mm. Para Araçuaí e Conceição os anos de 2014 e 2015 também apresentaram baixo valor de precipitação anual.

Na Tabela 4, observa-se que para Carbonita a erosividade anual foi de 8168 e de 7388 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para os períodos de 1961 a 1990 e para 1991 a 2015, enquanto que para Conceição do Mato Dentro a erosividade anual foi de 9136 e 9118 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ para os períodos de 1961 a 1990 e para 1991 a 2015, respectivamente. Esses valores indicam erosividade alta nos dois períodos (7357 < R ≤ 9810 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹), de acordo com a Tabela 2, mostrando desta forma que não houve mudança de classe erosiva de um para outro período de estudo. Para Araçuaí a erosividade anual foi de 5874 e de 5788 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (Tabela 4) para os períodos de 1961 a 1990 e para 1991 a 2015, respectivamente. Esses valores indicam erosividade moderada nos dois períodos (4905 < R ≤ 7357 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹).

Na Figura 4, observa-se que os maiores valores de erosividade mensal (EI30) ocorrem nos meses de novembro a janeiro e os menores nos meses de junho a agosto. Observa-se, na Tabela 4, redução significativa em outubro e aumento significativo em dezembro (ambos com significância de 1% pelo teste T de student), quando comparado os dois períodos de estudo.

Tabela 4. Para Araçuaí, Carbonita e Conceição do Mato Dentro (CMD) erosividade (EI30) mensal, anual (R), desvio padrão, máximo e mínimo

Araçuaí	Erosividade -EI30		Desvio padrão		EI30 Máxima		EI30 Mínima		Teste t e	
	(MJ.mm.ha-1.h-1)				(MJ.mm.ha-1.h-1)		(MJ.mm.ha-1.h-1)		Significância	
MÊS	1961a 1990	1991a 2015	1961a 1990	1991 2015	1961a 1990	1991a 2015	1961a 1990	1991a 2015		
JAN	1321	838	806	867	2429	2570	6	13	0,23306	ns
FEV	566	483	478	628	1531	2565	38	1	0,70308	ns
MAR	732	751	1081	828	3583	2807	0	30	0,93636	ns
ABR	146	119	209	110	643	405	0	0	0,54829	ns
MAI	46	76	42	187	132	739	0	0	0,48242	ns
JUN	7	4	10	6	36	22	0	0	0,37834	ns
JUL	8	4	24	7	97	31	0	0	0,41294	ns
AGO	10	10	34	34	136	170	0	0	0,97129	ns
SET	39	35	44	65	126	252	0	0	0,81337	ns
OUT	621	295	586	373	2095	1436	34	0	0,03425	*
NOV	1474	1598	1388	1321	4706	4722	21	127	0,75045	ns
DEZ	1766	1576	1813	1217	7537	4173	163	161	0,65854	ns
ANO	5874	5788	1533	1334	9554	9641	3825	3547	0,84286	ns
Carbo- nita	Erosividade- EI30		Desvio padrão		EI30 Máxima		EI30 Mínima		Teste t e	
	(MJ.mm.ha-1.h-1)				(MJ.mm.ha-1.h-1)		(MJ.mm.ha-1.h-1)		Significância	
MÊS	1961a 1990	1991a 2015	1961a 1990	1991 2015	1961a 1990	1991a 2015	1961a 1990	1991a 2015		
JAN	2624	1006	2064	1102	5472	5365	112,75	0,21	0,08644	ns
FEV	182	611	215	635	658	2508	48,07	0,00	0,00907	**

MAR	996	968	814	1389	2645	6721	151,24	31,33	0,94651	ns
ABR	147	180	206	216	612	798	1,25	0,08	0,69959	ns
MAI	8	43	14	96	36	436	0,00	0,00	0,09137	ns
JUN	9	2	20	3	56	11	0,00	0,00	0,36317	ns
JUL	16	3	29	6	73	28	0,00	0,00	0,24751	ns
AGO	28	8	53	21	149	76	0,00	0,00	0,33406	ns
SET	55	44	90	69	239	278	0,00	0,00	0,75436	ns
OUT	600	420	570	668	1920	3207	58,52	0,00	0,47528	ns
NOV	1353	1904	1473	1278	4776	4780	3,02	131,74	0,36656	ns
DEZ	2331	2390	2164	1697	7210	7956	619,27	352,89	0,94230	ns
ANO	8168	7388	1703	1960	10520	11834	5349	2910	0,32771	ns
CMD	ErosividadeEI30		Desvio padrão		EI30 Máxima		EI30 Mínima		Teste t e	
	(MJ.mm.ha-1.h-1)				(MJ.mm.ha-1.h-1)		(MJ.mm.ha-1.h-1)		Significância	
MÊS	1961a	1991a	1961a	1991	1961a	1991a	1961a	1991a		
	1990	2015	1990	2015	1990	2015	1990	2015		
JAN	2418	1854	1975	1412	7372	5536	32,65	106,68	0,30499	ns
FEV	867	681	1161	619	4244	1986	30,39	29,93	0,40760	ns
MAR	836	1205	1290	1166	4559	4246	21,72	30,80	0,23349	ns
ABR	265	331	384	342	1249	1619	0,00	23,18	0,47627	ns
MAI	36	74	78	123	300	483	2,01	0,45	0,17637	ns
JUN	25	10	49	20	171	94	0,00	0,00	0,18749	ns
JUL	18	9	13	27	36	135	0,00	0,00	0,42485	ns
AGO	17	13	51	26	186	117	0,00	0,00	0,66437	ns
SET	129	75	354	91	1322	277	0,06	0,00	0,33302	ns
OUT	792	338	611	326	1869	1112	18,53	12,65	0,00357	**
NOV	1803	1678	879	1099	3110	4432	245,85	0,00	0,69266	ns
DEZ	1930	2915	838	1525	3099	7157	126,52	494,87	0,00796	**
ANO	9136	9183	1453	1902	11098	12837	6955	5496	0,93106	ns

ns Não significativo. * Significativo 5% de probabilidade, teste de Student.

** Significativo 1% de probabilidade, teste de Student.

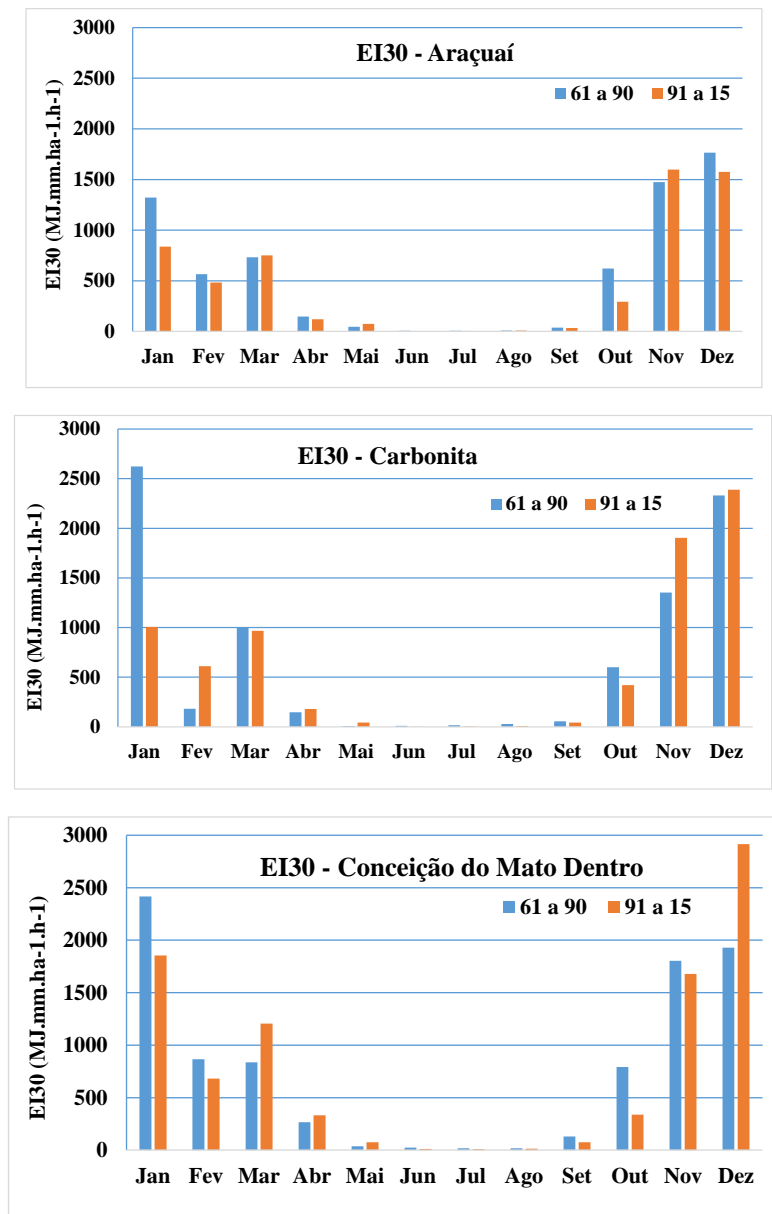


Figura 4. Erosividade mensal e anual em Araçuaí, Carbonita e Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, em MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹, para os dois períodos de estudo (1961 a 1990, e 1991 a 2015)

CONCLUSÕES

Quando comparado as precipitações mensais dos dois períodos de estudos de 1961 a 1990 e de 1991 a 2015, as mudanças foram significativas em alguns meses da sexta chuvosa (de outubro a março). Em outubro redução significativa em Araçuaí (1% pelo teste T de Student) e em Conceição de Mato Dentro (5% pelo teste T). Em Conceição teve-se um aumento significativo na precipitação de dezembro, e em Carbonita aumento significativo em fevereiro, mostrando desta forma uma alteração na distribuição da precipitação dentro da sexta chuvosa. Em outras palavras pode-se concluir que do total precipitado no semestre mais chuvoso tem se alterado, quanto a distribuição da precipitação, durante a sua ocorrência.

Quanto a erosividade mensal (EI30) esta apresentou alterações em poucas localidades, e apenas nos meses da sexta chuvosa. Em ARAÇUAÍ para o mês de outubro reduziu significativamente ao nível de 5% pelo teste T de Student. Em Carbonita a erosividade mensal aumentou significativamente do primeiro para o

segundo período de estudo no mês de fevereiro (ao nível de 1% de significância). Para Conceição do Mato Dentro redução significativa em outubro e aumento significativo em dezembro (ao nível de 1% de probabilidade pelo teste T de Student).

Devido a redução do valor precipitado em Araçuaí e em Conceição do Mato Dentro no mês de outubro o plantio para culturas sem irrigação deve ser pensado para o mês de novembro, e ou fazer o planejamento para irrigação suplementar.

Em Conceição do Mato Dentro, devido ao aumento da erosividade durante o mês de dezembro, deve-se ter o cuidado redobrado com as práticas de manejo de solo que visem a redução da erosividade da chuva.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de amparo à pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo apoio financeiro pela concepção da bolsa de iniciação científica do terceiro autor, o que permitiu que os dados fossem processados. Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados disponibilizados.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática de Minas Gerais. *Climatologia Agrícola, Informe Agropecuário*, v. 12, n. 138, p. 9-13. 1986.

BARBOSA, G.S.; IOST, C.; SCHIESSL, M.A.; MACIEL, G.F. Estimativa da erosividade da chuva (R) na Bacia Hidrográfica do rio Manoel Alves Grande localizado no cerrado tocantinense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belem, Pará: **Anais...** CBM, 2010.

CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C. A.; FRANCO, E. M.; VALCARCEL, R.; Bertol, I. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.7-14, 2005.

Cupolillo, F., 2008. Diagnóstico Hidroclimatológico da bacia do rio Doce. Tese (Doutorado). Belo Horizonte, Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). 153p.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce.** 1ª. ed. Saarbrücken - Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. v. 1. 224p

FOSTER, G.R.; MCCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C. (1981). "Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units". **Journal of Soil and Water Conservation**, v.36, pp. 355- 359.

GONÇALVES, Flávio Aparecido, M.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2002. Erosividade das chuvas no Estado do Rio de Janeiro. **Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa**, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae, VIÇOSA MINAS GERAIS – BRASIL 2002.

INMET-BDMEP - **Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: outubro 2016.

MINUZZI, R.B. SEDIYAMA, G.C.; COSTA, J.M.N; VIANELLO, R.L. Influência da La Niña na Estação Chuvosa da Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.3, p.345-353, 2007.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Vol. 17, n.1, junho/2002 - P. 1-10.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P, C. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba – RS: Livraria e editora Agropecuária Ltda. 2002. 478p.

REBOITA, M.S. Introdução à estatística aplicada à Climatologia – Parte III – Análise de séries temporais. Projeto PAE Universidade de São Paulo, 2005.

RIBEIRO, B.G., SOUZA, M.J.H., CUPOLILLO, F. Estimativa da erosividade da chuva em Diamantina – MG (1977-2009). In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011 Guarapari - ES. 2011. **Anais...CBAGRO**, 2011.

SANSIGOLO, A. S. Variabilidade Interanual da estação chuvosa em São Paulo. **Climanálise**, v. 4, n.9, p.40-43, 1989.

SANTOS, K. R.; DANTAS, D.; SOUZA, M.J.H; CUPOLILLO, F. Avaliação da erosividade da chuva em Curvelo, região central de Minas Gerais - ISBN 978-85-69341-01-7. In: XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2015, Lavras - MG. Agrometeorologia no século 21: O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros. Lavras - MG: **Anais...CBAGRO**, 2015. v. 1. p. 1407-1412.

SILVA, M.A.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SANTOS, G.R.; MARQUES, J.J.G.M.; MENEZES, M.D.; LEITE, F.P. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1029 - 1039, 2010.

SOUZA, M. J. H. **Caderno didático** de meteorologia e climatologia: precipitação. Diamantina - MG: UFVJM, 2005.

WISCHMEIER, W.H. e SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide planning**. **Agr. Handbook**, n.537, 58p, 1978.

ESTAÇÃO CHUVOSA E DURAÇÃO DOS VERANICOS PARA CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO, MINAS GERAIS

Maria José Hatem de Souza¹, Fúlvio Cupolillo², Raquel Silva Pereira³,
Jéssica Naiara Santos³, Jihan Murta Raslan³

¹Eng. Agrícola, Prof. Associada, Departamento de Agronomia, UFVJM, Diamantina-MG, (38) 99962 0428, mariahatem@yahoo.com.br, ²Geógrafo, Prof. D1 de Climatologia do IFMG, Campus Santa Luzia – MG, IFMG, fulvio.cupolillo@ifmg.edu.br

³Estudantes de Graduação em Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Diamantina, MG, raquelpereiraa@yahoo.com.br, jessy.dtna@hotmail.com, jihanflorestal@gmail.com.

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo estudar a estação chuvosa em Conceição do Mato Dentro (CMD), Minas Gerais, caracterizando a estação chuvosa e a duração dos veranicos. CMD está localizada a 740m de altitude, de relevo montanhoso, com serras a vales fluviais pouco ondulados. O Clima é tropical de altitude com chuvas de verão: verões quentes (Cwa) – Köppen - e subquente úmido de 3 meses secos - Nimer. Para um melhor manejo agrícola, florestal e ambiental da região são necessários estudos desta natureza, para melhor conhecer o regime pluviométrico durante a estação chuvosa. Determinou-se as datas de início e final da estação chuvosa e a duração dos veranicos na estação chuvosa (EC) com dados de 1961 a 2015 (INMET). Para CMD a estação chuvosa (EC) tem 80% de ter início após 28 de outubro, e 20% de se iniciar antes desta data (pelas metodologias 1 e 3). Pelas metodologias 2 e 4 existe 80% de probabilidade da EC se iniciar após 4 de novembro, e em contrapartida existe 20% de probabilidade da EC começar antes desta data. A EC tem-se uma chance de 80% de finalizar antes de 2 de maio, e 20% de finalizar após esta data. Em janeiro e fevereiro existe 90% de probabilidade de o veranico ser inferior a 16 e 18 dias, respectivamente. Estes dados são importantes para avaliar a data de plantio e desenvolvimento das culturas de sequeiro, evitando a época de veranicos mais intensos nas fases mais sensíveis das culturas à falta de água.

PALAVRAS-CHAVE: precipitação, estação chuvosa, veranico

TITLE: STATION RAINY AND DURATION OF THE DRY SPELL FOR THE CONCEPT OF MATO DENTRO, MINAS GERAIS

ABSTRACT: This work aimed to study the rainy season in Conceição do Mato Dentro (CMD), Minas Gerais, characterizing the rainy season and the duration of the dry spell. CMD is located at an altitude of 740m, with mountainous relief, with serras in low fluvial valleys. Its climate is tropical at high altitude with summer rains: hot summers (Cwa) - Köppen or humid subsurface of 3 months dry, Nimer (1989). For a better agricultural, forest and environmental management of the region, studies of this nature are necessary to better understand the pluviometric regime during the rainy season. The rainy season beginning and end dates and duration of summer in the rainy season (EC) were determined with dates from 1961 to 2015 (INMET). For CMD the rainy season (EC) has 80% of starting after October 28, and 20% of starting before this date (through methodologies 1 and 3). By methodologies 2 and 4 there is an 80% probability of CH starting after 4 November, and in contrast there is a 20% probability of CH starting before this date. The CE has an 80% chance of finishing before May 2, and 20% ending after this date. In January and February there is 90% probability of the summer being less than 16 and 18 days respectively. These data are important to evaluate the date of

planting and development of rainfed crops, avoiding the season of more intense dry spell in the most sensitive phases of the crop to the lack of water.

KEY WORDS: precipitation, rainy season, dry spell

INTRODUÇÃO

O clima é o “estado médio da atmosfera num determinado lugar, durante um longo período de anos, que considera desvios em relação as médias (variabilidade), condições extremas e as probabilidades de frequência de ocorrências dos fenômenos atmosféricos” (AYOADE, 2011, p.2). Ele influencia no regime pluviométrico, na fauna e flora, biomas, além de atividades humanas como a produção agrícola. Há inúmeros fatores que exercem influência sobre o clima de uma determinada região, a citar: Astronômico (estações do ano e radiação solar), Atmosférico (composição atmosférica), Geográfico (latitude, altitude, relevo, vegetação, correntes marinhas e maritimidade ou continentalidade) e a Antropogênico (ação humana). Tais fatores não podem ser estudados isoladamente para a definição de um clima, mas sim de forma conjunta.

Cada região possui um clima próprio, isso porque os fatores climáticos modificam os elementos do clima. Dentre esses elementos estão os movimentos ascendentes e descendentes de massas de ar, nos sentidos zonal e meridional, que se associam ao deslocamento mais rápido ou ao bloqueio dos sistemas frontais, promovendo chuvas intensas ou secas prolongadas. Na região Sudeste, o período de verão se caracteriza pela ocorrência das chuvas, cujo total de precipitação satisfaz normalmente as necessidades hídricas de desenvolvimento das grandes culturas. Porém, somente os dados de precipitação pluviométrica não fornecem uma precisa informação sobre o clima da região e sobre a existência de condições adequadas à prática de determinada cultura em regime de sequeiro (CARVALHO et. al. 1999).

O início, final e a duração da estação chuvosa e seca difere de região para região, dependendo das características climáticas e geográficas de cada local. O conhecimento do período da estação chuvosa e seca auxilia no planejamento de plantio e manejo das culturas agrícolas e florestais. Durante a estação chuvosa existe a ocorrência de dias secos, fenômeno denominado veranico. Este fenômeno pode provocar perdas de rendimento devido a estresse hídrico das plantas afetando a produção final de uma cultura. Dependendo da duração e da fase da cultura em que ocorre o veranico, a produção final pode ser seriamente afetada, devido a perdas de rendimento por estresse hídrico nas plantas (Neto e Vilela, 1986). Diante disto, estudos localizados para a caracterização da estação chuvosa e seus veranicos são necessários para um melhor planejamento e manejo agrícola e ambiental. Neste sentido este artigo teve por objetivo realizar este estudo para Conceição do Mato Dentro, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

A cidade de Conceição do Mato Dentro, está situada a 740m de altitude e a Estação climatológica Principal do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, está a 652 m de altitude. De relevo montanhoso, o município possui paisagens diversificadas, que variam de serras a vales fluviais pouco ondulados, seu clima é tropical de altitude com chuvas de verão: verões quentes (Cwa) de acordo com a classificações climáticas de Köppen (CUPOLILLO, 2015 e ALVARES, et. al., 2014) e subquente úmido de 3 meses secos (NIMER, 1989). O conhecimento destas características da região são

alguns dos fatores importantes na determinação da distribuição das precipitações e consequentemente, na determinação do período da estação chuvosa e seca.

Para a realização do presente trabalho utilizou-se a base de dados fornecida pelo Instituto Nacional de Meteorologia, Banco de Dados Meteorológicos para Pesquisa (INMET – BDMEP). A Estação de CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO - MG (OMM: 83589) tem -19.02 graus de latitude e -43.43 graus de longitude e Altitude 652.00 metros.

A cidade de Conceição do Mato Dentro, está situada a 740m de altitude. De relevo montanhoso, o município possui paisagens diversificadas, que variam de serras a vales fluviais pouco ondulados, seu clima é subtropical úmido (Cwa) de acordo com a Köppen e Geiger (ALVARES, et. al., 2014). O conhecimento destas características da região são alguns dos fatores importantes na determinação da distribuição das precipitações e consequentemente, na determinação do período da estação chuvosa e seca.

Para a realização do presente trabalho utilizou-se a base de dados fornecida pelo Instituto Nacional de Meteorologia, Banco de Dados Meteorológicos para Pesquisa (INMET – BDMEP). A Estação de CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO - MG (OMM: 83589) tem -19.02 graus de latitude e -43.43 graus de longitude e Altitude 652.00 metros.

Na determinação do início da estação chuvosa, foram utilizados dados de 1961 a 2014. Como um critério baseado apenas num determinado valor de precipitação pode acarretar um falso início, fez se necessário adicionar outras condições a definição para superar esse problema.

As datas inicial e final da estação chuvosa (IEC e FEC, respectivamente), foram determinadas conforme critério proposto por Sansigolo (1989), no qual, o seu início consta como sendo o primeiro dia, após uma data específica. Para o nosso estudo foram consideradas quatro definições alternativas para determinar o início das chuvas, sendo ela empregada para região sudeste do país, ou seja:

Metodologia 1- Primeira data depois de primeiro de setembro com mais de 20mm de precipitação em um ou dois dias consecutivos;

Metodologia 2- Primeira data depois de primeiro de setembro com mais de 20mm de precipitação em um ou dois dias consecutivos, sendo que nos próximos 30 dias não pode ocorrer um período seco maior que 10 dias;

Metodologia 3- A mesma definição do item 1, porém começando a partir de primeiro de outubro;

Metodologia 4- A mesma definição do item 2, porém começando a partir de primeiro de outubro.

Para determinação do final da estação chuvosa o critério utilizado foi o do primeiro dia de um período seco com pelo menos 15 dias de duração que termine após primeiro de março (SANSIGOLO, 1989)

Determinou-se para cada estação chuvosa a duração do veranico para os meses de novembro a fevereiro por se tratar da região Sudeste. Considerou para tal a maior sequência de dias secos iniciados em cada mês, sendo o dia seco aquela em que a precipitação pluviométrica é inferior a 1mm

Determinou-se para cada estação chuvosa a duração dos veranicos para os meses de novembro a fevereiro. Considerou-se para tal a maior sequência de dias secos iniciados em cada mês. Considerou-se dia seco aquele em que a precipitação pluviométrica foi igual ou inferior a 1 mm, uma vez que estas pequenas quantidades são duvidosas tanto em termos de confiabilidade com que é registrada como também em

termos de utilidade para cultura. Ordenou-se em ordem crescente de duração e calculou-se a probabilidade acumulada das IEC, FEC e duração dos veranicos mensais dentro da estação chuvosa – conforme metodologia apresentada por Costa, 1994, e Souza, 2005.

Para determinar a probabilidade de ocorrência (P) de um valor maior ou menor que um valor crítico, deve-se ordenar a sequência de dados em ordem crescente, e dividir o número de ordem (m) correspondente à posição do valor crítico pelo número total de dados (n) mais 1, isto é:

$$P = \left(\frac{m}{n + 1} \right) * 100.$$

Os dados (De 1961 a 2015) foram processados no software EXCEL e através das análises foram gerados as tabelas e os gráficos para análise.

Para gerar as curvas de probabilidade acumulada de duração de veranicos, de (1961 a 2014), foram excluídos os anos que não havia o conhecimento da duração, por falta de dados fornecidos pela INMET.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as datas de início de estação chuvosa para os anos de 1961 a 2014 para Conceição do Mato Dentro, MG, pelas quatro metodologias apresentadas anteriormente e também o final da estação chuvosa (EC) e as datas finais da EC. A letra N na tabela significa que não foram possíveis determinar devido falta de dados fornecidos pelo INMET.

Observa-se que a data de início da estação chuvosa mais precoce pela metodologia 1 foi em 04 de setembro em 1968 e de 2000, já a mais tardia foi 12 de novembro em 1986. Pela metodologia 2 a mais precoce em 9 de setembro de 1970 e a mais tardia em 29 de novembro de 1986. Pela metodologia 3 a mais precoce em 2 de outubro de 1965, 1968, 1976 e 2010 e a mais tardia em 12 de novembro de 1986. Pela metodologia 4 a mais precoce em 2 de outubro em 1965, 1968, 1976 e 2010 e a mais tardia 29 de novembro em 1986.

Observa-se que a data de início da estação chuvosa mais precoce pela metodologia 1 foi em 04 de setembro em 1968 e de 2000, já a mais tardia foi 12 de novembro em 1986.

A Tabela 1 ainda apresenta as datas de fim da estação chuvosa para os anos de 1962 a 2015. Os espaços com a letra N na tabela se referem aos dias do fim da estação chuvosa que não foram possíveis determinar devido a uma defasagem nos dados fornecidos pelo INMET.

Pode-se observar também que o fim mais precoce da estação chuvosa foi 16 de fevereiro em 1989 e o mais tardio foi 16 de junho em 1997.

Pela metodologia 2 a mais precoce em 9 de setembro de 1970 e a mais tardia em 29 de novembro de 1986. Pela metodologia 3 a mais precoce em 2 de outubro de 1965, 1968, 1976 e 2010 e a mais tardia em 12 de novembro de 1986. Pela metodologia 4 a mais precoce em 2 de outubro em 1965, 1968, 1976 e 2010 e a mais tardia 29 de novembro em 1986.

A Tabela 1 ainda apresenta as datas de fim da estação chuvosa para os anos de 1962 a 2015. Os espaços com a letra N na tabela se referem aos dias do fim da estação chuvosa que não foram possíveis determinar devido a uma defasagem nos dados fornecidos pelo INMET. Pode-se observar também que o fim mais precoce da estação chuvosa foi 16 de fevereiro em 1989 e o mais tardio foi 16 de junho em 1997.

Na Figura 1 são apresentados os totais precipitados em cada estação chuvosa (EC) e também a duração em dias.

Para a geração destes histogramas na Figura 1 considerou-se a data de início da estação chuvosa (IEC) a descrita na metodologia 1 (M1), em que Primeira data depois de primeiro de setembro com mais de 20mm de precipitação em um ou dois dias consecutivos, de acordo com o trabalho desenvolvido por Minuzzi et. al., 2007.

Observa-se na Figura 1 que a estação chuvosa (EC) de maior volume precipitado foi a de 1964/1965 com 1982 mm com uma duração de 244 dias; já a EC com maior duração foi a de 1996/1997 com 272 dias, sendo o total precipitado nesta EC de 1673mm, sendo classificado como o terceiro maior valor, superado pelas EC de 1964/1965 e 1977/1978, indicando, desta forma, que as chuvas da EC 1964/1965 foram mais intensas que as das outras duas EC mencionadas.

A EC menos intensa das estudadas foi a de 1975/1976 com 795 mm e duração de 125 dias, seguida pela EC de 2014/2015 que apresentou o segundo menor valor precipitado do período estudado, com 886,7mm e 156 dias, não sendo esta a segunda menor duração em dias, pois as menores durações foram 2001/2002, 1983/1984, 1975/1976, 1962/1963, 2011/2012.

Tabela 1: Datas inicial e final da estação chuvosa (IEC e FEC, respectivamente) em Conceição do Mato Dentro, pelas 4 metodologias (M)

	M1 - IEC	M2 - IEC	M3 - IEC	M4 - IEC		FEC
1961	28/out	31/dez	28/out	31/dez	1962	07/mai
1962	25/set	N	N	N	1963	25/fev
1963	28/out	28/out	28/out	28/out	1964	05/abr
1964	07/out	07/out	07/out	07/out	1965	10/jun
1965	02/out	02/out	02/out	02/out	1966	13/mar
1966	29/set	29/set	26/out	26/out	1967	20/fev
1967	30/out	30/out	30/out	30/out	1968	23/abr
1968	04/set	01/out	02/out	02/out	1969	07/mai
1969	21/set	11/out	11/out	11/out	1970	23/abr
1970	09/set	09/set	04/out	04/out	1971	23/mar
1971	03/out	03/out	03/out	03/out	1972	02/mai
1972	04/out	04/out	04/out	04/out	1973	16/abr
1973	26/set	26/set	19/out	19/out	1974	29/abr
1974	10/out	10/out	10/out	10/out	1975	19/abr
1975	09/out	09/out	09/out	09/out	1976	27/fev
1976	11/set	11/set	02/out	02/out	1977	N
1977	06/out	04/nov	06/out	04/nov	1978	17/jun
1978	12/out	12/out	12/out	12/out	1979	N
1979	18/set	29/out	29/out	29/out	1980	17/mar
1980	N	N	N	N	1981	01/abr
1981	10/out	10/out	10/out	10/out	1982	19/abr
1982	01/nov	09/dez	01/nov	09/dez	1983	N
1983	14/set	14/set	11/out	11/out	1984	10/abr
1984	20/out	21/nov	20/out	21/nov	1985	N
1985	N	N	N	N	1986	13/mar
1986	12/nov	29/nov	12/nov	29/nov	1987	N
1987	N	N	N	N	1988	N
1988	N	N	N	N	1989	16/fev
1989	06/out	06/out	06/out	06/out	1990	13/abr
1990	N	N	N	N	1991	05/abr
1991	21/set	21/set	01/nov	01/nov	1992	22/mar
1992	28/set	22/out	04/out	22/out	1993	27/fev
1993	25/out	25/out	25/out	25/out	1994	30/mai
1994	30/out	30/out	30/out	30/out	1995	24/mai
1995	07/out	07/out	07/out	07/out	1996	27/mar
1996	18/set	18/set	28/out	28/out	1997	16/jun
1997	27/out	14/nov	27/out	14/nov	1998	08/mai
1998	08/out	08/out	08/out	08/out	1999	19/mar
1999	07/nov	07/nov	07/nov	07/nov	2000	01/mai
2000	04/set	06/nov	07/out	06/nov	2001	21/mar
2001	20/out	20/out	20/out	20/out	2002	26/fev
2002	23/set	23/out	23/out	23/out	2003	16/abr
2003	24/out	24/out	24/out	24/out	2004	29/abr
2004	27/out	18/nov	27/out	18/nov	2005	27/mai
2005	01/nov	01/nov	01/nov	01/nov	2006	21/abr
2006	21/set	20/out	20/out	20/out	2007	21/fev
2007	20/out	21/nov	20/out	21/nov	2008	13/abr
2008	27/set	18/out	18/out	18/out	2009	21/fev
2009	22/set	22/set	18/out	18/out	2010	08/abr
2010	02/out	02/out	02/out	02/out	2011	14/abr
2011	06/out	06/out	06/out	06/out	2012	24/fev
2012	15/out	15/out	15/out	15/out	2013	26/abr
2013	18/set	09/out	09/out	09/out	2014	26/abr
2014	01/out	22/out	22/out	22/out	2015	06/mar

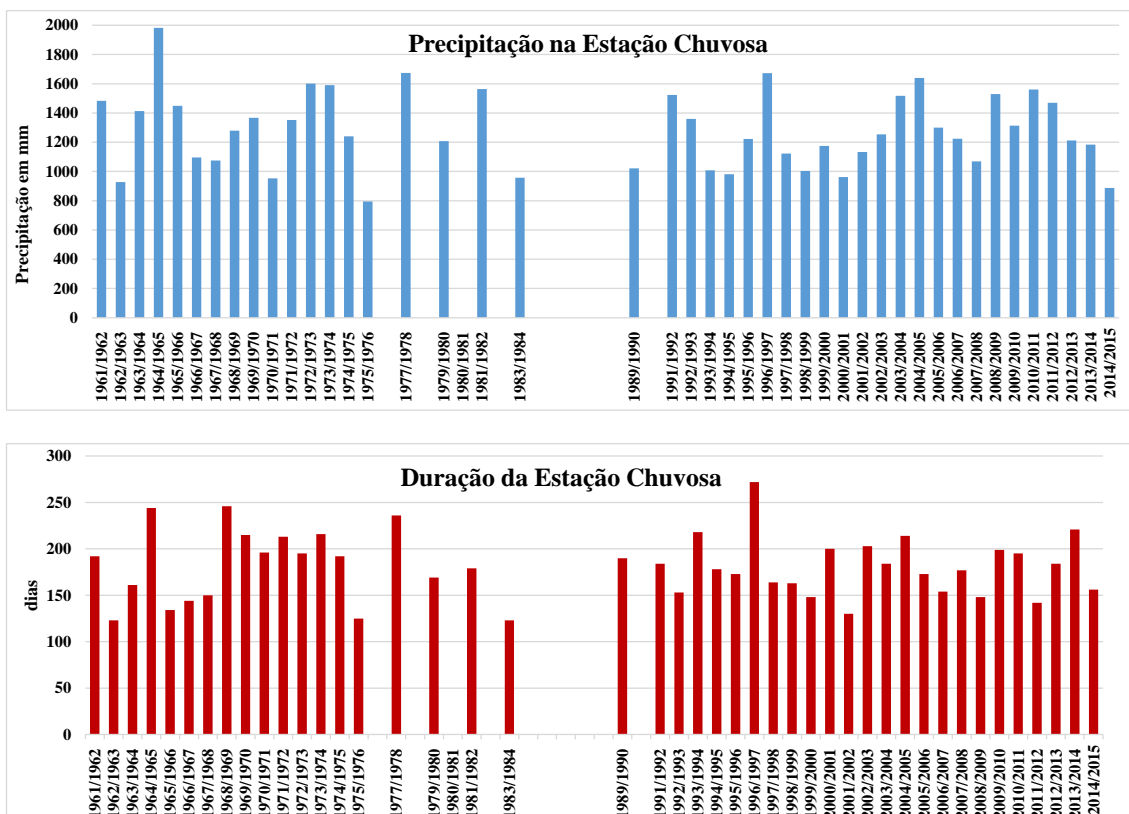
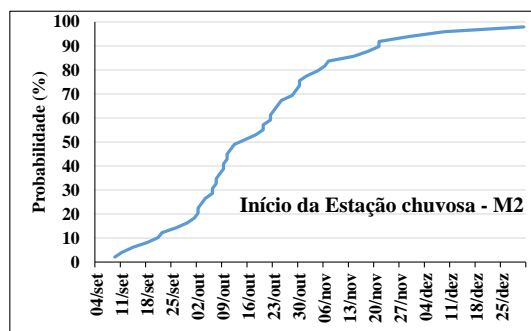
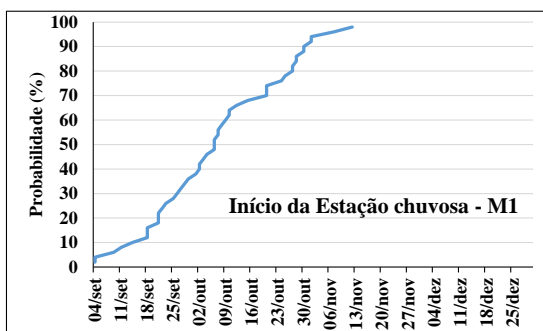


Figura 1. Total precipitado e duração da estação chuvosa, em dias, e na Estação Chuvosa em Conceição do Mato Dentro, MG - o início da estação foi determinado pela metodologia M1, os anos com valores nulos faltaram dados.

Na Figura 2 são apresentadas as curvas de probabilidade de início e final da estação chuvosa.

Observa-se na Figura 2 que pelas metodologias (M) 1 e 3, que existe 80% de probabilidade da estação chuvosa se iniciar após 28 de outubro, e em contrapartida existe 20% de probabilidade da EC começar antes desta data. Pelas M2 e M4 existe 80% de probabilidade da estação chuvosa se iniciar após 4 de novembro, e em contrapartida existe 20% de probabilidade da EC começar antes desta data. Já o final da EC tem-se uma chance de 80% da EC finalizar antes de 2 de maio, e 20% de chance de ela finalizar após esta data.



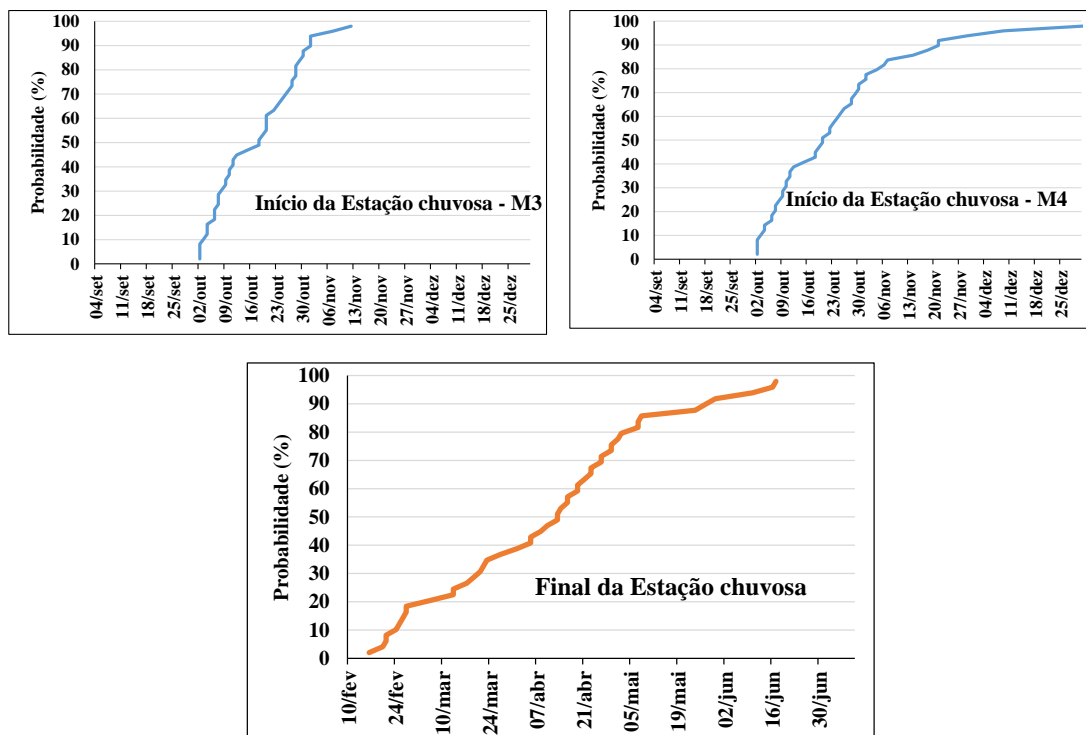


Figura 2. Curvas de probabilidade acumulada de início pelas 4 metodologias M1, M2, M3 e M4, e final da estação chuvosa em Conceição do Mato Dentro, MG.

A tabela 2 apresenta os dados de duração de veranico na estação chuvosa que se inicia em um ano e que finda no ano seguinte, compreendendo o período de 1961 a 2015.

A maior duração de veranico no mês de novembro foi de 14 dias e ocorreu em 1982. No mês de dezembro foi de 14 dias e ocorreu em 1961. No mês de janeiro foi de 20 dias e ocorreu em 2006. No mês de fevereiro foi de 26 dias e ocorreu em 1994. Já a menor duração de veranico no mês de novembro foi de dois dias e ocorreu em 1971, 1981, 1998 e 2006. No mês de dezembro foi de dois dias e ocorreu em 1962, 1984, 1995. No mês de janeiro foi de dois dias e ocorreu em 1992. No mês de fevereiro foi de dois dias e ocorreu em 1965, dentre os anos estudados.

Através da tabela 2 foram gerados quatro gráficos com a duração em dias do maior veranico nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, respectivamente, Figura 3. Ao observar esta figura é notório que no geral os veranicos são maiores nos meses de fevereiro e janeiro, e menores em novembro e dezembro; tendo como média de 6 dias para novembro e dezembro, e de 8 e 10 dias para janeiro e fevereiro, respectivamente. Conceição do Mato Dentro apresenta duas características que favorecem a uma precipitação alta na estação chuvosa (1291mm) e veranicos em alguns anos não muito longos. Ela se encontra localizada em uma posição geográfica que favorece as chuvas orográficas e convectivas, Em consequência desta precipitação a região apresenta lindas cachoeiras que são atraídas por turistas e aventureiros que gostam de desbravar as belezas naturais. Parece haver uma tendência de que a duração dos veranicos em janeiro e fevereiro estejam mais intensos com o passar dos anos, o número de ocorrência de veranicos em dias, deve ser objeto de estudo em outro trabalho no futuro, assim como a frequência de ocorrências diárias de precipitação.

Tabela 2: Duração de veranico (em dias), de novembro a fevereiro durante cada período de estação chuvosa

Estação chuvosa	Nov	Dez	Jan	Fev	Estação chuvosa	Nov	Dez	Jan	Fev
1961/1962	13	14	0	3	1988/1989	N	N	11	13
1962/1963	6	2	7	5	1989/1990	3	4	18	12
1963/1964	9	10	0	5	1990/1991	N	N	4	4
1964/1965	6	4	4	2	1991/1992	6	3	2	17
1965/1966	7	5	10	N	1992/1993	6	4	8	9
1966/1967	4	5	6	9	1993/1994	9	6	3	26
1967/1968	4	4	N	5	1994/1995	N	5	15	8
1968/1969	8	6	12	11	1995/1996	9	2	12	12
1969/1970	4	7	5	18	1996/1997	4	3	10	13
1970/1971	4	10	11	6	1997/1998	8	7	4	8
1971/1972	2	5	4	7	1998/1999	2	3	11	11
1972/1973	3	6	7	12	1999/2000	5	8	11	8
1973/1974	6	3	3	13	2000/2001	4	6	7	12
1974/1975	7	3	6	6	2001/2002	6	6	6	5
1975/1976	n	13	16	6	2002/2003	8	6	5	17
1976/1977	5	3	N	N	2003/2004	6	7	5	3
1977/1978	5	7	13	5	2004/2005	13	5	3	7
1978/1979	4	5	N	N	2005/2006	2	5	20	9
1979/1980	N	N	4	6	2006/2007	3	3	3	8
1980/1981	6	N	6	8	2007/2008	10	8	7	8
1981/1982	2	7	4	21	2008/2009	5	9	8	6
1982/1983	14	6	N	N	2009/2010	9	5	7	13
1983/1984	N	N	N	N	2010/2011	3	7	15	23
1984/1985	6	2	N	N	2011/2012	13	4	16	9
1985/1986	N	N	12	8	2012/2013	3	9	10	21
1986/1987	11	6	N	N	2013/2014	8	3	9	18

N – Falta de dados.

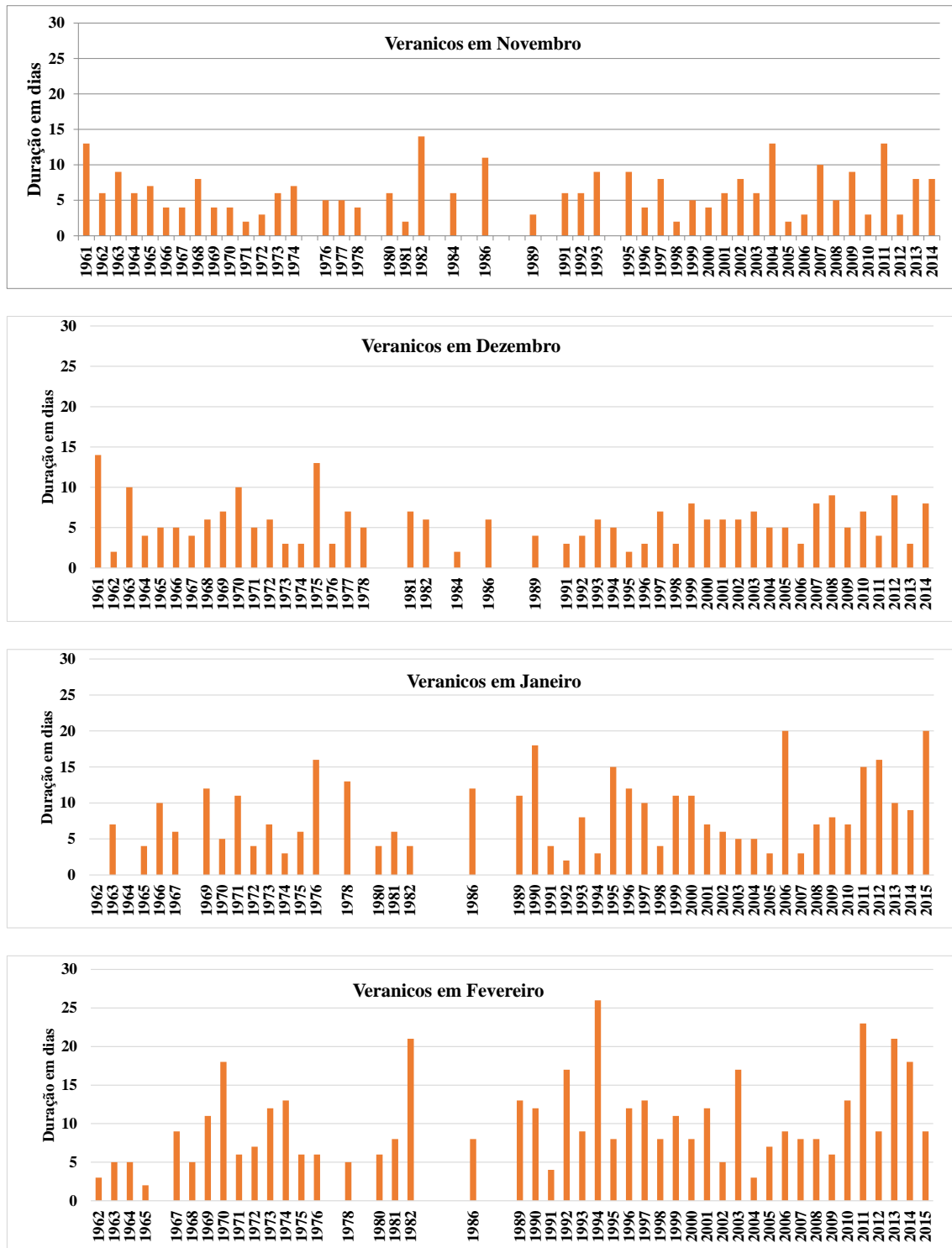


Figura 3. Duração do maior veranico em dias, nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

Na Figura 4 ilustra as curvas de probabilidade de duração dos veranicos para os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro em dias. Verifica-se nesta figura que

em novembro, para região de Conceição do Mato Dentro existe cerca de 70% de probabilidade de o veranico ser menor que 8 dias, ou seja, 30% de probabilidade de ser maior que 8 dias. Para o mês de dezembro cerca de 70% de probabilidade de o veranico ser menor que 7 dias. Em janeiro cerca de 90% de probabilidade de o veranico ser inferior a 16 dias. E por fim, em fevereiro, cerca de 90% probabilidade de o veranico ser menor que 18 dias.

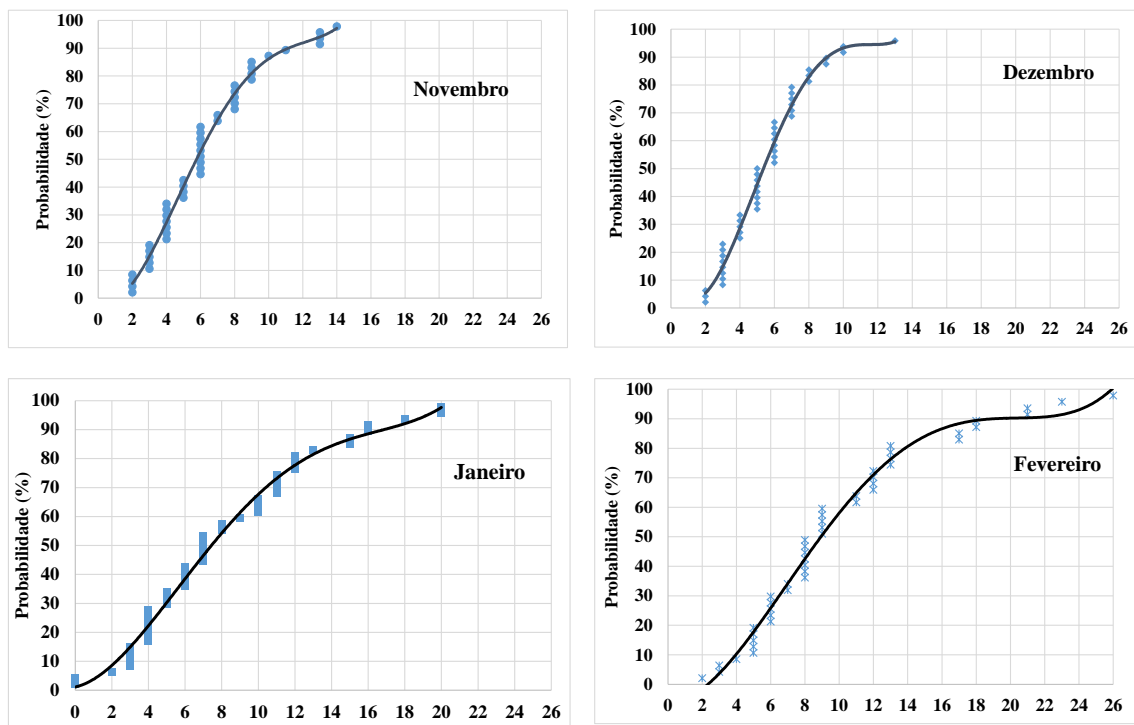


Figura 4. Curvas de probabilidade acumulada de duração dos veranicos para os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro para Conceição do Mato Dentro, MG.

CONCLUSÕES

A análise da estação chuvosa para o município de Conceição do Mato Dentro indicou que em um longo período (1961 a 2014), pela metodologia 1 a data de início variou entre as datas de 04 de setembro a 12 de novembro. Pela metodologia 2 variou entre as datas de 9 de setembro a 29 de novembro. Pela metodologia 3 essa variação foi entre as datas de 2 de outubro a 12 de novembro. Pela metodologia 4 a variação foi entre as datas de 2 de outubro a 29 de novembro. A data do fim da estação chuvosa, variou entre as de 16 de fevereiro a 16 de junho.

Para Conceição do Mato Dentro (CMD) a estação chuvosa (EC) 80% de ter início após 28 de outubro, e 20% de se iniciar antes desta data (pelas metodologias 1 e 3). Pelas metodologias 2 e 4 existe 80% de probabilidade da estação chuvosa se iniciar após 4 de novembro, e em contrapartida existe 20% de probabilidade da EC começar antes desta data. Já o final da EC tem-se uma chance de 80% da EC finalizar antes de 2 de maio, e 20% de chance de ela finalizar após esta data. Estas porcentagens podem ser utilizadas pelos produtores para avaliar a data de plantio e desenvolvimento das culturas de sequeiro, evitando a época de veranicos mais intensos nas fases mais sensíveis das culturas à falta de água.

A estação chuvosa (EC) de maior volume precipitado foi a de 1964/1965 com 1982mm com uma duração de 244 dias; já a EC com maior duração foi a de 1996/1997

com 272 dias, sendo o total precipitado nesta EC de 1673mm, sendo classificado como o terceiro maior valor, superado pelas EC de 1964/1965 e 1977/1978, indicando, desta forma, que as chuvas da EC 1964/1965 foram mais intensas que as das outras duas EC mencionadas.

A EC com menor pluviosidade das estudadas foi a de 1975/1976 com 795mm e duração de 125 dias, seguida pela EC de 2014/2015 que apresentou o segundo menor valor precipitado do período estudado, com 886,7mm e 156 dias, não sendo esta a segunda menor duração em dias, pois as menores durações foram 2001/2002, 1983/1984, 1975/1976, 1962/1963, 2011/2012.

A duração de veranico variou de 2 a 14 dias em novembro, entre 2 a 14 dias em dezembro, entre 2 a 20 dias em janeiro e entre 2 a 26 dias em fevereiro.

Os veranicos são maiores nos meses de fevereiro e janeiro, e menores em novembro e dezembro; tendo como média de 6 dias para novembro e dezembro, e de 8 e 10 dias para janeiro e fevereiro, respectivamente.

Parece haver uma tendência de que a duração dos veranicos em janeiro e fevereiro esteja aumentando com o passar dos anos, o número de ocorrência de veranicos em dias, deve ser objeto de estudo em outro trabalho no futuro, assim como a frequência de ocorrências diárias de precipitação.

Os veranicos são maiores nos meses de fevereiro e janeiro, e menores em novembro e dezembro; tendo como média de 6 dias para novembro e dezembro, e de 8 e 10 dias para janeiro e fevereiro, respectivamente.

Para Conceição do Mato Dentro existe cerca de 70% de probabilidade de o veranico ser menor que 8 dias, ou seja, 30% de probabilidade de ser maior que 8 dias. Para o mês de dezembro cerca de 70% de probabilidade de o veranico ser menor que 7 dias. Em janeiro cerca de 90% de probabilidade de o veranico ser inferior a 16 dias. E por fim, em fevereiro, cerca de 90% probabilidade de o veranico ser menor que 18 dias.

Estudos desta natureza são necessários em outras localidades de Minas principalmente em regiões mais áridas.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG e ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J.L.M., SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, No. 6, 711–728 (published online January 2014). Open Access Article by Gebrüder Borntraeger 2013.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Bertrand Brasil, 11ª edição, 2011. 322p

<Aspectos físicos e geográficos de Conceição do Mato Dentro – MG>. Disponível em: <http://cmd.mg.gov.br/aspectos-gerais/aspectos-fisicos-e-geograficos>. Acessado em: 10 de março de 2016.

CARVALHO, D. F. OLIVEIRA, M. A. A. SOUSA, S. A. V. CARVALHO, P. O. L. Estimativas de ocorrência de veranicos Seropédica, Vassouras e Piraí (RJ), e suas influências no rendimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cienc. e Agrotec.** Lavras, v.23, n.2. p. 323-330. 1999.

COSTA, M. H. Análise de dados de precipitação. **Caderno didático**, nº11. Viçosa: Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. 1994. 21p.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce**. 1ª. ed. Saarbrücken - Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. v. 1. 224p

INMET-BDMEP - **Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: março 2015.

MINUZZI, R.B., SEDIYAMA, G.C., COSTA, J.M.N., VIANELLO, R.L. Influência da La Niña na Estação Chuvosa da Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.3, 345-353, 2007.

NETO, P. C.; VILELA, E, A. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. Climatologia Agrícola, **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 138, p. 59-61. 1986.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 421 p.

MOTA, F. S. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel S. A. 1989. 376p.

SANSIGOLO, A. S. Variabilidade Interanual da estação chuvosa em São Paulo. **Climanálise**, v. 4, n.9, p.40-43, 1989.

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO NO CAMPUS DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO (UFRPE)

Raimundo Mainar de Medeiros¹, Ana Paula Xavier de Gondra Bezerra², Symone Maria Pancrácio Falcão³, João Hugo Baracuy da Cunha Campos⁴; Romildo Morant de Holanda⁵

¹ Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE, mainarmedeiros@gmail.com; ² Mestranda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE, anapaula.gondra@gmail.com; ³ Graduanda de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, monempf@gmail.com; ⁴Dr. em Recursos Naturais, Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, PB, jhugocampos@yahoo.com.br; ⁵ Dr. em Recursos Naturais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, romildomorant@gmail.com.

RESUMO: O sistema atmosférico vem sendo um dos mais afetados nesses últimos séculos, principalmente no que diz respeito ao seu estado de equilíbrio termoquímico, pois as diversas atividades antrópicas têm alterado sua composição química. As alterações ambientais presentes nos centros urbanos são as mais sentidas pela população e formam ilhas de calor que podem ocasionar microclimas específicos consequentemente o desconforto térmico. Devido a isso, o objetivo deste trabalho foi compreender a dinâmica do sistema climático urbano do campus da UFRPE, por meio da análise do campo térmico. A área de estudo foi campus da UFRPE por conter uma estação meteorológica, localizado no bairro de Dois Irmãos, em Recife. A metodologia consistiu no levantamento de dados de temperatura do ar e umidade relativa da área na estação seca da região, período de janeiro a fevereiro de 2017. Esses dados foram utilizados no cálculo do nível de desconforto térmico (IDT) baseado no Índice de Thom. Verificou-se o IDT para temperatura mínima nos meses em estudo, tiveram valores médios bem próximos, sendo 26,40 °C em janeiro, e 26,60° C em fevereiro e o IDT da temperatura máxima foram de 27,88 ° C em janeiro, e 28,10 ° C em fevereiro, demonstrando que em ambas ocorreu um desconforto térmico. Essa área possui níveis altos de umidade relativa devido à forte influência da vegetação de mata atlântica e baixo fluxo de pessoas e veículos, o que pode ter influenciado no desconforto térmico. Tal estudo, serve de base para uma melhor planejamento do espaço intra-urbano da área.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura do ar, Umidade Relativa, Microclima

EVALUATION OF THE THERMAL COMFORT INDEX IN THE CAMPUS OF THE FEDERAL RURAL UNIVERSITY OF PERNAMBUCO (UFRPE)

ABSTRACT: The atmospheric system has been one of the most affected in these last centuries, mainly in what concerns its state of thermochemical balance, since the diverse antropic activities have altered its chemical composition. The environmental changes present in the urban centers are the most felt by the population and form islands of heat that can cause specific microclimates consequently the thermal discomfort. Due to this, the objective of this work was to understand the dynamics of the urban climate system of the UFRPE campus, through the analysis of the thermal field. The study area was a UFRPE campus because it contained a meteorological station, located in the Dois Irmãos neighborhood of Recife. The methodology consisted in the data collection of air temperature and relative humidity of the area in the dry season of the region, from January to February, 2017. These data were used to calculate the level of thermal discomfort (RTD) based on the Thom Index. The RTD for minimum temperature was observed in the months under study, with mean values close to being 26,40 °C in January and 26,60 °C in February and the RTD of the maximum temperature were 27.88 ° C in January, and 28,10 ° C in February, demonstrating that both thermal discomfort occurred. This area has high levels of relative humidity due to the strong influence of Atlantic forest vegetation and low flow of people and vehicles, which may have influenced thermal discomfort. This study serves as a basis for better planning of the intra-urban space of the area.

KEY-WORDS: Air Temperature, Relative Humidity, Microclimate

INTRODUÇÃO

Dentre os fatores que influenciam na queda da qualidade de vida das populações, pode-se considerar a expansão acelerada das cidades sem o devido planejamento urbano. Atrelado a este fator, o crescente aumento da população urbana ocasionou uma série de problemas socioambientais principalmente nas condições climáticas desses locais (FREITAS, 2015; SANT'ANNA NETO, 2011).

Segundo SILVA et al. (2015), a rápida implantação de infraestrutura nas grandes cidades brasileiras sem planejamento urbano resultaram em impermeabilização dos solos; aumento do albedo, aumento da poluição atmosférica em função do fluxo de veículos e indústrias; aumento de precipitação; formação de ilhas de calor; e de forma mais intensa a supressão de vegetação para instalação de equipamentos urbanos.

Quando a dinâmica da população da cidade interfere nos elementos atmosféricos, na estocagem de calor e albedo, na evapotranspiração, e no balanço de energia na superfície, tem-se como resultado um microclima específico, conhecido como clima urbano, o qual é inerente a essas regiões. Tem como consequências fenômeno de ilhas de calor e de frescor, topoclimas e microclimas (ROVANI et al., 2010). Monteiro (1976) conceitua o Sistema de Clima Urbano como complexo, aberto e adaptativo com abrangência urbana, no qual é centrado na atmosfera sendo vista como *operador* do sistema e o homem *operando*.

Portanto, a compressão de fenômenos relacionados ao clima urbano, é um elemento importante para o planejamento do conforto térmico do ambiente urbano, que inclui a determinação e a descrição da composição de superfícies, a disposição dos seus elementos e a densidade de atividades/construções existentes alterando o ambiente natural (LABAKI et al., 2011).

Do ponto de vista ambiental, o planejamento urbano é fundamental, pois contribui para uma gestão urbana de áreas verdes, trazendo benefícios ao microclima urbano. Esse microclima é um desvio climático de uma região das características a ela atribuídas, ocasionado pelas modificações realizadas pelo homem no seu entorno (PAIVA; ZANELLA, 2013)

Muitos estudos evidenciam que a cobertura vegetal atua nesses microclimas contribuindo na melhoria do conforto térmico e ambiental, sob diversos aspectos; amenizando a radiação solar refletida para atmosfera; modificando a velocidade e direção dos ventos; reduzindo a poluição atmosférica e amplitudes térmicas; como também interferindo na umidade local (ARRUDA, 2010; ABREU, 2008).

Uma arborização adequada nos grandes centros urbanos atua como excelente regulador climático (LEAL, 2012). Além disso, são utilizadas como indicadores de qualidade de vida da população local, pois favorecem o desenvolvimento de atividades que por sua vez necessitam de uma estabilidade microclimática, contribuindo de forma positiva nos aspectos sociais, ecológicos e estético do ambiente (MARTINI et al., 2013).

Desse modo, as alterações microclimáticas estão diretamente relacionadas com o uso e ocupação do solo, bem como sua pavimentação e arborização, que dependendo da sua distribuição podem estabelecer condições favoráveis para o conforto térmico. ASHRAE (2001) define a condição de conforto térmico como um estado de espírito que reflete satisfação do indivíduo com o ambiente térmico no qual está envolvido.

No geral, os estudos sobre conforto térmico tanto em ambientes internos, quanto externos utilizam índices na determinação de faixas de sensação térmica, a partir de modelos baseados nas variáveis ambientais de temperatura e umidade relativa do ar. Tais índices visam indicar a condição de conforto/desconforto para um local em um determinado período.

Nesse contexto, a presente pesquisa tem como objetivo verificar a dinâmica do sistema climático urbano do bairro de Dois Irmãos em Recife-PE a partir da análise do campo térmico.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo foi o Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE localizado no bairro de Dois Irmãos, no estado de Pernambuco, precisamente no município de Recife (Figura 1). A área está inserida na Região Política Administrativa 3 (RPA 3), com área territorial de 585 ha² com a população residente de aproximadamente de 2.566 habitantes e limítrofe com o município de Camaragibe (PREFEITURA DO RECIFE, 2017).

O bairro de Dois Irmãos ainda possui um dos mais representativos remanescentes de Mata Atlântica da RMR, especialmente da cidade do Recife, com uma

expressiva cobertura vegetal que apesar das diversas pressões sofridas ao longo dos anos (implantação do anel viário da BR 101, além da ação predatória da população circunvizinha, p.ex.) desempenha ainda um papel fundamental na amenização do clima das áreas circunvizinhas e na manutenção de mananciais hídricos (SMAS, 2014).

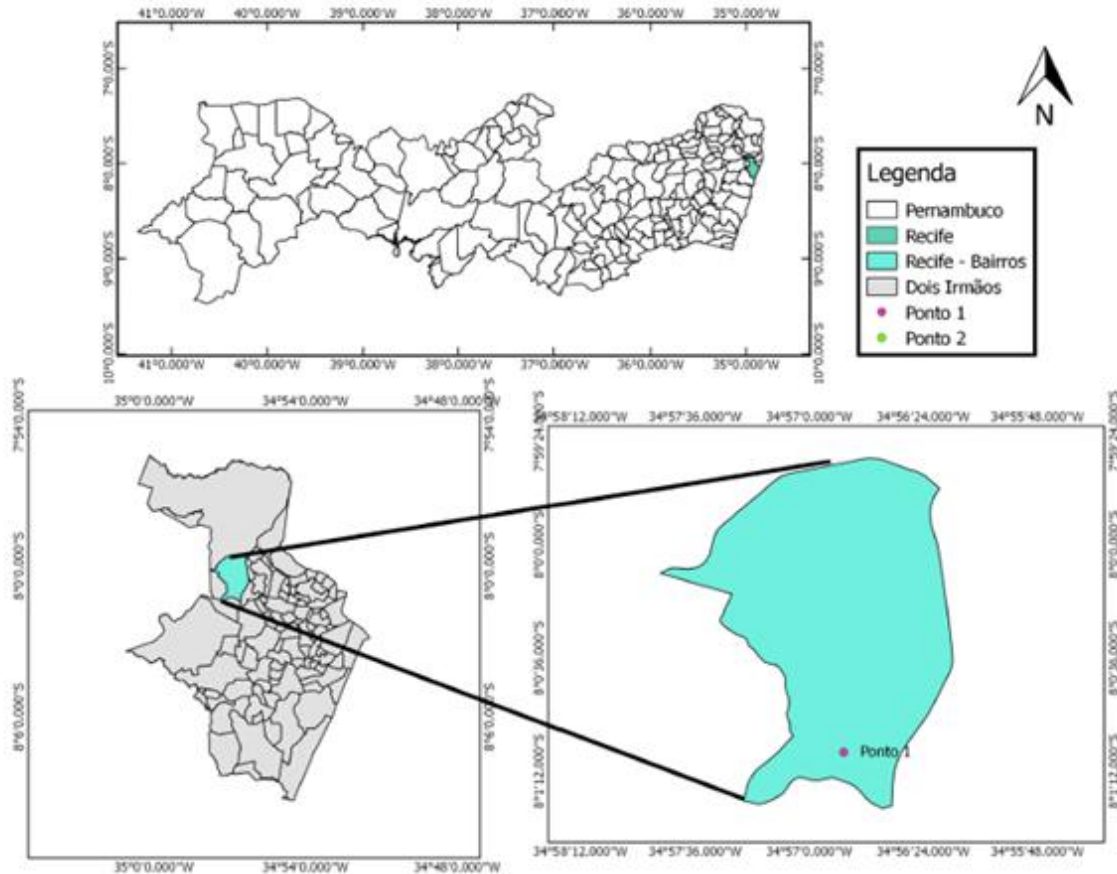


Figura 1. Localização do bairro de Dois Irmãos. Fonte: O autor, 2017.

O ponto de coleta dos dados do presente estudo compreende a Estação Meteorológica da UFRPE, localizada na Unidade de Conservação de Dois Irmãos do município de Recife. Foi criada de acordo com a lei municipal 16.176/96 e possui uma área de 467,82 hectares, considerada uma das mais expressivas parcelas de floresta litorânea de Pernambuco (PREFEITURA DO RECIFE, 2012).

Quadro1. Localização do ponto experimental.

PONTO	RPA	LATITUDE	LONGITUD E	ALTITUDE
Estação UFRPE	3	8°01'06''S	34°56'49''O	11m



Figura 2. Imagem do Ponto 1 – Estação da UFRPE.

Levantamento e análise dos dados

Foram considerados os dados de temperatura e umidade relativa do ar da Estação Meteorológica do UFRPE dos meses de janeiro e fevereiro de 2017, caracterizando o período climático verão com registros de 1h-1h. Essa estação é monitorada pela Pós-Graduação de Engenharia Agrícola da UFRPE.

A análise do clima urbano através de descrições físicas do espaço ocupado foi realizada com base na metodologia apresentada por Monteiro (1976); Katzschner (2002) e Costa (2007). A partir disso, foi realizada também uma observação *in loco* da área para estabelecer a configuração do uso e ocupação do solo no entorno da Estação Meteorológica.

Níveis de conforto térmico

Para analisar o nível de conforto térmico nos pontos monitorados, no período chuvoso, foi utilizado o índice bioclimático proposto por Thom (1959), mais comumente usado em estudos de clima urbano, para descrever a sensação térmica que uma pessoa experimenta devido às condições climáticas de um ambiente. Este índice oferece uma medida razoável do grau de desconforto para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar.

Na estimativa do índice de desconforto de Thom (IDT), em graus Celsius, a seguinte equação foi aplicada:

$$IDT=T-(0,55-0,0055UR)(T-14,5) \quad (1)$$

onde T é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%). Na caracterização do nível de desconforto térmico, foi utilizada a classificação proposta por Giles et al. (1990) e apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT).

Faixas	IDT (° C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 21,0	Sem desconforto
2	21,0 ≤ IDT < 24,0	Menos de 50% da população sente desconforto
3	24,0 ≤ IDT < 27,0	Mais de 50% da população sente desconforto
4	27,0 ≤ IDT < 29,0	A maioria da população sente desconforto
5	29,0 ≤ IDT < 32,0	O desconforto é muito forte e perigoso
6	IDT ≥ 32,0	Estado de emergência médica

Fonte: GILES; BALAFOUTIS (1990).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o uso e ocupação do solo na amostra experimental referente a Estação Meteorológica da UFRPE verificou-se que: o ponto está inserido num local em que o solo é exposto e composto por gramíneas, como também um cultivo experimental pequeno de cana-de-açúcar ; muito próximo (cerca de 100 metros) há também uma grande e densa cobertura vegetal que é a reserva de mata atlântica ; foi verificada uma pequena área impermeável constituída por concreto referente a uma edificação de um pavimento que por sua vez apresenta um baixo fluxo de pessoas e veículos e uma rua que não é pavimentada. Sendo a maior parte da área com solo permeável. Os dados referentes aos meses de janeiro e fevereiro de 2017 da Estação Meteorológica da UFRPE referentes as temperaturas máximas e mínimas do ar, e umidade relativa do local são apresentadas na Figura 3. Observou-se que os valores da temperatura média para o mês de Janeiro e Fevereiro de 2017 foram de 29,58 °C e 29,77 °C, respectivamente, com médias máximas de 30,24 °C e 30,44 °C e médias mínimas de 28,99 °C e 29,17 °C.

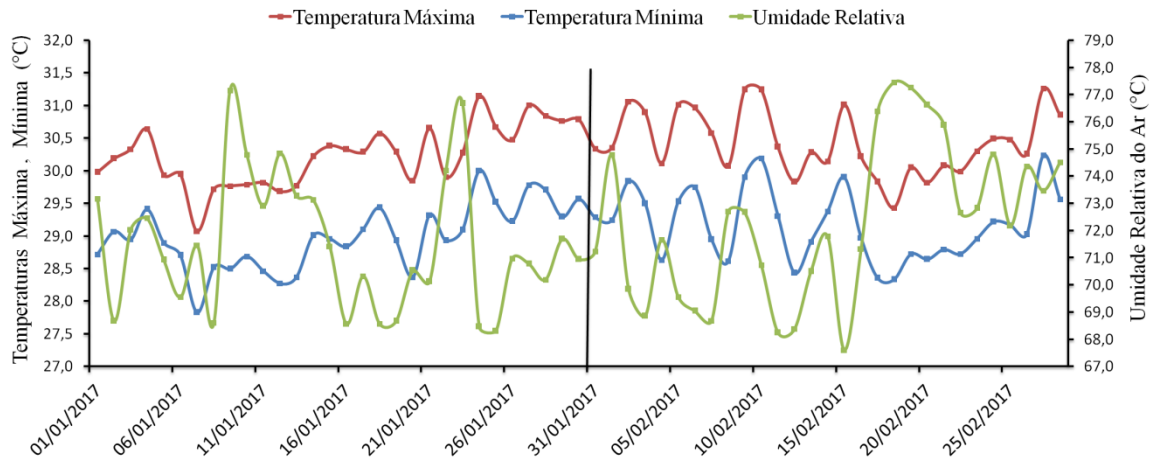


Figura 3. Temperaturas Máximas e Mínimas e Umidade Relativa referente aos meses de Janeiro e Fevereiro do ano de 2017.

Na maioria dos dias ocorreu aumento de temperatura e da umidade relativa (UR) indicando um possível desconforto térmico, conforme Sardo et al. (2013) condições de elevada ou baixa umidade relativa do ar pode ser prejudicial ao ambiente acarretando desconforto aos seres humanos.

Porém, houveram situações como em 15 de fevereiro que apresentou altas temperaturas (Figura 4), tanto de máxima quanto de mínima (31,01 ° C e 29,90 ° C) e 67,60 % de UR, a menor registrada em relação às médias mensais que foram de 71,44 % (janeiro) e 72,31 % (fevereiro).

A altas médias para a umidade relativa em torno de 70 % está associada à vegetação de mata atlântica que proporciona uma “amenização térmica” (SANTOS et al., 2012) no presente no bairro, como também ausência do fluxo de pessoas e veículos próximo à área da Estação Meteorológica.

O cálculo da sensação térmica permitiu a avaliação de desconforto térmico, conforme os índices de classificação propostos por Thom. Percebe-se que o índice da sensação térmica aumenta conforme a temperatura e umidade relativa do local, pois representa o quanto se sente realmente. Os valores médios de IDT para as temperaturas máximas foram de 27,88 ° C em janeiro, e 28,10 ° C em fevereiro, que segundo Giles et. al., (1990) indica um quadro de desconforto para a maioria da população (Figura 6), como também em nenhum dos dias houve uma sensação de conforto térmico (IDT < 21,0).

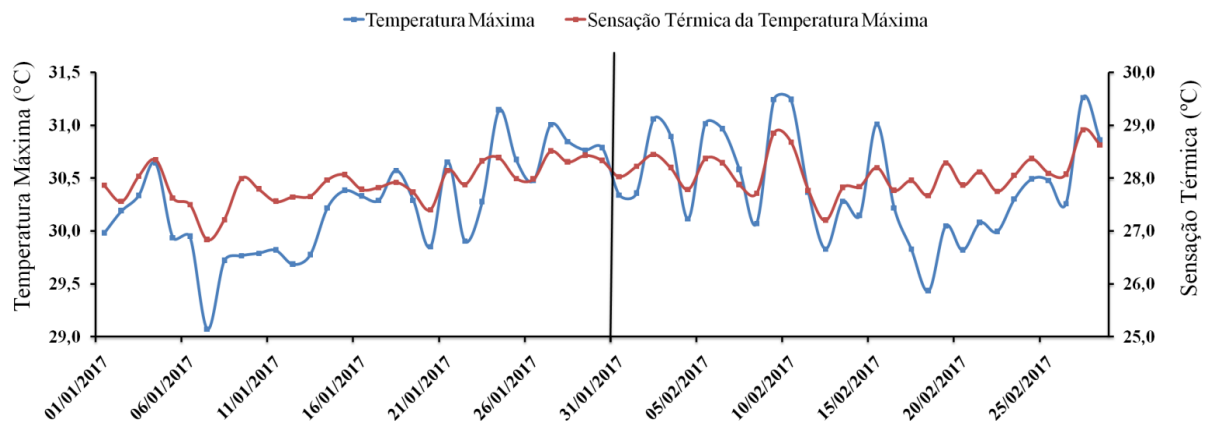


Figura 4. Temperaturas Máximas e Sensação Térmica referente aos meses de Janeiro e Fevereiro do ano de 2017.

Entretanto, o IDT para temperatura mínima nos meses em estudo, tiveram valores médios bem próximos, sendo 26,40 °C em janeiro, e 26,60° C em fevereiro (Figura 7). Tais temperaturas indicam que mais de 50% da população sente um desconforto térmico, GILES et al., (1990). Percebe-se que tanto nas máximas quanto nas mínimas temperaturas, não chegou a ser confortável em momento algum, de acordo com os parâmetros estabelecidos por Thom. É importante destacar que a sensação de conforto térmico, pela norma ISO 15.220-1, é definida como a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente, o qual, teoricamente, deveria estar proporcionando a condição de neutralidade térmica (ABNT, 2005).

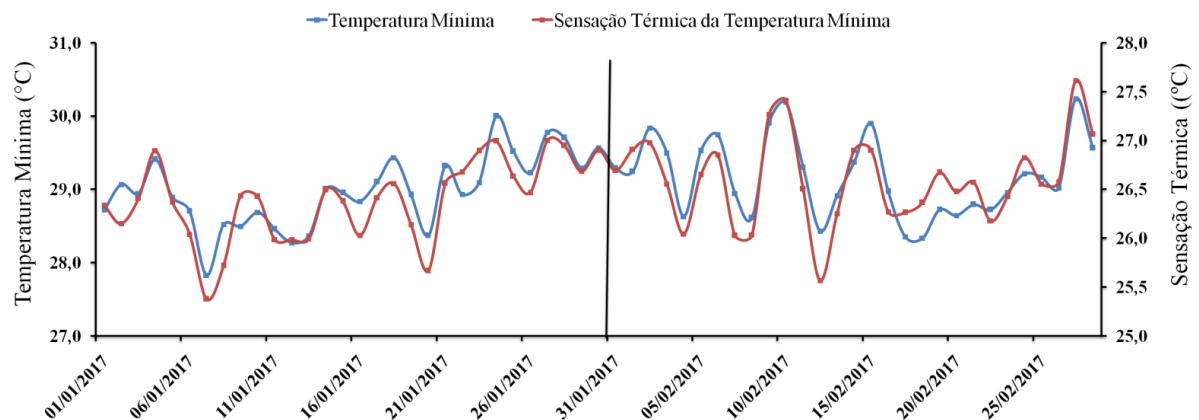


Figura 5. Temperaturas Mínimas e Sensação Térmica referente aos meses de Janeiro e Fevereiro do ano de 2017.

Arruda (2010), num estudo sobre a amenidade térmica proporcionada pela Reserva Ecológica de Dois Irmãos verificou que a velocidade dos ventos foi baixa no interior da Mata, pois a alta concentração de vegetação dificulta a circulação do ar como ocorre no caso da área do ponto em análise. Dessa forma, ocorre um efeito de “abafamento” na sensação térmica, devida umidade ser alta como no presente estudo justificando o quadro de desconforto térmico devido à dificuldade no processo natural de transpiração do corpo humano.

Os dados referentes a precipitação nos meses em estudo (Figura 6), apresentam um total de 34 dias com chuva com média de 0,9 mm/dia. Nos quais, os dias 7, 9 e 27 de janeiro e 22 de fevereiro, mostram níveis pluviométricos acima de 3 mm/dia sendo os mais elevados de ambos os meses. A ocorrência de precipitação elevada nesses dias influenciou portanto na UR que conforme a Figura 3, situou-se entre 70 e 78%, e consequentemente no quadro de desconforto térmico observado.

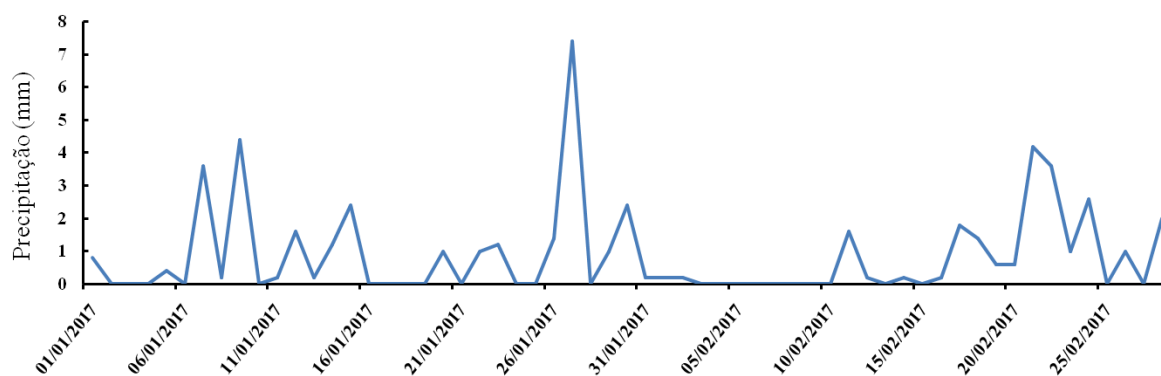


Figura 6. Precipitação ocorrida nos meses de Janeiro e Fevereiro do ano de 2017.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados parciais, conclui-se que o Ponto 1, referente à Estação Meteorológica da UFRPE no qual serve de controle para intensidade da ilha de calor urbano, apresenta alta Umidade Relativa por seu entorno apresentar forte influência da mata atlântica e baixo fluxo de pessoas e veículos. Como também, a análise da Sensação Térmica de tal ponto, demonstrou que existe um desconforto térmico para a população, mesmo a área possuindo uma densa cobertura vegetal.

Tal análise das condições microclimáticas possibilita um melhor planejamento e gestão ambiental do do espaço-intra urbano da área de estudo.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de PE (FACEPE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico(CNPq) e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-1: Desempenho térmico de edificações: parte 1: Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, maio 2005.

ASHRAE, American Society of Heating and Air Conditioning Engineers. Physiological principles for comfort and health. *In: Handbook Fundamentals*. Atlanta, 2001. p. 8.1 – 8.2.

ABREU, L.V. Estudo do raio de influência da vegetação no Microclima por Diferentes espécies arbóreas. 154 f. **Dissertação**(Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ARRUDA, K.E.C. Estudo da Amenidade Térmica Proporcionada pela Reserva Ecológica de Dois Irmãos, Recife – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 196-203, 2010.

COSTA, A. D.L..O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido. 225f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Civil), Unicamp, Campinas/SP. 2007.

FREITAS, A. Ilha de calor urbana: um estudo de caso no Campus IV da UFPB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8 , n. 3, p. 811 – 822, 2015.

GILES, B. D.; BALAFOUTIS, C. H. The Greek heatwaves of 1987 and 1988. **International Journal of Climatology**, v.10, n.1, p.505–517, 1990.

KATZSCHNER, L; BOSCH, U.; ROTTEGEN, M. Behavior of people in open spaces in dependency of thermal comfort conditions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE . **Anais, France, James & James Ltd.**, 2002, p.411-415.

LABAKI, L. C., SANTOS, R. F.S., BUENO-BARTHOLOMEI, C. L., ABREU, L. V.A. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Mudanças climáticas e o impacto das cidades: Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.

LEAL, L. A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR. 172 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MARTINI, A., BIONDI, D., BATISTA, A.C. Influência da arborização de ruas na atenuação dos extremos meteorológicos no microclima urbano. **Enciclopédia Biosfera – Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1685, 2013.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEO/USP, 1976.

PAIVA, F. I. B.; ZANELLA, M. E. Microclimas urbanos na área central bairro da Messejana, Fortaleza/CE. **Revista Equador** (UFPI), v. 2, n. 2, p. 153-172, 2013.

PREFEITURA DO RECIFE. Diretoria de Meio Ambiente Gerência de Gestão Ambiental. **Lista das Unidades de Conservação do Recife**. 2012. Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/Lista-das-Unidades-de-Conserva%C3%A7%C3%A3o-do-Recife.pdf>> . Acesso em: 10 jan. 2017.

PREFEITURA DO RECIFE. **Perfil dos Bairros do Recife**. Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/servico/perfil-dos-bairros>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

ROVANI, F.F.M., COSTA, E.R da, CASSOL, R., SARTORI, M. da G. B.. Ilhas de calor e frescor urbanas no bairro Camobi, Santa Maria/RS, em situação atmosférica de domínio da massa polar atlântica no inverno. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, p. 23 - 36, 2010.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, 2011.

SEMAS, Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Plano de Manejo – Parque Estadual Dois Irmãos.** 2014. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/1%20PLANO%20DE%20MANEJO%20com%20lei%2011%20622.pdf;10;20151015.pdf> . Acesso em: 10 jan. 2017.

SANTOS, J.S.; SILVA, V. P. R.; SILVA, E.R.; ARAÚJO, L.E.; COSTA, A.D.L. Campo Térmico Urbano e sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 3, p. 540-557, 2012.

SILVA, J. F. da; FERREIRA, H. S.; SANTOS, M. O.. Considerações sobre os estudos em clima urbano. **Revista Geama**, v. 2, n. 1, p. 156-170, 2015.

ANÁLISE DAS HORAS DE FRIO PARA MESORREGIÕES DO RIO GRANDE DO SUL

Maiara Braun Cardoso¹; Luciana Barros de Pinto²; Lucas Fernando C. da Conceição³

¹ Aluna da graduação de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, e-mail: maiarabrauncardoso@outlook.com; ² Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, e-mail:

luciana.pinto@ufpel.edu.br; ³ Mestrando em meteorologia no Programa de Pós Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, luucascarvalho93@gmail.com

RESUMO: As Horas de Frio é somatório do número de horas iguais ou inferiores a um determinado valor de temperatura. Para este estudo foi calculada o regime de horas de frio para temperaturas do ar abaixo de 7°C e 10°C no período de maio a setembro 18 localidades do Estado do Rio Grande do Sul, durante o período de 2007 a 2015. No período maio-setembro o número de horas de frio abaixo de 7°C variou de 128 a 863 horas, enquanto que abaixo de 10°C a variação ficou entre 281 e 1648 horas. As localidades que apresentaram maiores valores de Horas de Frio, pois estão localizadas em altitudes acima de 400m, com exceção das localidades situadas na região Sudoeste e na Campanha Oriental, apesar de menor altitude, se localizam na região onde ocorrem com uma maior frequência as entradas de massa de ar frio. As localidades com menor número de horas de frio foram Camaquã, Porto Alegre e Torres na região Metropolitana, Rio Grande na região Sudeste, Santa Maria e Rio Pardo na região Centro Oriental, Santo Augusto na região Noroeste, Bento Gonçalves na região Nordeste.

.PALAVRAS-CHAVE: agroclimatologia; regime térmico; clima.

ANALYSIS OF COLD HOURS TO MESO REGIONS OF RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT: The Cold Hours is the sum of the number of hours equal to or less than a certain temperature value. For this study was calculated the regime of cold hours for air temperatures below 7 ° C and 10 ° C in the period from May to September 18 locations in the State of Rio Grande do Sul, during the period from 2007 to 2015. In the period May-September the number of cold hours below 7 ° C varied from 128 to 863 hours, while below 10 ° C the variation was between 281 and 1648 hours. The locations that presented higher values of Cold Hours, since they are located at altitudes above 400m, except for the locations located in the Southwest and East Campaign, although lower altitude, are located in the region where the entries Of mass of cold air. The towns with the lowest cold hours were Camaquã, Porto Alegre and Torres in the Metropolitan region, Rio Grande in the Southeast, Santa Maria and Rio Pardo in the Eastern Center region, Santo Augusto in the Northwest region, Bento Gonçalves in the Northeast region.

KEY-WORDS: agroclimatology; thermal regime; climate.

INTRODUÇÃO

A temperatura do ar pode interferir em várias partes do sistema terrestre, como por exemplo, definindo a distribuição vegetal local e determinando o clima de cada região. Para as plantas cada processo vital é ajustado dentro de uma faixa de temperatura (LARCHER, 2006). No inverno onde apresenta as menores valores, tem-se

a paralisação do crescimento das plantas devido a queda na temperatura onde a planta passará por um estágio de dormência (MATZENAUER et al., 2005).

As horas de frio são estimadas como a quantidade de frio necessária para superar a dormência. O modelo mais usado para esta estimativa é utilizar a somatória diária das horas, considerando temperaturas iguais ou inferiores de 7,2°C para o período de maio a setembro (PUTTI et al., 2003). A importância de se estimar as horas de frio está em determinar a probabilidade de ocorrência de frio de cada local (HELDWEIN et al., 1989).

No Rio Grande do Sul (RS) as temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos bastante rigorosos, com ocorrência de geada e precipitação eventual de neve. As temperaturas médias variam entre 15 e 18°C com mínimas de até -10°C e máximas de 40°C no verão (MORENO, 1961; SILVA, 2010).

Sendo assim o objetivo geral deste trabalho é determinar o regime de horas de frio abaixo de 7° e 10 °C no RS, durante os meses de maio a setembro, no período de 2007 a 2015.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o cálculo da média de horas de frio de cada dia, foram utilizados neste estudo dados meteorológicos horários de temperatura mínima (Tmin) e temperatura máxima (Tmax), do período de 01 de maio a 30 de setembro, para os anos de 2007 a 2015, e a normal climatológica do INMET de 1961 a 1990, das estações meteorológicas do RS, pertencentes ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

A determinação dos períodos com horas de frio foi feita para dois diferentes limiares de temperaturas, um considerando as horas com a temperatura abaixo de 7°C e outro, com temperatura abaixo de 10°C, para os meses de maio a setembro. Foram seguidos os seguintes passos: 1) Cálculo das horas de frio diárias com base no somatório das horas em que apresentaram temperaturas médias abaixo de 7°C e 10°C; 2) Cálculo da soma de horas de frio de cada mês e a soma de horas de frio de cada período.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dados mensais, verifica-se que no período de maio a setembro os meses que apresentam os maiores valores de horas de frio são nos meses de junho e julho, sendo que, na maioria das localidades apresenta maiores valores no mês de julho. Nos meses de maio e setembro apresentam os menores valores de horas de frio para o período. Considerando-se os valores médios mensais do número de horas de frio abaixo de 7°C, o maior valor observado foi 220 horas no mês de julho em São José dos Ausentes, vindo a seguir Bagé com 177 horas, Canguçu com 173 horas, Jaguarão com 162 horas, Caçapava do Sul com 145 horas, Alegrete com 142 horas, Uruguaiiana com 141 horas e Lagoa Vermelha com 129 horas (Tabela 1). Para a temperatura de 10°C os valores para os mesmos locais foram respectivamente, de 379, 306, 324, 300, 251, 291, 251, 233 horas. Também se destacam no nível de 10°C, Passo Fundo com 237 horas e Camaquã com 233 horas no mês de julho (Tabela 1).

Comparando-se os resultados alcançados neste trabalho, com os obtidos por Matzenauer et al. (2005), verifica-se na maioria dos locais avaliados, as diferenças são pequenas, variando em torno de 15% para mais para menos. No entanto, para algumas localidades, as diferenças observadas são maiores. É o caso de Uruguaiiana onde se verificou que os valores obtidos neste trabalho são superiores aos verificados por Matzenauer et al. (2005). Estes autores obtiveram, respectivamente, valores de 294 horas abaixo de 7°C e 691 horas abaixo de 10°C, para o período de maio a setembro.

Neste trabalho os valores foram respectivamente, de 369 abaixo de 7°C e 804 horas abaixo de 10°C, para os mesmos períodos, portanto valores maiores.

As localidades que apresentaram os maiores valores de horas de frio foram São José dos Ausentes na região Nordeste, Bagé e Uruguaiana na região Sudoeste, Canguçu, Caçapava do Sul e Jaguarão na região Sudeste, Alegrete na Campanha Central, Lagoa Vermelha na região Nordeste. A localidades que apresentaram maiores valores de Horas de Frio pois estão localizadas em altitudes acima de 400m, com exceção das localidades situadas na região Sudoeste e na Campanha Oriental, apesar de menor altitude, se localizam na região onde ocorrem, com uma maior frequência as entradas de massa de ar frio. As localidades com menor número de horas de frio foram Camaquã, Porto Alegre e Torres na região Metropolitana, Rio Grande na região Sudeste, Santa Maria e Rio Pardo na região Centro Oriental, Santo Augusto na região Noroeste, Bento Gonçalves na região Nordeste.

Tabela 1. Soma Mensal do número de Horas de Frio para temperaturas menores de 7°C e 10°C, no período de maio a setembro do período de 2007 à 2015 das estações automáticas do Rio Grande do Sul.

Localidade	Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro	
	<7°C	<10°C	<7°C	<10°C	<7°C	<10°C	<7°C	<10°C	<7°C	<10°C
Alegrete	46	114	107	212	142	251	77	168	28	76
Bagé	61	127	128	282	177	306		254		146
Bento Gonçalves	36	118	86	215	119	219	84	176	28	86
Caçapava do Sul	31	109	81	226	145	291	106	240	37	112
Camaquã	31	99	71	183	118	233	69	179	18	72
Canguçu	37	126	105	266	173	324	122	275	43	145
Erechim	34	111	80	181	114	219	85	159	37	96
Jaguarão	49	128	114	242	162	300	87	226	34	102
Lagoa Vermelha	50	152	105	221	129	233	99	189	45	118
Passo Fundo	38	118	96	215	125	237	89	178	36	96
Porto Alegre	13	41	31	119	58	168	23	103	3	30
Rio Grande	23	76	68	173	104	221	40	147	7	42
Rio Pardo	20	71	54	149	78	185	40	135	11	49

Santa Maria	32	101	92	186	94	195	60	152	23	70
Santo Augusto	27	27	69	69	97	97	63	63	26	26
São José dos Ausentes	127	320	210	360	220	379	179	308	127	280
Torres	24	24	76	76	105	105	63	63	20	20
Uruguaiana	34	100	96	210	141	251	77	178	22	65

CONCLUSÕES

O Rio Grande do Sul possui uma grande variabilidade no regime de horas de frio. Identificando regiões que tem uma maior chance para desenvolvimento da fruticultura. As regiões com um maior valor de número de horas de frio são Centro Ocidental, Nordeste, Sudoeste e Sudeste.

REFERÊNCIAS

HELDWEIN, A. B.; ANGELOCCI, J. R.; ESTEFANEL, V.; SNHEIDER, F. M.; BURIOL, G. A. Avaliação de modelos de estimativa de horas de frio para Santa Maria, RS, **Revista Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, p. 45-92, 1989.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos. Ed: Rima, 2006. 550 p.

MATZENAUER, R.; BUENO, A. C.; MALUF, J. R. T.; WREGE, M. S.; VIANA, D. R.; SANTOS, M.; CUNHA, L. F. Regime anual e estacional de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 13, n. 1-2, p. 11-16, 2007.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, p: 42.

PUTTI, G. L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M. E. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira, **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 25, n. 2, p. 210-212, Agosto 2003.

SILVA, M. V. **Análise sazonal de regime hidrológico do Rio Grande do Sul no período de 1977 a 2006: impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico do Estado em 2006**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Pós - Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E DO NÚMERO DE DIAS DE CHUVA EM ALMINO AFONSO-RN.

¹José Espínola Sobrinho, Docente UFERSA, Av. Francisco Mota, 572- Bairro Costa e Silva, Mossoró, RN, jespinola@ufersa.edu.br; ²Talyana Kadja de Melo, Doutoranda em Manejo de Solo e Água- UFERSA, Av. Francisco Mota, 572- Bairro Costa e Silva, Mossoró, RN, talyanakadja@hotmail.com; Francisco Ernesto Sobrinho, Docente UFERSA, Av. Francisco Mota, 572- Bairro Costa e Silva, Mossoró, RN, ernesto@ufersa.edu.br; Ana Luzia Medeiros Luz Espínola, Arquiteta UFERSA, Av. Francisco Mota, 572- Bairro Costa e Silva, Mossoró, RN

RESUMO: Tendo em vista a grande irregularidade das chuvas na região nordeste, e a grande importância em se conhecer a distribuição da precipitação pluviométrica, objetivou-se com o presente trabalho, analisar a relação entre a precipitação e o número de dias de chuva no município de Almino Afonso-RN, visando gerar informações que possam servir de indicativo para uma maior otimização do uso da água da chuva. Os dados foram obtidos de uma Estação Meteorológica particular, localizada no sítio Serra de São Miguel, durante o período de 1984 a 2016. As correlações entre os números de dias de chuva e a precipitação foram analisadas através de análise de regressão utilizando-se para tal o software Excel. Durante o período estudado, os meses que apresentaram a maior precipitação foi janeiro, fevereiro, março e abril, cujo total pluviométrico médio foi 678,3 mm distribuídos em apenas 35 dias ao longo dos quatro meses. A partir de maio houve uma tendência de diminuição de os parâmetros analisados. Os meses de agosto, setembro, outubro e novembro, foram os menos chuvosos, com média de 27,9 mm em 6 dias. Conclui-se uma tendência significativa de acréscimo na precipitação e no número de dias de chuva no 1º trimestre do ano, no 2º trimestre houve tendência inversa, ou seja, redução tanto no volume precipitado, como no número de dias de chuva. Assim, o período mais chuvoso do ano concentra-se entre os meses de janeiro e abril, e o período mais seco do ano entre os meses de agosto e novembro.

PALAVRAS-CHAVE: Clima. Correlação. Pluviometria.

ANALYSIS OF THE PRECIPITATION AND NUMBER OF RAIN DAYS IN ALMINO AFONSO-RN.

ABSTRACT: Considering the great irregularity of the rains in the northeast region, and the great importance of knowing the distribution of rainfall, the aim of this work was to analyze the relationship between precipitation and the number of rainy days in the municipality of Almino Afonso-RN, aiming to generate information that can serve as indicative for a greater optimization of the use of rainwater. The data were obtained from a particular Weather Station located on the Serra site during the period 1984 to 2016. The correlations between the number of rainy days and precipitation were analyzed through regression analysis using the Excel software. During the study period, the months that presented the highest rainfall were January, February, March and April, with a mean rainfall of 678.3 mm distributed in only 35 days over the four months. As of May there was a tendency of decrease of both parameters analyzed. The months of August, September, October and November were the least rainy, with 27.9 mm in 6 days. There was a significant increase in precipitation and in the number of rainy days in the 1st quarter of the year, in the second quarter there was an inverse trend, that is,

reduction of both precipitation and the number of rainy days. It is concluded, therefore, that the rainiest period of the year is between the months of January and April, and the driest period of the year between August and November.

KEY-WORDS: Climate. Correlation. Pluviometric.

INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil é conhecido como uma região seca, em que a maioria da população sobrevive da agricultura de sequeiro. Dessa forma, o sucesso das culturas implantadas depende da regularidade e quantidade das chuvas. As variabilidades espacial e temporal da precipitação pluvial nas regiões áridas e semiárida são fatores limitantes para a agricultura de sequeiro (GRAEF; HAIGIS, 2001). As altas variabilidades da precipitação pluvial e do número de dias de chuva são fatores limitantes na agricultura de sequeiro nas microrregiões localizadas nas áreas semiáridas do Nordeste do Brasil (SILVA et al., 2011). Assim, o conhecimento do regime pluviométrico de uma região, no que concerne à duração e ao final da estação chuvosa, e a possibilidade de se conhecer períodos mais susceptíveis a estiagem (veranicos) dentro dessa estação, são fundamentais para a elaboração de um calendário agrícola e a implementação de projetos agrícolas.

As irregularidades no regime pluviométrico são provocadas pelas mudanças da frequência e/ou intensidade dos eventos de precipitação. O melhor entendimento do comportamento da precipitação pluvial, com vistas ao seu aproveitamento máximo nas atividades agrícolas, pode ser obtido com o estudo do número de dias de chuva (SILVA et al., 2011).

A variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial, ainda tem sido pouco estudada, apesar de sua importância no sentido da formulação de estratégias de combate aos efeitos da seca no semiárido. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento da precipitação e do número de dias de chuva no município de Almino Afonso – RN, visando gerar informações que possam servir de indicativo para otimização da água da chuva na região.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Almino Afonso está localizado na microrregião de Umarizal no estado do Rio Grande do Norte. A sede do município está a 6° 09' 08" S de latitude e 37° 45' 58" W de longitude e a uma altitude de 236 m. Segundo a classificação climática de Koppen-Geiger, o clima da região é classificado como Aw (clima tropical com estação seca).

Foram utilizados os dados de precipitação pluviométrica e número de dias de chuva referentes ao período de 1984 a 2016, obtidos por uma estação meteorológica particular situada no sítio Serra de São Miguel (06° 12' 35,7" S; 037° 45' 41,2" W; 433 m). Para cálculo da média do número de dias de chuva, não foram considerados os dias nos quais não ocorreram precipitações pluviométricas, ou seja, os dias em que os valores registrados foram iguais a 0mm.

Os dados de precipitação e do número de dias de chuva foram analisados em termos de totais anuais e totais mensais. Para isso, foram calculadas as médias de precipitação e do número de dias de chuva para o período anual e mensal, como também

as correlações entre o número de dias de chuva e o total de precipitação, nas duas escalas. As análises foram realizadas no software Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 pode-se observar o comportamento da precipitação pluviométrica e do número de dias de chuva ao longo do período analisado (1984 a 2016). Verifica-se que houve tendência de redução, tanto da precipitação quanto do número de dias de chuva, entre o início e o final do período. Os maiores registros foram verificados nos anos de 1985 e 1994, com valores bem acima da média histórica para a localidade, que é de 936,0 mm.

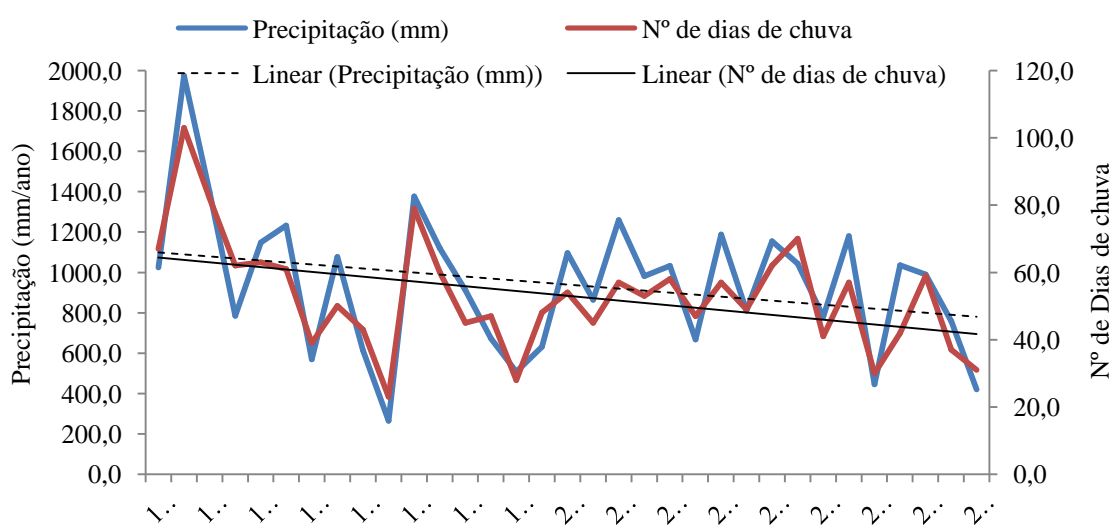


Figura 1. Precipitação pluviométrica anual e Número de dias de chuva, durante o período de 1984 a 2016 em Almino Afonso-RN.

Uma das metodologias mais precisas para se medir o tipo e o grau de correlação entre duas variáveis é por meio do coeficiente de correlação (R^2) (OLIVEIRA; SANTOS; SANTOS, 2014). Na Figura 2 pode-se observar os valores dos coeficientes de correlação obtidos entre a precipitação pluviométrica e o número de dias de chuva considerando-se os totais anuais (a) e mensais (b). Obteve-se um melhor coeficiente ($R^2=0,9844$) quando se considerou os totais mensais, comparados com os totais anuais ($R^2=0,8135$). Isto pode ser explicado estatisticamente, uma vez que quanto maior o número de dados analisados e correlacionados há uma tendência de diminuição do grau de correlação, devido à maior dispersão dos dados, apesar disto, para ambas as escalas, obteve-se boa correlação entre a precipitação pluviométrica ocorrida e o número de dias de chuva na região estudada.

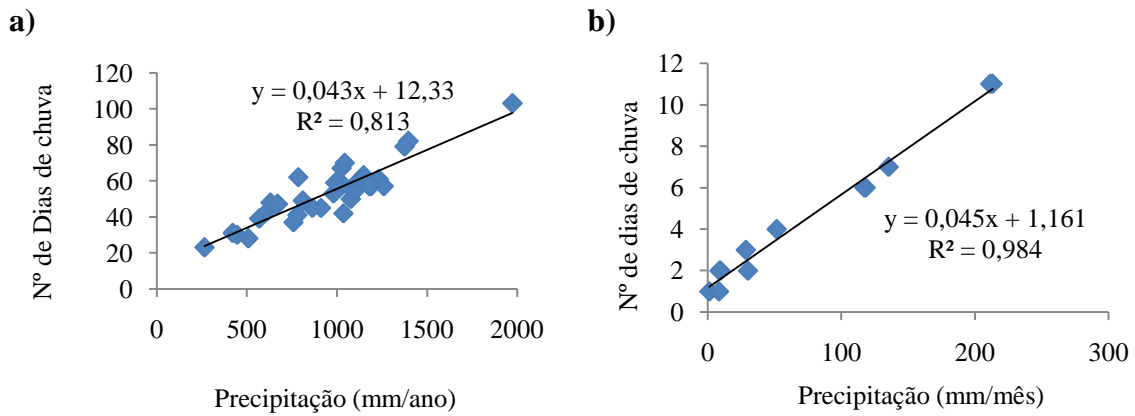


Figura 2. Correlação anual (a) e mensal (b) entre os valores acumulados da precipitação pluviométrica e do número de dias de chuva, durante o período de 1984 a 2016 em Almino Afonso-RN.

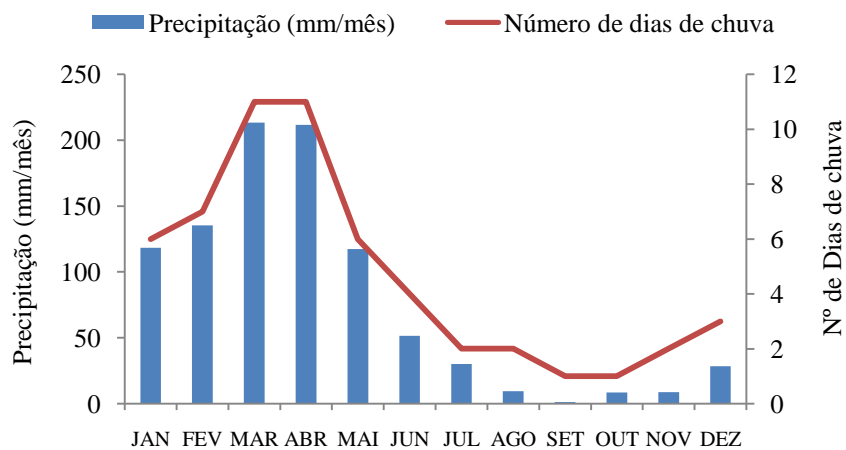


Figura 3. Comportamento anual da precipitação pluviométrica e do número de dias de chuva médios mensais, durante o período de 1984 a 2016 no município de Almino Afonso-RN.

A distribuição mensal da precipitação e do número de dias de chuva pode ser observada através da Figura 3. Verificou-se tendência significativa de acréscimo na precipitação e no número de dias de chuva no 1º trimestre do ano, no 2º trimestre houve tendência inversa, ou seja, redução tanto da precipitação como do número de dias de chuva. A partir do mês de agosto, observaram-se as menores precipitações e número de dias de chuva, que voltaram a aumentar a partir do mês de dezembro, com o início do verão no Hemisfério Sul. Percebe-se na região em estudo, a existência de dois períodos distintos; um chuvoso e úmido, entre os meses de Janeiro e Junho, e outro bastante seco, entre os meses de julho e dezembro. Silva, Lúcio e Spyrides (2012), analisando a distribuição espacial da precipitação no estado do Rio Grande do Norte (Seridó, Litoral e Oeste), verificaram a mesma tendência da distribuição verificada neste trabalho durante o 1º trimestre do ano, porém, diferente no 2º trimestre, onde o mês mais chuvoso e o mais seco foram observados em meses diferentes dos deste trabalho, o que evidencia a irregularidade da distribuição da precipitação pluviométrica, tanto espacial como temporal, dentro do estado do Rio Grande do Norte.

CONCLUSÕES

Após a análise dos dados, verificou-se a existência de dois períodos distintos; um chuvoso e úmido, entre os meses de Janeiro e Junho, e outro bastante seco, entre os meses de julho e dezembro. Concluiu-se, ainda, que o mês mais chuvoso ao longo do período estudado foi março enquanto que o mais seco foi o mês de setembro. Dos 33 anos estudados, 1985 foi o ano mais chuvoso, 1975 mm, enquanto que 1993 destacou-se como ao ano mais seco, 264 mm. Observa-se, também uma alta correlação estatística entre a precipitação pluviométrica e o número de dias de chuva, verificando-se a mesma tendência temporal entre os dois parâmetros.

REFERÊNCIAS

GRAEF, F.; HAIGIS, J. Spatial and temporal rainfall variability in the Sahel and its effects on farm management strategies *Journal of Arid Environments*, v. 48, p. 221-231, 2001.

OLIVEIRA, V. G.; SANTOS, D. C.; SANTOS, C. A. C. Análise da precipitação e do número de dias de chuva no município de Jaguaruana-CE. In: I WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2014, Campina Grande. Anais. Campina Grande-PB, 2014.

SILVA, V. P. R. et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 131-138, 2011.

SILVA, C. M. S.; LÚCIO, P. S.; SPYRIDES, M. H. C. Distribuição espacial da precipitação sobre o Rio Grande do Norte: Estimativas via satélites e medidas por pluviômetros. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, n. 3, p. 337-346, 2012.

ESTUDO ANUAL DA PLUVIOMÉTRIA EM PAUDALHO – PE, BRASIL

Maria Carolina da Silva¹ Mirella Alexandre Viana² Raimundo Mainar de Medeiros³, Vicente de Paula Silva⁴, Romildo Morant de Holanda⁵

¹ Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mcskrol@gmail.com; ² Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mirellaviana@hotmail.com; ³ Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; ⁴ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE, e-mail: vicenteufrpe@yahoo.com. ⁵ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE, e-mail: romildomorant@gmail.com

RESUMO: Neste estudo foram analisadas as variáveis climáticas através do estudo da pluviometria anual e histórica do município de Paudalho – PE no período 1968- 2015 visando sua contribuição ao armazenamento de água de chuva e a agricultura familiar. Os dados pluviométricos foram obtidos da APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima) compreendendo ao período de 1968 a 2015. Calcularam-se as médias, desvio padrão, coeficiente de variância, máximos e mínimos valores absolutos da área de estudo. Apesar das irregularidades interanuais, Paudalho tem cota pluviométrica superior aos 1.000 mm ao ano, portanto, deve-se realizar o planejamento para captura e armazenamento de água de chuva visando o melhor aproveitamento das chuvas locais em contribuição à agricultura familiar.

PALAVRAS-CHAVE: diagnóstico, flutuação interanual, agricultura.

ANNUAL PLUVIOMETRIC STUDY IN PAUDALHO - PE, BRAZIL

ABSTRACT: In this study, they were analyzed as climatic variables through of the annual and historical pluviometry of the municipality of Paudalho - PE in the period 1968-2015 and this our contribution to rainwater storage and family farming. The rainfall data were obtained from the APAC (Pernambuco State Agency for Water and Climate), covering the period from 1968 to 2015. For the study area were calculated a average, standard deviation, coefficient of variance, maximum and minimum absolute values. In spite of the interannual irregularities, Paudalho has rainfall above 1,000 mm per year, therefore, planning for rainwater capture and storage should be carried out in order to better utilize local rainfall in contribution to family agriculture.

KEY-WORDS: diagnosis, interannual fluctuation, agriculture

INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial tem grande importância como variável climática e possui maior variabilidade espaço-temporal. Por essas características, a análise de eventos extremos de precipitação diária máxima anual está diretamente ligada a danos severos a diversas atividades humanas em praticamente todas as regiões do mundo, por causa do seu potencial provedor de saturação hídrica do solo, escoamento superficial, erosão e perda de vidas humanas conforme o IPCC (2007) e Tammets et al (2013).

Tem-se como objetivo analisar as variáveis climáticas através do estudo da pluviometria anual e histórica do município de Paudalho – PE do período 1968- 2015 visando sua contribuição ao armazenamento de água de chuva e a agricultura familiar.

MATERIAL e MÉTODOS

O município de Paudalho encontra-se inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe. Seus principais tributários são: os rios Capibaribe, Sampaio e Goitá, além dos riachos: Gameleira, Pau Amarelo, Barrigão dos Macacos, Araçá, Piação, Murioga, Fortaleza, Dendê, Cavalcante, Vargem Grande, Caipora, Caiana, Jacaré do Cajueiro, Tabaruma, Tabatinga, Pitangueiras, Camurim e Córrego Verde. Os principais corpos de acumulação são os Açudes: Cursáí (7.624.000m³), Pau Amarelo, Zumbi, Tabaruma, Bicopeba, Carvalho e as barragens: do Ora e do Goitá. Os principais cursos d'água no município têm regime de escoamento perene e o padrão de drenagem é o dendrítico. (CPRM, 2005).

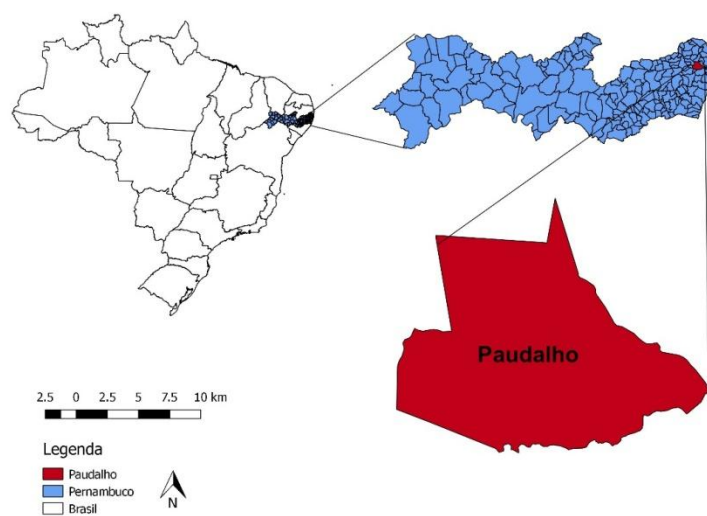


Figura 1. Localização do município de Paudalho dentro do estado de Pernambuco. Fonte: CPRM (2005).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema meteorológico provocador de chuvas. As formações dos sistemas de Vórtices Ciclones de Altos Níveis (VCAN) quando de suas formações nos meses de fevereiro a abril e com suas bordas sobre o NEB, em especial acima do estado do Pernambuco, aumenta a cobertura de nuvem e provoca chuvas de alta intensidade e curto intervalo de tempo, causando prejuízos às comunidades com inundações e afetando os setores socioeconômicos e agropecuários (MEDEIROS, 2016).

Os dados pluviométricos foram obtidos a partir da APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima) compreendendo o período de 1968 a 2015.

Calcularam-se as médias, desvio padrão, coeficiente de variância, máximos e mínimos valores absolutos da área de estudo. Utilizou-se planilha eletrônica para a elaboração gráfica e sua análise. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo tropical com estação seca (AS). Segundo a classificação climática de Thornthwaite o clima é do tipo seco subúmido (C₁s).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 2 traz a variabilidade pluvial e seus percentuais referentes aos anuais. Os meses de março a agosto contribuem com 77% dos índices anuais de precipitação o que equivale a 954,3 mm de água que devem ser armazenados pelo sistema de captação

de água de chuva. Nos meses de setembro a fevereiro tem-se 23% dos índices anuais de precipitação, entretanto, para que o sistema de captação de água de chuva seja viável é necessário que se mantenha o sistema limpo e preparado para a captação destes índices que ocorrem em forma de chuvisco ou chuvas, onde as intensidades fracas que ocorrem em curtos intervalos de tempo, são correspondentes a um volume de 269,4 mm.

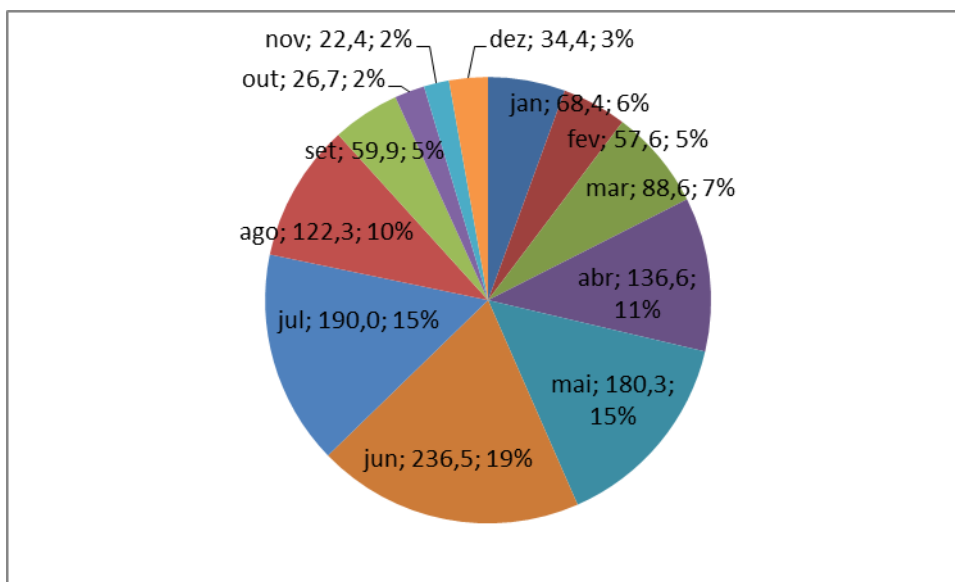


Figura 2. Flutuação pluviométrica mensal histórica e seus percentuais do município Paudalho-PE.

De acordo com a figura 3 as variabilidades pluviométricas são irregulares quando analisadas interanualmente. Destacando-se o ano de 1986 com 2100 mm, 2000 e 2011 com aproximadamente 1900 mm, 1978, 1985 e 1989 com aproximadamente 1700 mm e 1988 com 350 mm, os anos de 1980, 1993, 1998 e 1999 com aproximadamente 700 mm e o ano de 2015 com chuvas abaixo da normal.

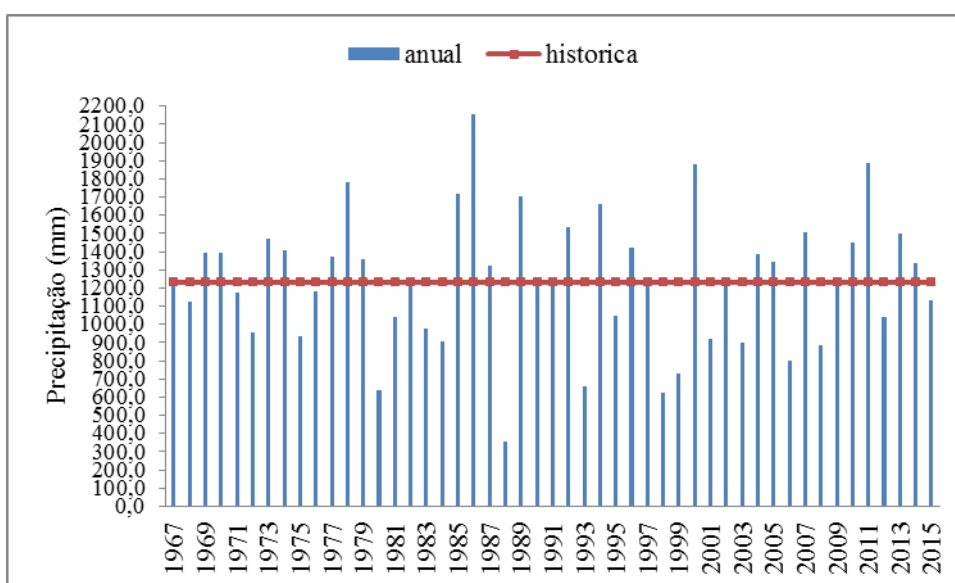


Figura 3. Variabilidade pluviométrica anual e histórica do município Paudalho-PE.

CONCLUSÃO

A partir da análise da distribuição pluviométrica da região Nordeste do Brasil e em especial da região de Paudalho, visando-se à identificação de padrões de chuvas, conclui-se que medidas preventivas contra as secas e armazenamento de água para sobrevivência humana e agricultura familiar devem ser adotadas.

Apesar das irregularidades interanuais, Paudalho tem cota pluviométrica superior aos 1000 mm ano, portanto, deve-se realizar um adequado planejamento para que a captura e armazenamento da água proveniente de chuvas na região tenha um melhor aproveitamento, isto, considerando-se as chuvas locais e sua contribuição à agricultura familiar.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Mestrado e Pós-doc e ao Departamento de Engenharia Ambiental pela pesquisa em desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APAC. Agencia pernambucana de água e clima. 2016.

ARAI, F.K et al. Espacialização da precipitação pluvial na Bacia do Rio Dourados. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2-7 ago., Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC, CD-ROM. 2009.

LUCENA, D.B.; GOMES FILHO, M.F.; SERVAIN, J. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 297-312, 2011.

MEDEIROS, R. M.; SOUSA, F. A. S.; GOMES FILHO, M. F. Análise temporal do balanço hídrico na bacia do rio Uruçuí Preto – Piauí. Anais do VI Workshop de mudanças climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e o III Workshop Internacional sobre mudanças climáticas e Biodiversidade – VIWMCRHPE/IIIWIMB – Recife 30 e 31 de outubro de 2014.p.214-227.

MEDEIROS, R. M.; BORGES, C. K.; GOMES FILHO, M. F. Variabilidade e Mudanças Climáticas em Séries de Temperatura Máxima do Ar, Umidade Relativa do Ar e Precipitação em Brasília–DF. **Revista Brasileira de Geografia Física V. 07 N. 02**.p. 211-222. 2014.

SILVA, V. P. R et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 15, n. 2, p. 131-138, 2011.

SILVA, V. M. A et al. Estimativa de mudanças climáticas a partir da classificação do balanço hídrico em Recife (PE). III Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e I Workshop da Rede PELD SerCaatinga , v.01., 2011. p. 143 – 158.

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO OCEANO ATLÂNTICO NA FORMAÇÃO DAS LINHAS DE INSTABILIDADE AMAZÔNICAS

Ingrid Paloma Carneiro de Lima¹, Melquizedek Rafael Duarte da Silva², Clênia Rodrigues Alcântara³

¹Graduanda em Meteorologia, Bolsista CNPq, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande, PB. E-mail: ingridpaloma.cl@hotmail.com; ²Graduando em Meteorologia, Bolsista PIBIC, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande, PB. E-mail: duartemelk@hotmail.com; ³Doutora, Professora Adjunto da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, PB. E-mail: clenia.alcantara@ufcg.edu.br

RESUMO: A possível influência exercida pela temperatura da superfície do Oceano Atlântico em diferentes pontos da bacia na formação das linhas de instabilidade amazônicas, que se formam na costa norte do Brasil foi estudada, visto que a temperatura da superfície do mar pode influenciar o tempo e o clima. Utilizando as reanálises do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), uma climatologia de 10 anos de casos de linhas de instabilidade foi feita entre os anos de 2000 e 2009. Foram utilizados os softwares Microsoft Excel 2013, *Climate Data Operators* (CDO) e *Grid Analysis and Display System* (GRADS) para as análises. Constatou-se que no período em que ocorreu um aumento/diminuição na TSM houve também, um aumento/diminuição na ocorrência de casos de linhas de instabilidade. Esses resultados se mostram relevantes, pois servem para previsão de eventos extremos nessa região. Além disto, no futuro, pretende-se entender com profundidade como esta relação realmente acontece.

PALAVRAS-CHAVE: Linhas de instabilidade, Temperatura da Superfície do Mar, Amazônia, Oceano Atlântico.

Influence of atlantic ocean surface temperature in formation of amazon instability line

ABSTRACT: The possible influence of the sea surface temperature of the Atlantic Ocean in different points of the basin in the formation of amazon squall lines that form on the north coast of Brazil was studied, whereas the sea surface temperature can influence weather and climate. Using the European Centre for Medium - Range Weather Forecasts (ECMWF) reanalysis, a climatology of ten years of squall lines cases was made between 2000 and 2009 years. It was utilized the Microsoft Excel 2013, Climate Data Operators (CDO) and Grid Analysis and Display System (GRADS) for analyzes. It was found that when was observed an increase/decrease in SST, there was also an increase/decrease in the number of occurrence of squall lines cases. These results are relevant because could be used to forecast extreme events in the region. In addition, in the future it will intend to understand how this relationship actually happens.

KEYWORDS: Squall lines, sea surface temperature, Amazon, Atlantic Ocean.

INTRODUÇÃO

Os fenômenos meteorológicos são um dos temas mais abordados pela academia, mas também pela sociedade. Buscar padrões associados às alterações no clima e tentar entender como estas alterações podem influenciar a vida na terra, é necessário. Neste contexto, um dos sistemas mais relevantes e corriqueiros na Amazônia e norte do Nordeste do Brasil são as Linhas de Instabilidade (LIs), que são conjuntos organizados de cumulonimbus, que se deslocam ao mesmo tempo, responsáveis por índices elevados de precipitação nestas regiões. O período do dia preferencial para a sua formação é durante a tarde, como um resultado da intensificação da frente de brisa, sendo possível observar a máxima atividade convectiva em imagens de satélite no final da tarde (21:00 UTC). Durante o ano, ocorrem mais frequentemente entre março e julho (ALCÂNTARA et al., 2011b; COHEN et al., 1995).

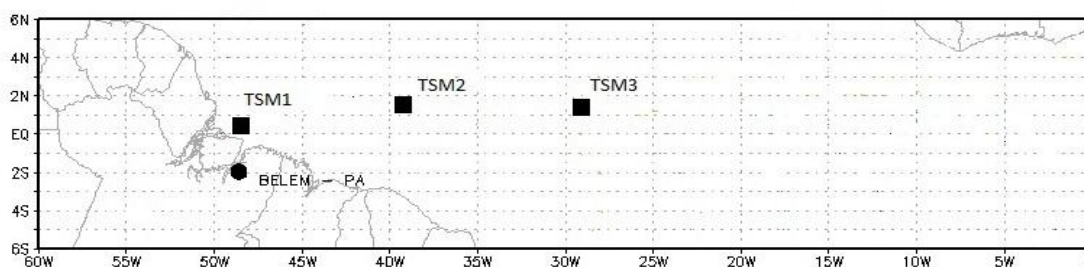
De acordo com Alcântara (2010), as linhas de instabilidade apresentam uma extensão de 1000 a 2000 km, mas podem alcançar os 3500 km; propagando-se com velocidade entre 50 e 60 km/h, durando cerca de 48h. No entanto, as linhas de instabilidade estão entre os fenômenos de mesoescala mais difíceis de simular, devido às características complexas e uma gama de variáveis associadas com o sistema final. Sabendo disto, uma das variáveis mais estudadas recentemente é a temperatura da superfície do mar (TSM). Portanto, é preciso entender como as alterações na intensidade e distribuição desta pode contribuir para a formação de sistemas atmosféricos. A classificação dessas linhas de instabilidade, segundo Cohen et al. (1995), foi dada de acordo com sua propagação horizontal para o interior, da seguinte forma: Linhas de Instabilidade Costeira (LICs), que se propagam menos que 170 km; Linhas de Instabilidade de Propagação do tipo 1 (LIP1), entre 170 e 400 km; Linhas de Instabilidade de Propagação do tipo 2 (LIP2), que ultrapassam os 400 km.

Diante disso, buscar a relação entre a formação das linhas de instabilidade e outras variáveis, como a temperatura da superfície do Oceano Atlântico é de grande relevância para previsão do tempo das regiões afetadas, por tais sistemas e tais estudos podem ser importantes para que se possa ter mais conhecimentos a cerca destes sistemas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas as reanálises do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) com uma resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ e resolução temporal de 6h. A manipulação dos dados foi feita através dos softwares *Climate Data Operators* (CDO), *Grid Analysis and Display System* (GRADS) e *Microsoft Excel 2013*. Com o uso do *Microsoft Excel 2013* foi possível relacionar a TSM num ponto em relação a TSM nos outros dois pontos, por meio de gráficos de dispersão. As médias foram calculadas em três pontos diferentes, TSM1 ($47^\circ\text{W } 1^\circ\text{N}$), TSM2 ($41^\circ\text{W } 2^\circ\text{N}$) e TSM3 ($30^\circ\text{W } 2^\circ\text{N}$), ao longo do Oceano Atlântico, para que se possa verificar se a distribuição espacial do aumento da Temperatura da Superfície do Mar está correlacionada com a formação de linhas de instabilidade amazônica que se formam na costa norte do Brasil (Figura 1). As informações a respeito dos dias com ou sem linha de instabilidade foram obtidas a partir de uma climatologia realizada por Alcântara et al. (2011a) entre os anos de 2000 e 2009, segundo metodologia descrita por Cohen (1989).

Figura 1. Localização das áreas onde foram feitas as médias de TSM e a cidade de Belém – PA.



A partir do gráfico de dispersão pode-se determinar se existe uma correlação entre a diferença de temperatura entre os pontos e a quantidade de casos de linhas de instabilidade. Segundo Vieira (2014) a regressão linear é dada por uma reta. Essa reta é obtida a partir da equação de uma reta e permite entender como mudanças em uma variável determinam variações nos valores da outra variável. Pode-se determinar, também, o grau de relação entre as duas variáveis por meio de um coeficiente de correlação, o qual varia entre -1 e +1. Dependendo do valor do coeficiente de correlação, esta pode ser julgada como correlação pequena ou nula, correlação fraca, moderada, forte ou perfeita. (VIEIRA, 2014)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total dos anos estudados, de 2000 a 2009, foram observados 1506 casos de linhas de instabilidade, sendo 818 Linhas de Instabilidade Costeira (LIC), 394 Linhas de Instabilidade com propagação do tipo 1 (LIP1) e 294 Linhas de Instabilidade com propagação do tipo 2 (LIP2). Com o objetivo de entender como se comporta a TSM num ponto em relação a TSM nos outros dois pontos ao longo dos 9 anos analisados calculou-se a diferença desta TSM (Figura 2). Da seguinte forma, a diferença da TSM1 em relação a TSM2 e TSM3 e também a diferença da TSM2 em relação a TSM3. De acordo com o gráfico da diferença da temperatura (Figura 4), nota-se que para a TSM1-TSM2 a diferença foi pequena comparada com os outros pontos.

Observando a TSM1-TSM3 e TSM2-TSM3, a diferença na temperatura teve grandes oscilações. Em TSM1-TSM3, a diferença foi maior, visto que a TSM1 apresentou os maiores valores de temperatura enquanto que a TSM3 os valores foram menores. Já em TSM2-TSM3, a temperatura ano a ano não é muito diferente de um ponto para outro, no entanto de um ano para o outro a diferença aumenta significativamente, por exemplo, no ano de 2001 a diferença foi de 0,04°C, já no ano de 2002 a diferença foi de 0,15°C, um aumento de 0,11°C de um ano para outro, o que contribuiu para que o gráfico fosse de muitas oscilações.

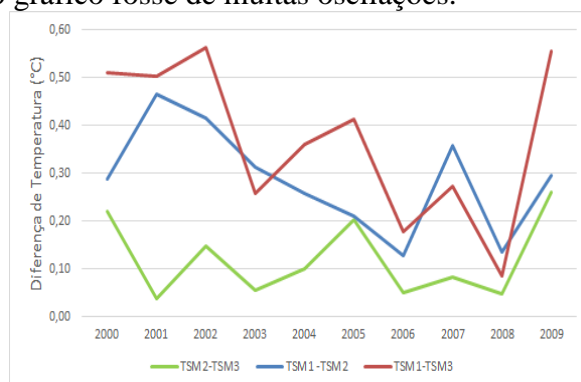


Figura 2. Diferença de Temperatura em TSM1-TSM2, TSM1-TSM3 e TSM2-TSM3.

Observando os três gráficos de dispersão, percebe-se que dentre os três, aquele que apresenta uma reta de regressão que passa mais próximo dos pontos do gráfico de dispersão é o gráfico da correlação entre a quantidade de casos de linhas de instabilidade e a diferença de temperatura em TSM1-TSM2 (Figura 3-a), ou seja, a correlação entre as duas variáveis será mais significativa em comparação com os outros dois casos, visto que quando uma reta passa exatamente entre os pontos, a correlação linear é perfeita.

Partindo para a análise dos valores do coeficiente de determinação (Tabela 1) nota-se que para a diferença de temperatura em TSM1-TSM2 o valor ($R^2= 0,4092$) é o

mais próximo de 1, ou seja, próximo de uma correlação perfeita, $R^2=1$. Em TSM1-TSM3, $R^2 = 0,2326$, e em TSM2-TSM3, $R^2 = 0,0581$.

Tabela 1. Valores do coeficiente de determinação e coeficientes de correlação para a diferença de temperatura (TSM1-TSM2, TSM1-TSM3 e TSM2-TSM3) e os casos de LIs.

TSM1-TSM2	$R^2 = 0,4092$	$r = 0,6397$	Correlação moderada
TSM1-TSM3	$R^2 = 0,2326$	$r = 0,4823$	Correlação fraca
TSM2-TSM3	$R^2 = 0,0581$	$r = 0,2410$	Correlação pequena ou nula

A partir dos valores do coeficiente de determinação (R^2) encontrou-se os valores de r (Tabela 1), tendo como maior valor $r=0,6397$, o que permite julgar a correlação como uma correlação moderada. Para TSM1-TSM3, a correlação é julgada como fraca e em TSM2-TSM3 a correlação é pequena ou nula. No entanto, a correlação apresentada nos três pontos é bastante significativa diante de toda a literatura sobre as linhas de instabilidade, o que fortalece ainda mais os indícios da relação entre a temperatura da superfície do mar e as linhas de instabilidade.

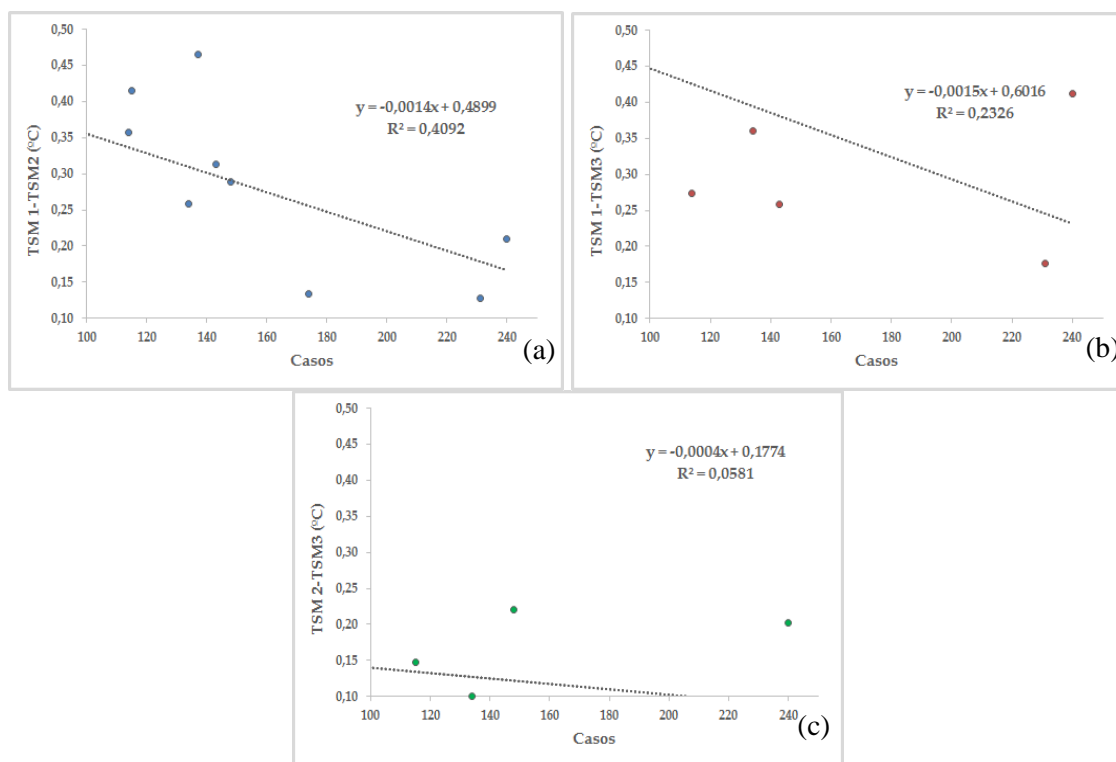


Figura 3. Retas de regressão linear para a diferença de temperatura em TSM1-TSM2 (a), TSM1-TSM3 (b) e TSM2-TSM3 (c), em função do número de casos de LIs.

CONCLUSÕES

Com base nos estudos, percebe-se que a formação de linhas de instabilidade é um assunto de bastante complexidade, dependendo do comportamento de inúmeras variáveis, dentre elas, a temperatura da superfície do mar. Neste contexto, e de acordo com os resultados relatados, nota-se que a TSM é um fator de grande influência para a previsão de eventos extremos que por acaso venham a ocorrer nessas regiões, visto que é perceptível, em gráficos de dispersão, a existência de uma correlação entre a temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico, próximo a costa, e a formação de linhas de instabilidade na costa norte do Brasil.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, C. R. **Um estudo da relação entre jato de baixos níveis e linhas de instabilidade da Amazônia.** Tese de Doutorado, USP, São Paulo. 2010. 134 f.

ALCÂNTARA, C. R.; SILVA DIAS, M. A.; SOUZA, E. P.; COHEN, J. C. P. **Verification of the role of the low level jets in Amazon squall lines.** *Atmospheric Research*, 100, 2011. p. 36-44.

ALCÂNTARA, C. R.; SOUZA, ENIO P.; SILVA DIAS, M. A. F. **Influência da temperatura da superfície do mar na formação de linhas de instabilidade amazônicas.** In: IV Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa. Mudanças climáticas e seus impactos em áreas urbanas.

COHEN, J. C. P., SILVA DIAS, M. A. F., NOBRE, C. A. **Environmental conditions associated with amazonian squall lines: a case study.** *Mon Wea. Rev.*, 123, 1995. p. 3163-3174.

PERSPECTIVAS PARA A GESTÃO DA BACIA DO GOIANA ATRAVÉS DO MODELO HIDROLÓGICO SWAT

Yenê Medeiros Paz¹, Josiclêda Domiciano Galvêncio², Romildo Morant de Holanda³,
Ygor Cristiano Brito Morais⁴

¹Estudante de doutorado do Programa de Desenvolvimento em Meio Ambiente, Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento - SERGEO, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, Pernambuco, yenemedeiros@hotmail.com; ² Professora, Departamento de Ciências Geográficas da UFPE, Recife, Pernambuco, josicleda@gmail.com; ³ Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife, Pernambuco, romildomorant@gmail.com. ⁴Estudante de doutorado do Programa de Desenvolvimento em Meio Ambiente, Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento - SERGEO, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, Pernambuco, ygor.cmorais@gmail.com.

RESUMO: Os impactos das mudanças do uso e ocupação do solo a nível de bacia hidrográfica têm sido abordados em diferentes estudos. O monitoramento em campo demanda um investimento superior de recursos financeiros e a modelagem hidrológica tem tido respostas satisfatórias com um custo inferior. O objetivo deste trabalho foi apresentar ferramentas que possibilitem a gestão da bacia do rio Goiana através do modelo SWAT. A bacia do rio Goiana localiza-se no estado de Pernambuco com uma área de 2.847,53 km². O estudo preliminar com apenas uma estação fluviométrica alcançou estatísticas satisfatórias com NSE superior a 0,5, tendo uma boa performance em sua classificação. A partir de dados observados e dados simulados, verificou-se que o modelo responde adequadamente a realidade da bacia e que diferentes saídas podem ser utilizadas para tomada de decisões e gestão de bacias hidrográficas.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem hidrológica, instrumentos de gestão, vazão ecológica.

PERSPECTIVES FOR THE MANAGEMENT OF THE GOIANA BASIN USING THE SWAT HYDROLOGICAL MODEL

ABSTRACT: The impacts of land use changes in river basin level have been addressed in different studies. Field monitoring requires a higher investment of financial resources and hydrological modeling has had satisfactory lower cost answers. The objective of this work was to present management tools that allow the management of the Goiana river through SWAT model. The Goiana river basin is located in the state of Pernambuco with an area of 2,847.53 km². The preliminary study with only one fluviometric station reached satisfactory statistics with NSE greater than 0.5, having a good performance in its classification. From the observed data and simulated data, it was verified that the model adequately responds to the reality of the basin and that different outputs can be used for decision making and watershed management.

KEY-WORDS: Hydrological modeling, management tools, ecological flow.

INTRODUÇÃO

As mudanças no uso e ocupação do solo tem provocado diferentes alterações na lógica dos ecossistemas e impactos ambientais. Verifica-se que vários estudos no Brasil e no mundo têm sido realizados no sentido de monitorar e realizar estimativas através da modelagem ambiental (FUKUNAGA et al., 2015; BRIGHENTI, BONUMA, CHAFFE, 2016; PEREIRA et al., 2016), visto que a realização de trabalhos de campo em áreas extensas demanda maiores investimentos financeiros. A análise dessas alterações e as respostas da natureza são importantes para a gestão das bacias hidrográficas, fornecendo resultados e análises para diferentes mudanças no uso da terra. Para isso é importante que a gestão seja baseada em diferentes instrumentos (PORTO; PORTO, 2008).

O SWAT (Soil and Water Assessment Tool) (ARNOLD et al., 1998) vem sendo utilizado por diferentes pesquisadores brasileiros e no mundo para analisar diferentes processos e quantificar impactos de manejo dentro da unidade de uma bacia hidrográfica, seja referente ao balanço hídrico, qualidade de água, sedimentos, nutrientes, serviços ecossistêmicos (FRANCESCONI, 2016). AL-SOUFI (2006) trouxe e seu estudo uma perspectiva sobre a utilização do modelo SWAT para a gestão integrada de bacias hidrográficas e os desafios de se integrar a dimensão humana a modelos hidrológicos.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi apresentar ferramentas que possibilitem a gestão realizar uma modelagem hidrológica da bacia do rio Goiana através do SWAT e.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia do Goiana está localizada no estado de Pernambuco entre a latitude $07^{\circ}22'20''$ e $07^{\circ}54'47''$ e longitude entre $34^{\circ}49'06''$ e $35^{\circ}41'43''$ e possui uma área de $2.847,53\text{km}^2$ (Figura 1). Possui uma elevação que se inicia ao nível do mar e atinge 688m em área de maior elevação próximo ao estado da Paraíba.

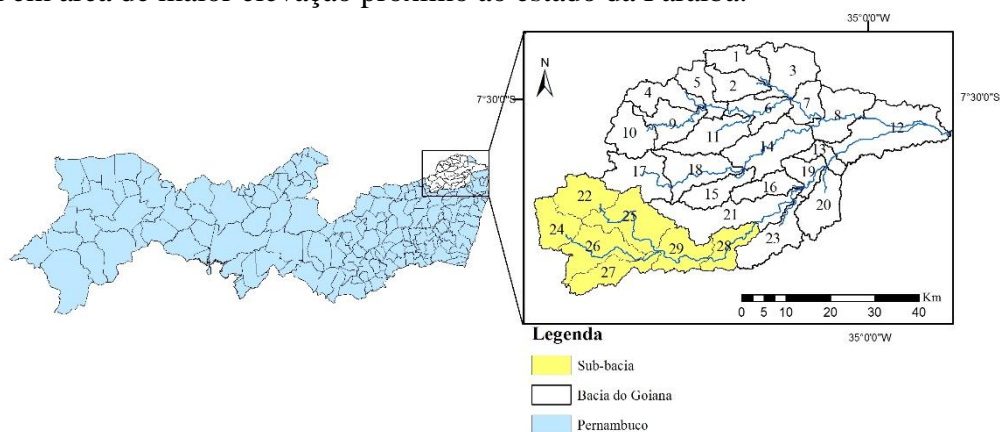


Figura 1. Localização da bacia do Goiana e sub-bacia analisada.

Para a utilização do modelo SWAT foram utilizados como dados de entrada: dados climáticos obtidos a partir de estações da Agência Nacional das Águas (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), mapeamento de tipos de e informações de solo a partir do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE) numa escala de 1:100.000 e Sistema de informação de solos brasileiros (SiSolos), uso e cobertura do solo pelo Projeto Probio do Ministério do Meio Ambiente com um mapeamento na escala de 1:250.000, além do modelo de elevação digital do terreno através do monitoramento por satélite da Embrapa com resolução de 90m.

A simulação preliminar foi realizada na área superior da bacia, utilizando 3 anos de aquecimento e em uma escala de tempo mensal. O posto de vazão de Nazaré da Mata, localizado na sub-bacia 28, foi utilizado para comparação de dados observados e simulados e o período utilizado para a calibração correspondeu a vazão de 1999 a 2009.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modelagem inicial realizada apresentou resultados abaixo do considerável aceitável por Moriasi et al. (2007), então procedeu-se uma calibração preliminar. Muitos parâmetros utilizados na calibração não são monitorados pelos órgãos de pesquisa ou monitoramento ambiental, contudo alguns estudos experimentais e/ou modelagens realizadas com adequado nível de confiabilidade podem fornecer subsídios para indicação de valores. A sistematização de informações dos recursos hídricos, além de outros parâmetros que influenciem seu comportamento e disponibilidade, podem ser sistematizados de forma a produzir indicadores de monitoramento ambiental (SHUSSEL, NASCIMENTO NETO, 2015).

Pode-se constatar através da simulação realizada pelo modelo SWAT o comportamento da vazão simulada em relação aos dados observados desta sub-bacia do rio Goiana. Apresentando como períodos de vazão mais elevada o intervalo de meses entre maio e setembro. A modelagem nos picos apresentou diferença em alguns períodos trabalhados, sendo subestimada ou superestimada. Contudo alcançou-se um NSE superior a 0,5, tendo uma boa representação da realidade, considerando-se também a escassez de dados em bacias brasileiras. Esses resultados, sendo considerados satisfatórios, assim como dados de escoamento superficial e produção de sedimentos, obtidos através da simulação hidrológica, podem ser utilizados como indicadores para gestão da bacia do Goiana e tomada de decisão pelo comitê de bacias. Após um procedimento de calibração bem realizado, diversos parâmetros de saída do modelo SWAT podem ser usados para distintas finalidades na gestão de bacias hidrográficas conforme Tabela 1.

Tabela 1. Informações de saída do SWAT e sua aplicabilidade na gestão de bacias hidrográficas.

Dado de saída do modelo SWAT	Uso da informação na gestão de bacias hidrográficas
Vazão	Outorga de água e abastecimento público
Águas subterrâneas	Outorga de água e abastecimento público
Concentração de Sedimentos	Indicação de práticas conservacionistas e análise de atividades potencialmente poluidoras locais
Concentração de nutrientes	Análise de atividades potencialmente poluidoras locais
Evapotranspiração	Projetos de reservatórios e projetos de irrigação
Escoamento superficial	Práticas conservacionistas e projetos de drenagem
Conteúdo de água no solo	Projetos de irrigação e drenagem
Precipitação por sub-bacia	Armazenamento de água e disponibilidade hídrica

Através da análise de diferentes postos da bacia hidrográfica consegue-se perceber as diferenças nos resultados de vazão observada, devido a instalação de reservatórios, captação de água e diferentes uso e cobertura do solo. Garbossa e Pinheiro (2015) descrevem que valores de referência de vazão podem ser estabelecidos através da análise de séries temporais. Na gestão de bacias hidrográficas estes valores de

referência têm importância, sabendo-se que uma gestão adequada dos recursos busca proporcionar o uso múltiplo das águas (BRASIL, 1997). Tendo-se mais informações dos usos da água na bacia, estes podem ser inseridos no modelo gerando resultados mais próximos da realidade.

A sub-bacia selecionada pode ser caracterizada por uma área de agropecuária. Sabendo-se que áreas agrícolas muitas vezes demandam elevada quantidade de água para irrigação, a concessão de outorgas tem importância econômica e ambiental para a bacia hidrográfica. Segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) é de responsabilidade do poder executivo federal outorgar os direitos de uso, e realizar a regulamentação e fiscalização dos usos. Deve-se observar o histórico de vazão produzida, para o estabelecimento de vazões mínimas para períodos distintos do ano. Conejo (1993) descreveu em seu trabalho diferentes condições para as quais a outorga é válida, apontando também para os limitantes diários, semanais, mensais e anuais.

CONCLUSÕES

A modelagem através do SWAT apresentou resultados bons para a área simulada na bacia do Goiana com NSE superior a 0,5 e mostrou a aplicabilidade do modelo para a região, permitindo a continuidade e o desenvolvimento de outros trabalhos para as demais áreas da bacia. É importante a análise da vazão e de outras informações hidrológicas fornecidas como saída pelo modelo para uma análise mais adequada da região e gestão mais eficiente da bacia.

A simulação de vazão para períodos secos e chuvosos é um importante instrumento no que tange a concessão de outorga de água e os impactos para os ecossistemas. Tendo como base um modelo hidrológico com eficiência estatística comprovada, a tomada de decisão pelo comitê gestor tem um embasamento científico.

O estudo atesta a viabilidade e importância para desenvolvimento do trabalho de tese da autora principal. Levantando-se a importância da análise de sensibilidade e calibração para alcance de melhores resultados, bem como a discussão do tema de gestão de bacias hidrográficas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes pela concessão de bolsa de doutorado no país e doutorado sanduíche no exterior pelo projeto PVE 103/2013 ao primeiro autor. A Texas A&M University pela orientação e execução da pesquisa no exterior. Ao CNPq pelo projeto 446254/2015-0 e a Facepe pela concessão de bolsa de doutorado ao quarto autor.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, J. G et al. Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: model development. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 34, n. 1, p. 73–89, 1998.

ARNOLD, J. G. et al. Swat: model use, calibration, and validation. **Transactions of the ASABE**, v. 55, n. 4, p. 1491-1508, 2012.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm> Acesso em: 15 mai. 2017.

BRIGHENTI, T. M.; BONUMA, N. B.; CHAFFE, P. L. B. Calibração hierárquica do modelo swat em uma bacia hidrográfica Catarinense. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 53-64, 2016.

CONEJO, J. G. L. A outorga de usos da água como instrumento de gerenciamento dos recursos hídricos. **Revista Administração Pública**, v. 27, n. 2, p. 28-62, 1993.

FUKUNAGA, D. C. et al. Application of the SWAT hydrologic model to a tropical watershed at Brazil. **Catena**, v. 125, 206–213, 2015.

FRANCESCONI, W. et al. Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to model ecosystem services: A systematic review. **Journal of Hydrology**, v. 535, p. 625, 636, 2016.

GARBOSSA, L. H. P.; PINHEIRO, A. Vazões de referência para gestão de bacias hidrográficas rurais e urbanas sem monitoramento. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 12, n. 1, p. 43-52, 2015.

PEREIRA, D. R. et al. Hydrological simulation in a basin of typical tropical climate and soil using the SWAT model part I: Calibration and validation tests. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 7, p. 14-37, 2016.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

SHUSSEL, Z.; NASCIMENTO NETO, P. Gestão por bacias hidrográficas: do debate teórico à gestão municipal. **Ambiente e Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 137-152, 2015.

COMPORTAMENTO ANUAL DA UMIDADE E TEMPERATURA NO AMBIENTE DE FORMAÇÃO DAS LINHAS DE INSTABILIDADE AMAZÔNICAS

Izana Oliveira Carneiro¹, Clênia Rodrigues Alcântara²

¹ Graduanda em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, E-mail: izana.oliveira2010@hotmail.com;

² Doutora, Professora Adjunto da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, E-mail: clenia.alcantara@ufcg.edu.br

RESUMO: A relação entre umidade e temperatura com a formação e propagação das linhas de instabilidade (LI) amazônicas é analisada nesse trabalho. Averigua-se um ano de dados (2005) para que seja entendido com maior clareza como o comportamento dessas variáveis ao longo do ano atua no ambiente de formação das LI. São utilizados os softwares *Climate Data Operators* (CDO), *NetCDF Operators* (NCO) e *Grid Analysis and Display System* (GRADS) para manipulação dos dados de reanálises do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Utiliza-se também uma contabilização de casos de LI para o ano em questão de acordo com sua classificação, que se torna muito útil para comparação com o desempenho das variáveis aqui estudadas em cada mês. Fica evidente a contribuição das LI para elevação da umidade por onde passam, sua maior ocorrência nos meses mais úmidos e a relação da propagação do sistema com o teor de umidade proveniente dos ventos que sopram do oceano para a costa. Também se verifica a relação entre o gradiente de temperatura continente/oceano e a quantidade e tipos de LI formadas, constatando que quanto maior essa diferença, mais LI são geradas e se propagam. Tais informações são significativas devido à elevada importância desses sistemas para a Amazônia e norte do Nordeste do Brasil e dificuldade de prevê-los em razão da sua complexidade.

PALAVRAS-CHAVE: ECMWF, Sistemas Convectivos, Amazônia, Brisa Marítima.

ANNUAL BEHAVIOR OF HUMIDITY AND TEMPERATURE IN THE ENVIRONMENT OF AMAZONIAN SQUALL LINES FORMATION

ABSTRACT: The relationship between humidity and temperature with the formation and propagation of the Amazonian squall lines (SL) is analyzed in this work. A year of data (2005) is investigated to be understood with greater clarity as the behavior of these variables throughout the year acts in the SL training environment. Software *Climate Data Operators* (CDO), *NetCDF Operators* (NCO) and *Grid Analysis and Display System* (GRADS) are used to manipulate the *European Center for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) reanalysis data. It is also used an accounting of SL cases for the year in question according to their classification, which becomes very useful for comparison with the performance of the variables studied here each month. It is evident the contribution of SL to the elevation of humidity where they pass, their greater occurrence in the wetter months and the relation of the system propagation with the humidity content from the winds that blow from the ocean to the coast. It is also verified the relationship between the continent/ocean temperature gradient and the quantity and types of SL formed, noting that the larger the difference, the more SL are generated and propagate. Such information is significant due to the high importance of these systems

for the Amazon and northern Northeast of Brazil and it is difficult to predict them due to their complexity.

KEY-WORDS: ECMWF, Convective Systems, Amazon, Sea Breeze.

INTRODUÇÃO

Um dos sistemas atmosféricos mais relevantes e corriqueiros na Amazônia e norte do Nordeste do Brasil são as linhas de instabilidade (LI), que são conjuntos organizados de cúmulonimbos, que se deslocam ao mesmo tempo, responsáveis por índices elevados de precipitação nessas regiões. Como afirmam Cavalcanti et al. (2009), sua causa está relacionada à circulação da brisa marítima e à oscilação diurna e são importantes para o transporte de calor para a alta troposfera. Sua atividade máxima pode ser observada ao anoitecer. A região de formação das linhas de instabilidade amazônicas está entre 10° N e 5° S. De acordo com Alcântara (2010), apresentam uma extensão de 1000 a 2000 km, mas podem alcançar os 3500 km; propagando-se com velocidade entre 50 e 60 km/h, durando cerca de 48 h.

O ciclo de vida desse sistema pode ser dividido em 6 momentos: gênese, intensificação, maturidade, enfraquecimento, re-intensificação e dissipação, como mostrado por Garstang et al. (1994). A classificação das linhas de instabilidade, segundo Cohen et al. (1995), se dá de acordo com sua propagação horizontal para o interior: LIC são linhas de instabilidade costeiras, que se propagam menos que 170 km; LIP 1 são linhas de instabilidade de propagação do tipo 1, entre 170 e 400 km; LIP 2 são linhas de instabilidade com propagação do tipo 2, que ultrapassam os 400 km.

As LI na Amazônia ocorrem no fim da tarde e adentram o continente, mas o resfriamento radiativo durante a noite dissipa as nuvens, que podem tornar-se ativas no dia seguinte, quando a superfície aquece novamente, como observado por Molion (1987). Mas esse mecanismo pode não ser o único responsável pela dissipação das linhas de instabilidade, pois em alguns casos, estas se dissiparam em horários de aquecimento. Fazendo-se necessário o estudo da orografia sobre esses sistemas, além de outros estudos em razão da sua complexidade.

As linhas de instabilidade são difíceis de simular e prever devido a suas características complexas e multiescalares. Por esse motivo e devido à importância das LI para as regiões onde decorrem e mediante a necessidade de ampliar a compreensão sobre como estes sistemas se formam, intensificam e se propagam, o presente trabalho objetiva a análise da influência das variáveis umidade específica e temperatura no ambiente de formação e atuação das linhas de instabilidade amazônicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O primeiro estágio deste projeto restringiu-se à obtenção de embasamento teórico, atendo-se à leitura de publicações mais atuais, para maior conhecimento e compreensão da necessidade de mais estudos acerca das linhas de instabilidade amazônicas, bem como do ambiente em que são formadas. Posteriormente, utilizou-se reanálises do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) para o ano de 2005, que são representações atmosféricas que utilizam modelos para reconstituir a atmosfera.

Os dados foram baixados com enfoque na América do Sul, numa resolução de grade de $0,75^\circ$ por $0,75^\circ$, o equivalente a aproximadamente 83 km por 83 km. Tais dados correspondem às seguintes variáveis: para os níveis de pressão de 1000 hPa a 70hPa: umidade específica e temperatura. Todos os dados foram baixados para os horários 0000 UTC, 0600 UTC, 1200 UTC e 1800 UTC.

Foi feita a manipulação de dados através dos softwares *Climate Data Operators* (CDO), *NetCDF Operators* (NCO) e *Grid Analysis and Display System* (GRADS), a fim de calcular campos médios mensais do ano de 2005. Especificamente, foram analisadas as imagens de campos médios geradas pelo GRADS das variáveis umidade específica e temperatura no nível de 1000 hPa. Foi escolhido o horário 1200 UTC, por ser um horário em que a atmosfera apresenta menor perturbação, facilitando a observação comportamental das variáveis em análise. A análise dos campos médios dessas variáveis fez-se necessária por serem estas algumas das mais importantes no processo de formação do sistema convectivo em questão, comparando-as individualmente, baseando-se no critério de ter havido ou não linha de instabilidade.

As informações a respeito dos dias com ou sem linha de instabilidade em 2005 foram obtidas a partir de uma climatologia realizada por Alcântara et al. (2011), que contabilizou os dias com LIC, LIP 1 ou LIP 2, entre os anos de 2000 e 2008, constatando que o ano de 2005 foi o que mais apresentou casos de LI, dentro deste período.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise das figuras de campos médios geradas pelo GRADS, do ano de 2005, às 1200 UTC para a variável umidade específica no nível de 1000 hPa, percebe-se que em janeiro de 2005 (Figura 2) não há diferenças significativas entre a média dos dias com LI (Figura 2.a) e a média dos dias sem LI (Figura 2.b), mas existe um pequeno aumento na Figura 2.a, em relação à Figura 2.b na região costeira entre $42,5^\circ\text{W}$ e 46°W (divisa entre o Maranhão e o Pará). Também existem algumas regiões no interior, onde a umidade é maior na Figura 2.a: a região compreendida entre $2,5^\circ\text{S}$ - $0,8^\circ\text{N}$ e 53°W - 57°W e também a região entre 3°S - 6°S e $43,5^\circ\text{W}$ - $47,5^\circ\text{W}$. O histograma de frequência de LI (Figura 1) mostra que para esse mês, a quantidade de dias com ocorrência de LI é 19, sendo 2 dias com LIP 1 e 1 dia com LIP 2.

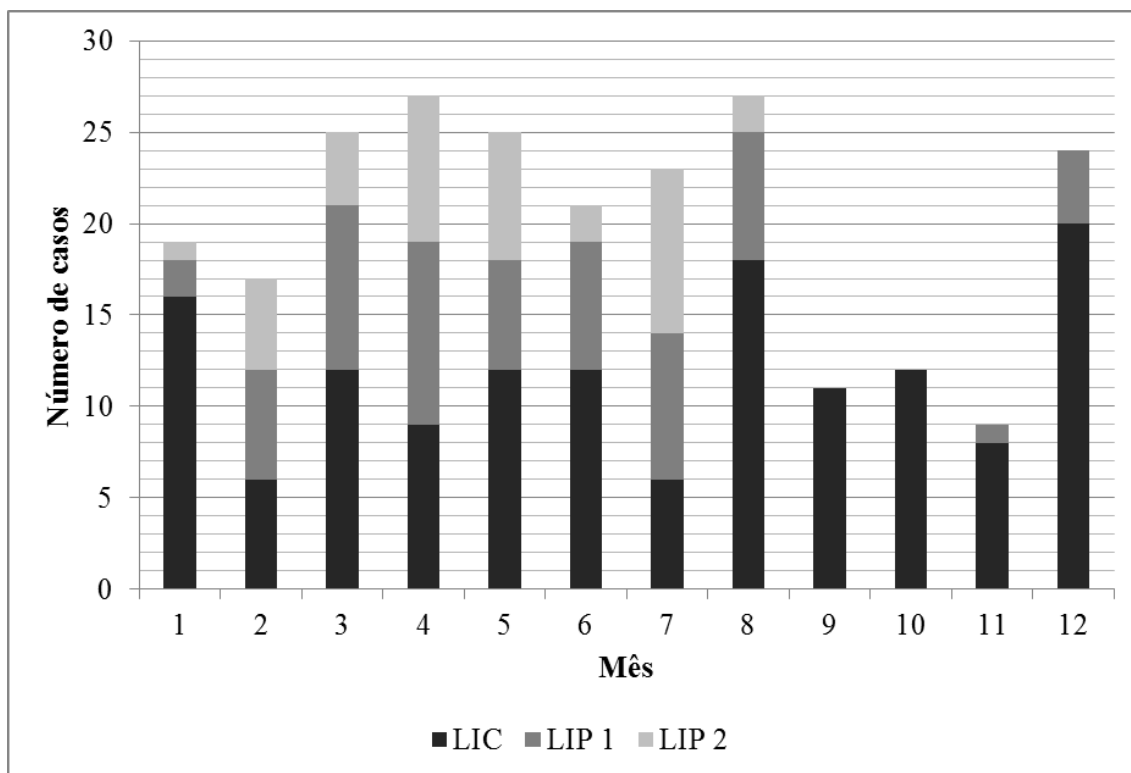


Figura 1. Histograma de frequência de linhas de instabilidade para o ano de 2005.

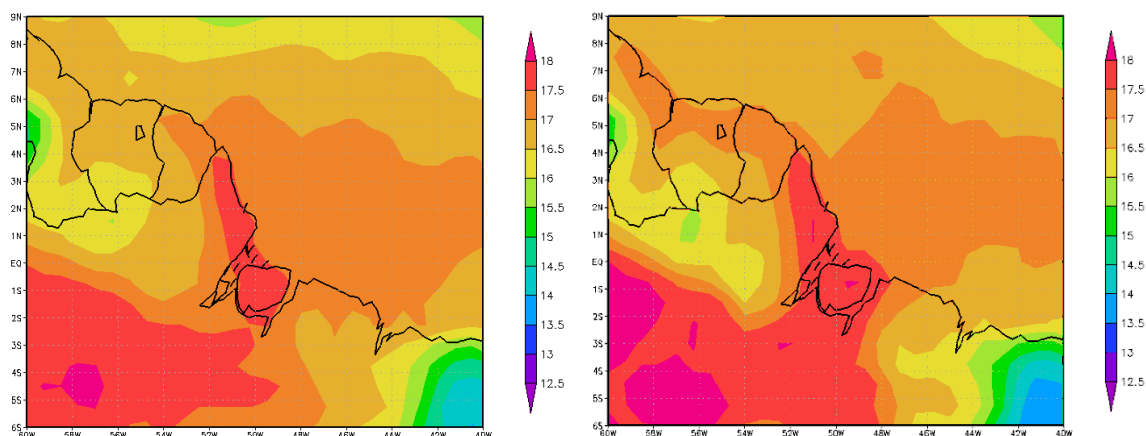


Figura 2. a) (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em janeiro de 2005; b) (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em janeiro de 2005.

Em fevereiro, verifica-se que a umidade específica é maior em quase toda a área da figura que representa a média de dias com LI (Figura 3.a), do que na média de dias em que o sistema não é observado (Figura 3.b). Isso pode ser visto ao longo da região costeira, no interior e também sobre o oceano. O aumento da umidade no interior, visto na Figura 3.a, pode ser explicado pelo fato de que nesse mês, das 17 ocorrências de LI, 11 se propagaram, como mostra a Figura 1. Na Figura 3.a pode-se identificar no oceano, mais perto da costa, entre 42°W e 50°W, que a umidade específica está entre 17.5 e 18.0 g/kg, o que não ocorre na Figura 3.b, onde parte da referida área apresenta valores de 17.0 a 17.5 g/kg. Com a atuação do vento, a umidade sobre o oceano (Figura 3.a) é transportada em direção à costa e contribui para a formação de LI.

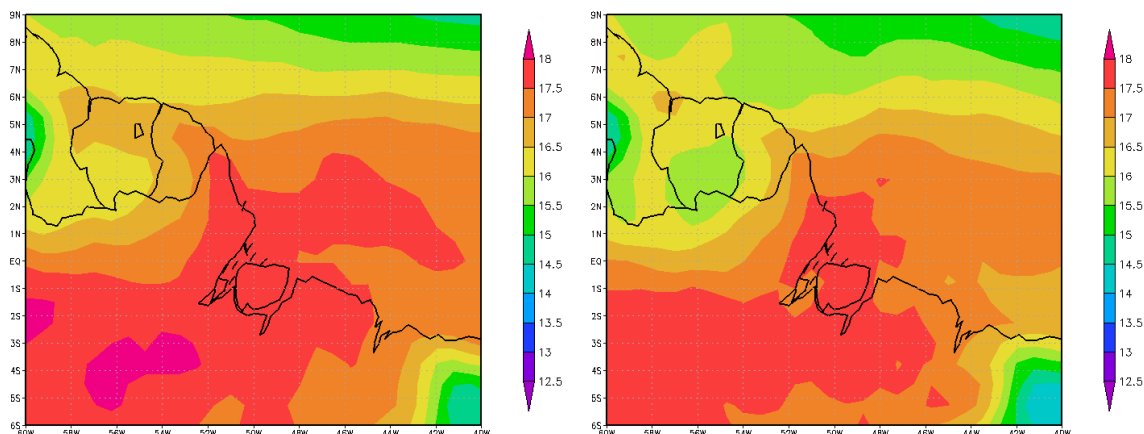


Figura 3. a) (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em fevereiro de 2005; **b)** (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em fevereiro de 2005.

No mês de março também é perceptível que no campo médio de dias com LI (Figura 4.a), a umidade apresenta-se maior do que na média de dias sem LI (Figura 4.b) em grande parte da costa e também sobre o oceano e interior. Comparando alguns pontos nas duas figuras, podem-se notar essas diferenças. Em 1°S, 50°W, onde localiza-se a Ilha de Marajó, a umidade está entre 17.5 e 18.0 g/kg na Figura 4.a, enquanto que na figura 4.b esse mesmo ponto apresenta 17.0 a 17.5 g/kg. No oceano, em torno de 1°N, 42°W, na figura 4.b, a umidade está entre 16.0 e 16.5 g/kg, sendo 1.0 g/kg a menos do que é mostrado na figura 4.a para a mesma localização. Ainda na Figura 4.a, próximo a Belém (1,4°S; 48,5°W), Curuçá (0,7°S; 47,8°W) e Bragança (1,06°S; 46,8°W), todas na porção nordeste do Pará, em região costeira, encontram-se valores de umidade entre 17.5 e 18.0 g/kg, enquanto na Figura 4.b essas localidades estão com valores entre 17.0 e 17.5 g/kg. Tais comparações evidenciam que a presença de LI na costa e no continente eleva a quantidade de vapor d'água no ar e que mais umidade sobre o oceano favorece a formação de LI. É importante ressaltar que no mês de março a Figura 1 registra 25 dias com LI, dos quais, em 12 ocorre o tipo LIC e em 13 ocorre linha de instabilidade que se propaga para o interior. Isso também ajuda a explicar os valores de umidade mais altos na Figura 4.a, tanto na costa como no interior.

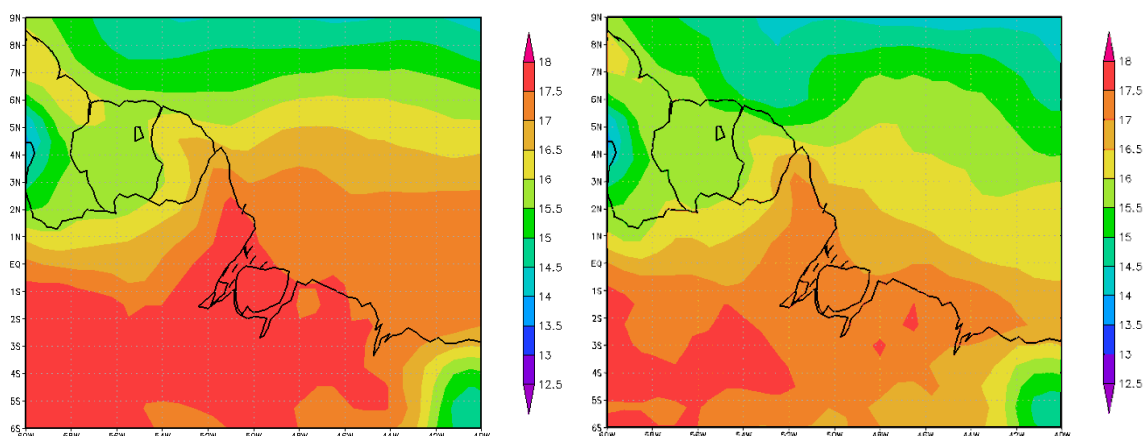


Figura 4. a) (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em março de 2005; **b)** (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em

março de 2005.

O mês de abril, juntamente com agosto, são os meses com mais casos de linhas de instabilidade no ano de 2005, 27 dias com a presença do fenômeno em cada mês (Figura 1). Em abril, na maior parte dos dias, o sistema formado se propaga, ocorrendo LIP 1 em 10 dias e LIP 2 em 8 dias. Em 9 dias verifica-se o tipo LIC. Percebe-se o quanto esse fator contribui para a distribuição de umidade pelo interior do continente, chegando a atingir valores acima dos 18.0 g/kg em 3°S, 47°W, próximo a Paragominas, PA (Figura 5.a). Já nos dias em que não há formação do sistema (Figura 5.b), a média de umidade nessa localidade e estendendo-se até o litoral fica entre 16.5 e 17.0 g/kg. Na Figura 5.a, em 1,5°S, 45°W, que é uma região costeira, os valores estão entre 17.5 e 18.0 g/kg, enquanto na Figura 5.b esses valores reduzem para 16.0 a 16.5 g/kg. Na região costeira compreendida entre 52°W e 57°W, litoral da Guiana Francesa e Suriname, nota-se que os valores estão entre 16.0 e 16.5 g/kg na Figura 5.b, encontrando-se até valores menores no interior desses dois países, 15.0 a 15.5 g/kg. Ao analisar essas mesmas regiões na Figura 5.a, encontra-se que a umidade está entre 16.5 e 18.0 g/kg, deixando notável que uma das características dos dias com LI é o aumento da umidade do ar principalmente na região costeira, mas também no interior do continente e sobre a parcela oceânica próxima, pois, como pode ser visto entre os pontos 2°N, 50°W e 0°, 46°W na Figura 5.a, a umidade atinge até 18.0 g/kg, enquanto na Figura 5.b, o valor baixa para no máximo 17.0 g/kg entre os pontos citados.

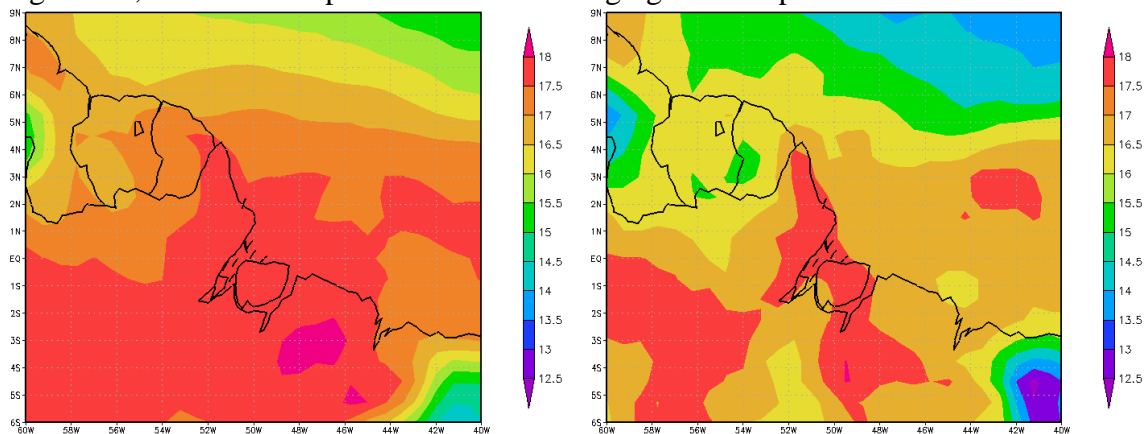


Figura 5. a) (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em abril de 2005; **b)** (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em abril de 2005.

O mês de maio também apresenta alto número de linhas de instabilidade em 2005, sendo 12 dias com LIC, 6 dias com LIP 1 e 7 dias com LIP 2, totalizando 25 dias com registro da ocorrência do fenômeno. Ao comparar as Figuras 6.a e 6.b, é perceptível a diferença na quantidade de umidade entre as duas, sobre toda a porção oceânica abrangida nas figuras, em grande parte da costa e também em muitas áreas do interior continental. Na Figura 6.a, sobre quase todo o oceano, a umidade encontra-se entre 17.0 e 17.5 g/kg, inclusive próximo à região costeira que se estende do extremo norte do Amapá até as proximidades de São Luís, MA, ou seja, entre 51,5°W a 44°W. Sobre esse segmento costeiro, mas até o limite de 46°W e mais ao interior, encontra-se umidade de 17.5 a 18.0 g/kg ainda na Figura 6.a, enquanto na Figura 6.b, o valor diminui para 17.0 a 17.5 g/kg e na maior parte do oceano, a umidade decresce para 16.5 a 17.0 g/kg.

No histograma de frequência (Figura 1), nota-se que há um alto número de LI ocorrendo entre janeiro e maio, sendo maior entre março e maio. Isto pode explicar a constatação de Negri et al.(2000), de que há um máximo de precipitação próximo a Belém nesses meses, já que sabe-se da contribuição das linhas de instabilidade para o aumento da precipitação local.

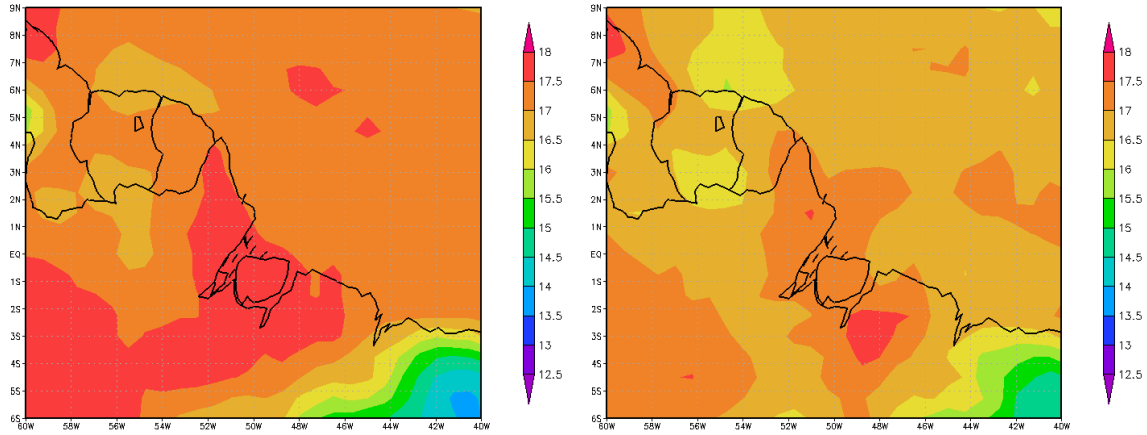


Figura 6. a) (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em maio de 2005; **b)** (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em maio de 2005.

Para o mês de junho, a Figura 1 apresenta o registro de 21 dias com LI. Dos quais, em 12 são linhas costeiras, em 7 são LIP 1 e em 2 dias são LIP 2. Entre as Figuras 7.a e 7.b não nota-se muitas diferenças, principalmente na costa. Citando novamente como exemplo, a região que se estende do litoral do Amapá até próximo de São Luís, MA, tem-se que a umidade apresenta de 17.0 a 17.5 g/kg nas Figuras 7.a e 7.b. Adentrando-se o continente, encontra-se na Figura 7.a entre 46°W e 52°W, valor de umidade entre 17.5 e 18.0 g/kg. Na Figura 7.b a área com esse mesmo valor de umidade estreita-se entre 49°W e 52°W, na região continental mais próxima da costa. Ao entorno de 2°N, 56°W, verifica-se valor de 16.0 a 16.5 g/kg na Figura 7.a. A área com esse valor estende-se em direção à costa até próximo de 4°N, 56°W e após esse ponto, o valor cresce até 17.5 g/kg por grande parte do Suriname e da Guiana Francesa, o que muda na Figura 7.b, pelo menos com relação ao Suriname, que fica com umidade entre 16.0 e 16.5 g/kg sobre grande parte do seu interior. Em 2°N, 56°W, onde na Figura 7.a tem-se 16.0 a 16.5 g/kg, o valor cai para 15.5 a 16.0 g/kg na Figura 7.b.

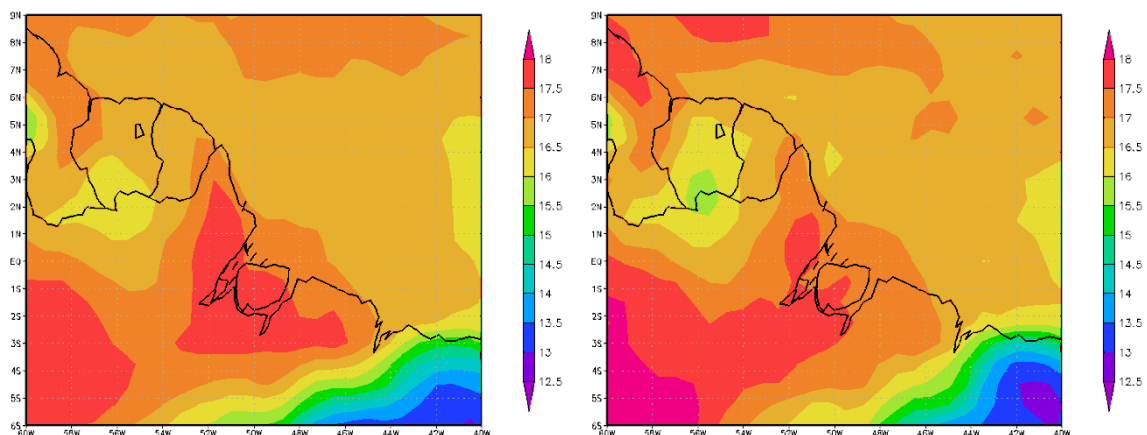


Figura 7. a) (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em junho de 2005; **b)** (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em junho de 2005.

No mês de julho, já é evidente uma diminuição da umidade, não se encontrando grandes áreas que superem os 17.5 g/kg. Na Figura 8.a, a região costeira entre 45°W e 54°W apresenta valor entre 16.5 e 17.0 g/kg. Na Figura 8.b, entre 52,5°W e 54°W, a umidade diminui para 16.0 a 16.5 g/kg. No interior ocorre algo semelhante ao que ocorre no mês anterior: a área que apresenta maior umidade (17.0 a 17.5 g/kg entre 46°W e 52°W) na Figura 8.a fica mais estreita na Figura 8.b. Verifica-se também, nessa figura, uma diminuição da umidade no sul do Suriname em relação à Figura 8.a. Nesse mês, a Figura 1 mostra que 6 dias apresentam LIC e 17 apresentam LIP (8 LIP 1 e 9 LIP 2), totalizando 23 dias.

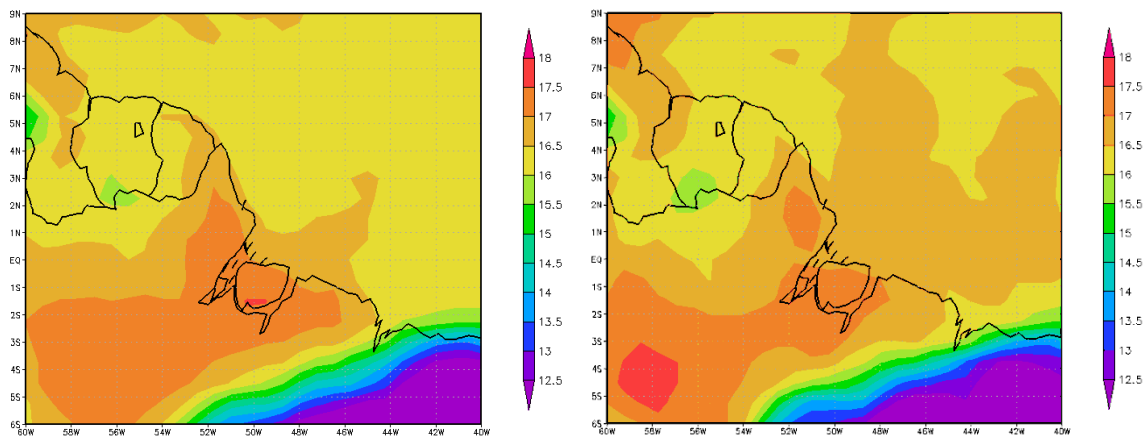


Figura 8. a) (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em julho de 2005; **b)** (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em julho de 2005.

Em agosto, verifica-se que a região costeira entre 44,5°W e 54°W, na Figura 9.a, o teor de umidade está entre 16.5 e 17.0 g/kg. Sobre a região oceânica próxima à costa, entre 44,5°W e 49°W, a umidade também apresenta esse valor. Ao adentrar o continente, mas ainda próximo à costa, entre 48°W e 52°W, o valor eleva-se para 17.0 a 17.5 g/kg, compreendendo praticamente toda a Ilha de Marajó. Na Figura 9.b, vê-se que sobre essa ilha não se contempla mais esse valor de umidade, enquanto nas áreas costeiras vizinhas, o valor ainda permanece. Tal fato pode ser explicado observando que na Figura 9.b o valor também decresceu em parte da área oceânica (47°W a 49,5°W) perto da Ilha de Marajó. Logo, a circulação dos ventos em direção à costa carrega menos umidade, provocando a sua diminuição sobre a ilha, para 16.5 a 17.0 g/kg. Nota-se também que parte do litoral da Guiana Francesa teve a umidade reduzida para 16.0 a 16.5 g/kg na Figura 9.b, entre 53°W e 54°W. Outra redução de umidade nessa mesma figura ocorre ao redor de toda a fronteira do Suriname com o Pará e o Amapá, onde o valor fica entre 15.0 e 15.5 g/kg, enquanto na Figura 9.a, parte da fronteira era envolvida pelo valor de umidade de 15.5 a 16.0 g/kg. O mês de agosto foi um dos que mais apresentou casos de LI, 27 dias, sendo 18 dias com o tipo LIC, 7 dias com o tipo LIP 1 e 2 dias com o tipo LIP 2 (Figura 1).

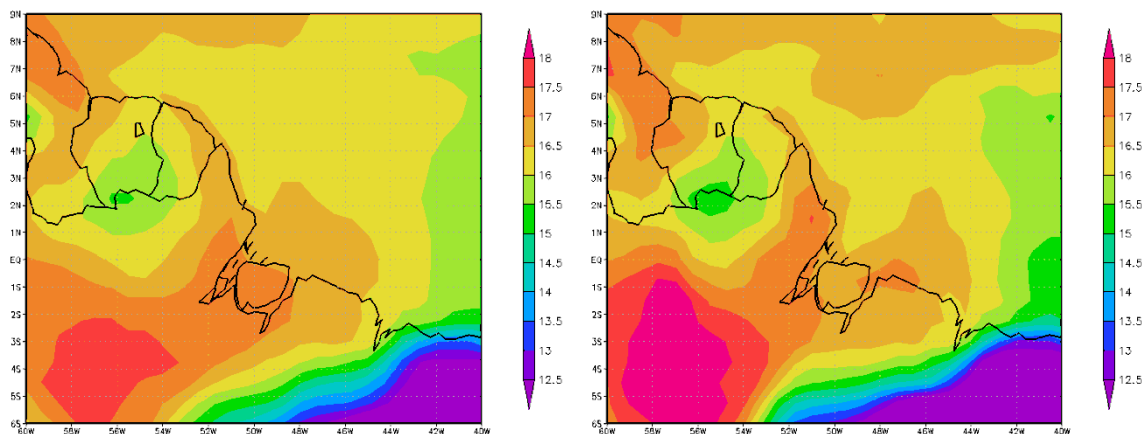


Figura 9. **a)** (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em agosto de 2005; **b)** (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em agosto de 2005.

Para o mês de setembro, a Figura 1 mostra que esse é um dos meses com menor registro de LI em 2005, como também em outubro e novembro. Os casos identificados nos 11 dias são todos de LIC. Na Figura 10.a, a região costeira entre 52°W e 55°W e entre 47°W e 51°W exibe umidade entre 16.5 e 17.0 g/kg. Na Figura 10.b, o trecho sobre a costa com esse valor diminui para 54°W a 55°W e 48°W a 51°W. Para essa mesma figura, no oceano, entre 40°W e 46°W e entre 2°S e 6°N, a umidade varia de 15.0 a 16.0 g/kg, enquanto que na Figura 10.a, o valor predominante nessa área é de 16.0 a 16.5 g/kg. Outra diferença existe ao entorno de 2°N, 56°W, que na Figura 10.a, o valor é de 14.0 a 14.5 g/kg, mas na Figura 10.b o valor reduz-se para 13.0 a 14.0 g/kg, sendo evidente a diminuição da umidade no campo médio de dias sem LI (Figura 10.b).

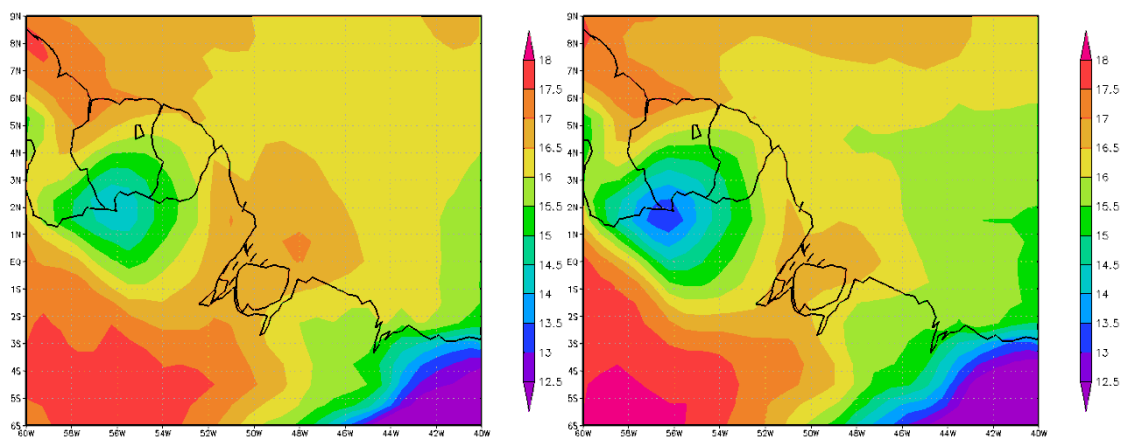


Figura 10. **a)** (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em setembro de 2005; **b)** (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em setembro de 2005.

Outubro é um mês da estação seca na região e uma diminuição de umidade semelhante à que acontece no mês anterior, ocorre ao redor de 2°N, 56°W na Figura 11.b em relação à Figura 11.a. Sobre a Ilha de Marajó e ao sul e ao norte dela, encontra-se que, na média da umidade dos dias com LI, o valor está entre 17.0 e 17.5 g/kg. Ao observar a Figura 11.b, há redução do valor de umidade sobre a ilha, que fica entre 16.5 e 17.0 g/kg sobre toda sua extensão. No interior, entre 44°W e 50°W, também há uma

diminuição do valor na Figura 11.b com relação à Figura 11.a. No histograma de frequência (Figura 1), para esse mês são identificados 12 dias com presença do sistema, sem LIP 1 ou LIP 2.

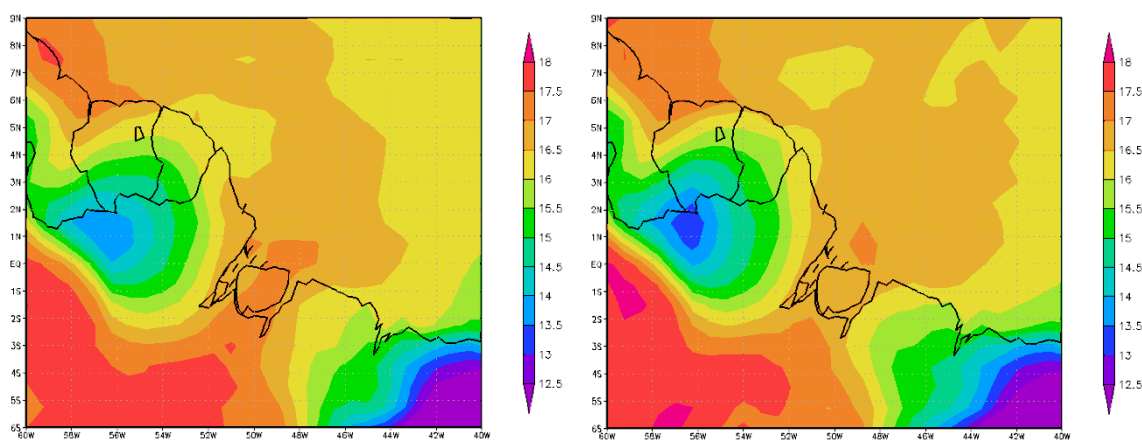


Figura 11. a) (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em outubro de 2005; **b)** (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em outubro de 2005.

No mês de novembro, encontra-se a menor quantidade de registros do fenômeno para o ano de 2005, no total de 9 dias, havendo propagação em apenas 1 desses dias (Figura 1). Também se verifica que nesse mês há um aumento da umidade, com relação aos meses anteriores, desde julho, nos quais a umidade havia sofrido uma redução. Na Figura 12.a encontra-se valores entre 17.0 e 17.5 g/kg na região da costa situada entre 54°W e 60°W, como também entre 47°W e 51,5°W. Parte dessas áreas na Figura 12.b sofre diminuição da umidade para 16.5 a 17 g/kg. Uma notável redução de umidade ocorre na Figura 12.b no centro da Ilha de Marajó e ao sul da mesma, onde na Figura 12.a encontra-se valores até 18.0 g/kg. Há uma diferença também entre 45°W e 48°W e 1,5°S a 6°S, com redução da umidade na Figura 12.b.

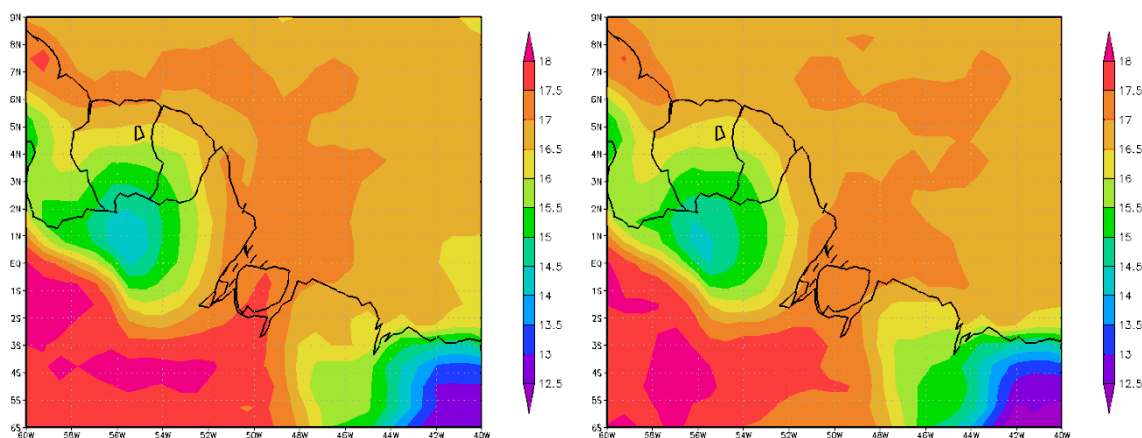


Figura 12. a) (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em novembro de 2005; **b)** (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em novembro de 2005.

O mês de dezembro apresenta 24 dias com registro de LI, dos quais em 20 ocorre LIC e no restante ocorre LIP 1. Ao analisar as Figuras 13.a e 13.b, observa-se

umidade entre 15.5 e 16.0 g/kg na região costeira, interior e porção oceânica próxima à costa compreendida entre 54°W e 58°W, para a Figura 13.b. Na Figura 13.a, essas regiões têm umidade variando de 16.0 a 17.0 g/kg. No interior da costa entre 44°W e 52°W têm-se umidade entre 17.0 e 17.5 g/kg na Figura 13.a, com algumas áreas atingindo até 18 g/kg. Essa mesma área (44°W a 52°W), com o valor de 17.0 e 17.5 g/kg também está presente na Figura 13.b, mas não se estende muito para o interior, ficando mais próxima à região litorânea. Ao redor dela, tanto no continente, quanto na parcela oceânica próxima à costa, o valor de umidade fica entre 16.5 e 17.0 g/kg. Na maior parte do oceano entre 40°W e 52°W, na Figura 13.a, a umidade apresenta-se com valor de 16.5 a 17.0 g/kg, enquanto na Figura 13.b, o valor reduz-se para 16.0 a 16.5 g/kg.

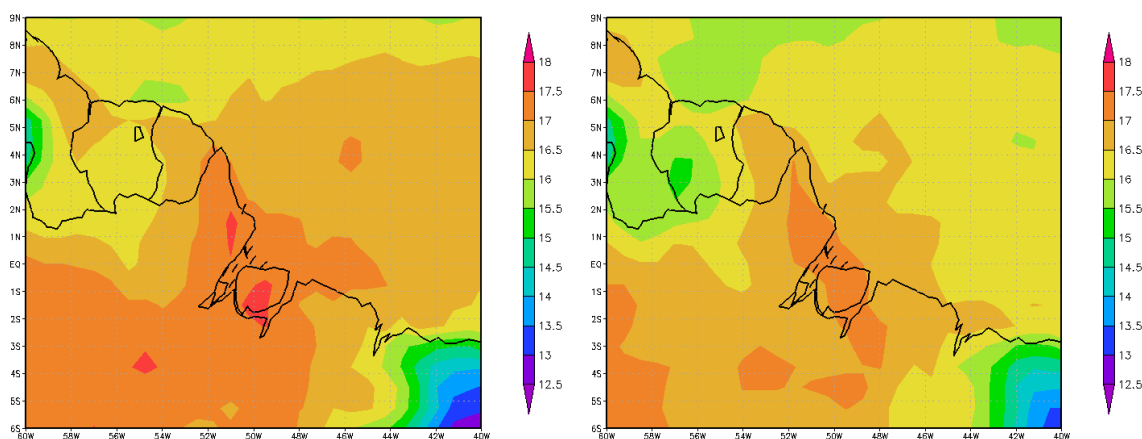


Figura 13. a) (esquerda) Média da umidade específica (g/kg) dos dias com LI, em dezembro de 2005; **b)** (direita) Média da umidade específica (g/kg) dos dias sem LI, em dezembro de 2005.

Na análise das figuras que representam os campos médios mensais para a variável temperatura (exemplo: Figura 14) são escolhidos dois pontos, um sobre o continente (1°N, 52°W) e outro sobre o oceano (1°N, 48°W), a fim de calcular a diferença de temperatura entre eles, sabendo-se que uma maior diferença contribui para a geração de brisa marítima, que influencia a formação e, principalmente, a propagação das linhas de instabilidade. Os resultados dessa análise são apresentados na Tabela 1, onde se nota que de janeiro a julho, na maioria dos meses, a diferença de temperatura dos campos médios mensais de dias com LI foi maior do que a diferença encontrada nas médias mensais de dias sem LI, ocorrendo o contrário em janeiro e maio.

Verifica-se que a maioria desses meses apresenta alta umidade (Figuras 2 a 7), em relação aos meses restantes de 2005, o que contribui para a formação de muitas LI. Nesses sete meses, de fato, são identificadas muitas linhas de instabilidade (Figura 1), principalmente que se propagam. Mas em janeiro, a maior parte das LI é do tipo LIC e conforme a Tabela 1, a diferença de temperatura é maior na média de dias sem LI, sugerindo que uma menor diferença de temperatura nos dias com LI pode ser responsável pela ausência de muitas LIP, mesmo em um mês úmido.

Em maio, mesmo a diferença de temperatura, sendo menor nos dias com LI (Tabela 1), observa-se muitas LIC e LIP (Figura 1). Isso pode ser explicado, levando-se em conta que nesse mês, próximo à costa, nos dias com LI, sobre o oceano encontra-se uma faixa contínua com temperatura entre 299.0 K e 299.5 K (Figura 14.a), o que não acontece na média de dias sem LI (Figura 14.b). Essa temperatura mais alta favorece a

evaporação e conseqüentemente o aumento da umidade, como pode ser visto na Figura 6.a.

No mês de julho, apesar de verificar-se menos umidade (Figura 8) em relação aos meses anteriores, a diferença de temperatura, maior no campo médio de dias com LI (Tabela 1), pode ser a responsável pela alta quantidade de LIP identificada no histograma de frequência (Figura 1).

Nos demais meses, agosto a dezembro, também menos úmidos (Figuras 9 a 13), percebe-se, através da Tabela 1, que a diferença de temperatura na média de dias com LI em relação à diferença na média de dias sem LI é menor (setembro, outubro e dezembro) ou igual (agosto e novembro), havendo nesses meses poucas LIP (Figura 1). Em agosto e dezembro há registro de muitas linhas de instabilidade, sendo a maioria LIC. Em setembro e em outubro são verificadas poucas LI e todas elas são do tipo LIC. E em novembro, das poucas LI detectadas, apenas 1 se propaga, sendo esta uma LIP 1.

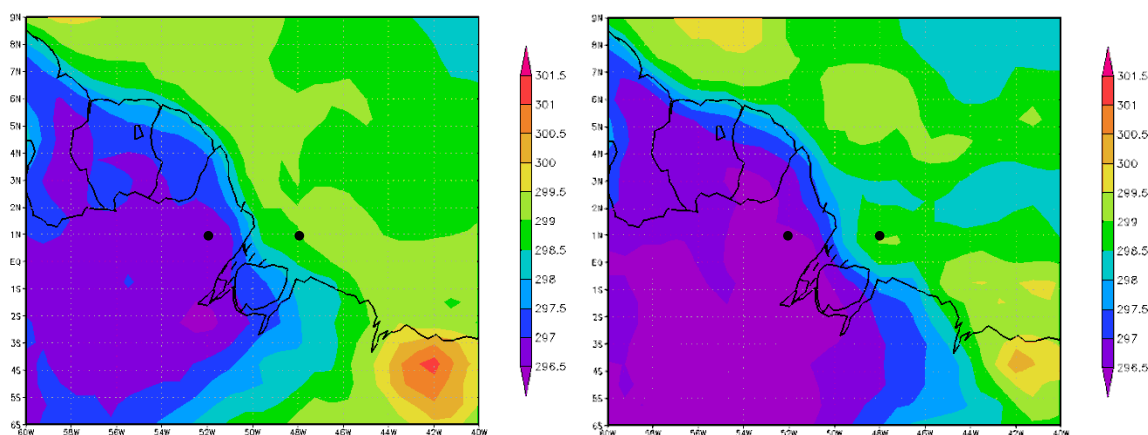


Figura 14. a) (esquerda) Média da temperatura (K) dos dias com LI, em maio de 2005; **b)** (direita) Média da temperatura (K) dos dias sem LI, em maio de 2005. As marcas na cor preta em 1°N, 52°W e em 1°N, 48°W indicam os pontos utilizados para o cálculo da diferença de temperatura.

Tabela 1. Diferença de temperatura (T) entre dois pontos (1°N, 48°W e 1°N, 52°W) dos campos médios mensais dos dias com e sem LI; comparação entre essas diferenças; e característica da quantidade de LI baseada na Figura 1.

Mês	Dif T (K) na média de dias c/ LI	Comparação: maior (>) menor (<) igual (=)	Dif T (K) na média de dias s/ LI	Característica
Janeiro	1.5	<	2.0	Muita LIC Pouca LIP
Fevereiro	2.5	>	2.0	Muita LIP
Março	2.5	>	2.0	Muita LIC Muita LIP

Abril	2.0	>	1.0	Muita LIP
Maio	2.0	<	2.5	Muita LIC Muita LIP
Junho	2.0	>	1.5	Muita LIC Muita LIP
Julho	2.5	>	2.0	Muita LIP
Agosto	2.0	=	2.0	Mais LIC do que LIP
Setembro	0.5	<	1.0	Pouca LI Nenhuma LIP
Outubro	0	<	0.5	Pouca LI Nenhuma LIP
Novembro	0	=	0	Pouca LI 1 LIP
Dezembro	2.0	<	2.5	Muita LIC Pouca LIP

CONCLUSÕES

Pela análise das figuras que representam a média de umidade para os dias com e sem LI, nota-se uma diminuição de umidade em vários pontos das figuras desde julho até dezembro. E a partir de agosto verifica-se uma predominância da ocorrência de LIC até dezembro (Figura 1). Dos 27 dias de casos de LI em agosto, 7 são LIP 1 e 2 são LIP 2. Em setembro e outubro, quando ocorrem poucos casos de LI, não há registro de LIP; em novembro apenas 1 dia registra LIP 1, nos 8 dias restantes ocorre linhas de instabilidade costeiras; em dezembro, o número de LI aumenta, chegando a 24 dias com registro de formação do sistema, sendo a maioria ainda do tipo LIC. Essas informações sugerem que a diminuição na umidade pode levar à diminuição dos casos de LI e também redução dos casos de propagação do sistema, já que na maioria dos meses analisados em que há registro de muitos casos de LI e de LIP, são meses em que a umidade está maior sobre a costa, interior e oceano. Logo, é bem evidente que as LI elevam os níveis de umidade por onde passam e que ocorrem com maior frequência em

meses mais úmidos, além disso, a propagação dos sistemas pelo interior parece estar fortemente relacionada com o teor de umidade que chega à costa, através dos ventos que sopram do oceano, propagando-se mais quanto maior for esse grau de umidade sobre o mar.

Confirma-se, através do estudo da temperatura e de seus resultados expostos na Tabela 1, que os meses em que a diferença de temperatura entre o mar e o continente fica maior na média de dias com LI do que na média de dias sem LI, apresentam maior número de linhas de instabilidade, principalmente das que se propagam, devido a maior geração de brisa por influência dessa diferença de temperatura. E nos meses em que essa diferença é menor nos campos médios de dias com LI ou igual à diferença nas médias de dias sem LI, há pouco número de ocorrências do sistema, ausências de LIP ou predominância de LIC, entendendo-se que isso se dá devido ao inferior desenvolvimento de brisa.

A importância do fator diferença de temperatura e consequente geração de brisa também se dá ao constatar que mesmo em um mês menos úmido, pode haver muita LIP se a diferença de temperatura entre o oceano e o continente for grande nos dias com LI, como ocorre no mês de julho de 2005 (Tabela 1, Figura 8).

Com base em tais resultados relatados acima, percebe-se que a formação das linhas de instabilidade é complexa, dependendo do comportamento de várias condições ambientais para seu desenvolvimento e intensidade. Tal sistema é de grande relevância para os volumes de precipitação não apenas no litoral norte do Brasil, mas em parte da região Norte, pois grande parte das linhas de instabilidade propaga-se para o interior. Tais complexidades sugerem a continuação dos estudos a respeito das linhas de instabilidade e de outras variáveis envolvidas na formação e propagação do sistema, como o vento zonal e a velocidade vertical, em razão da sua relevância.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, C. R., 2010: **Um estudo da relação entre jato de baixos níveis e linhas de instabilidade da Amazônia**. Tese de doutorado; USP; São Paulo; 134 f.

ALCÂNTARA, C. R.; SILVA DIAS, M. A. F.; SOUZA, E. P.; COHEN, J. C. P. Verification of the Role of the Low Level Jets in Amazon Squall Lines. **Atmospheric Research**, v. 100, p. 36-44, 2011.

CAVALCANTI, I. F. A. FERREIRA, N. J., DIAS, M. A. F., JUSTI, M. G. A., 2009: **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos; 463 p.

COHEN, J. C. P., SILVA DIAS, M. A. F., NOBRE, C. A., 1995: Environmental conditions associated with amazonian squall lines: a case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, n. 11, p. 3163-3174, 1995.

GARSTANG M., MASSIE, H. L., HALVERSON J., GRECO S., SCALA J., 1994: Amazon Coastal Squall Line. Part I: Structure and Kinematics. **Monthly Weather Review**, v. 122, n. 4, p. 608-622, 1994.

MOLION, L. C. B.; 1987: On the dynamic climatology of the Amazon Basin and associated rain-producing mechanisms. **The Geophysiology of Amazonia: Vegetation and Climate Interactions**, R. Dickerson, Ed. Wiley Interscience, p. 391-407, 1987.

NEGRI, A. J., ANAGNOSTOU, E. N., e ADLER, R. F. (2000). A 10-yr climatology of Amazonian rainfall derived from passive microwave satellite observations. **Journal of Applied Meteorology**, v. 39, n. 1, p. 42-56, 2000.

CONTRIBUIÇÃO DA TSM PARA SÉRIE TEMPORAL DE PRECIPITAÇÃO UTILIZANDO MODELAGEM GAMLSS

Me. Leydson Galvêncio Dantas¹, Dr. Carlos Antonio Costa dos Santos², Dr. Ricardo Alves de Olinda³, Dr. José Ivaldo Barbosa de Brito⁴

¹Doutorando, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, Paraíba, leydsongalvencio@gmail.com; ² Professor Adjunto, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, Paraíba, carlos.antonio@ufcg.edu.br; ³ Professor Adjunto, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, ricardo.estat@yahoo.com.br; ⁴ Professor Adjunto, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, Paraíba, jose.ivaldo@ufcg.edu.br

RESUMO: Neste estudo é analisado a dependência da série temporal de precipitação com a anomalia de temperatura dos oceanos utilizando Modelos Aditivos Generalizados de Escala, Posição e Forma (GAMLSS), na cidade de Sapé localizada no estado da Paraíba, compreendendo o período entre 1950-2015. É verificado a independência e normalidade dos resíduos pelo cálculo de sua média, variância, coeficiente de inclinação, coeficiente de curtose, coeficiente de Filliben e os quantis dos desvios normalizados. Com o auxílio da modelagem GAMLSS foi possível observar a forte dependência das precipitações desta localidade devido as anomalias dos índices climáticos das regiões de Niño 3.4, Niño 4, PDO, SOI e TNA.

PALAVRAS-CHAVE: Teleconexões, não-estacionariedade, climatologia.

CONTRIBUTION TO THE SST FOR TIME SERIES PRECIPITATION USING GAMLSS MODEL

ABSTRACT: In this study the dependence of the temporal series of precipitation with the temperature anomaly of the oceans using Generalized Additive Models for Location, Scale, and Shape(GAMLSS) for the city of Sapé in the state of Paraíba, including the period between 1950 and 2015, is analyzed. It is verified the independence and normality of the residues by calculating their mean, variance, skewness of coefficient, kurtosis of coefficient, Filliben correlation coefficient and the quantiles of normalized deviations. With the aid of the GAMLSS model, it was possible to observe the strong dependence of the precipitations of this locality due to the anomalies of the climatic indexes of the regions of Niño 3.4, Niño 4, PDO, SOI and TNA.

KEY-WORDS: Teleconnections, non-stationarity, climatology.

INTRODUÇÃO

A alta variabilidade espaço-temporal da distribuição das chuvas no leste do Nordeste, proporciona eventos de secas como também de precipitação intensa fazendo-se a necessidade de pesquisas onde se possa determinar uma climatologia mais precisa sobre esses determinados eventos, nos quais são altamente influenciados pelos padrões de teleconexões globais associado aos fenômenos de El Niño e La Niña (Kayano e Capistrano, 2014)

Analisando a variabilidade climática em termos pluviométricos no Nordeste brasileiro, Alves (2012) observou que o fenômeno do El Niño-Oscilação Sul e as fases do dipolo da TSM afetam de forma direta no nível da precipitação na parte norte do Nordeste, proporcionando decréscimo de precipitação devido a estes padrões que influenciam diretamente no clima da região tropical.

O modelo aditivo generalizado para posição, escala e forma (GAMLSS), trata-se de uma classe geral de modelos estatísticos da variável resposta univariada. Este modelo assume observações independentes da variável resposta y dados os parâmetros das

variáveis que podem influenciar o seu comportamento no decorrer do tempo associado aos valores dos efeitos aleatórios (Rigby e Stasinopoulos, 2005). Neste trabalho objetivou-se analisar a dependência da série temporal de precipitação na cidade de Sapé – PB, com as anomalias de temperatura da superfície dos oceanos utilizando modelagem GAMLSS.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo será realizado para a cidade de Sapé localizada no estado da Paraíba, onde serão utilizados os dados mensais pluviométricos (Figura 1), entre os anos de 1950 a 2015, período no qual onde se começa a observar os índices climáticos dos Oceanos Atlântico e Pacífico. Os dados das séries temporais serão fornecidos das estações pluviométricas da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) e INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), já os dados dos índices climáticos dos oceanos serão obtidos pela *Earth System Research Laboratory/National Oceanic & Atmospheric Administration* (ESRL/NOAA). A simulação dos dados faltosos é realizada por meio da Expectativa de Maximização via *bootstrap* (EMB), implementado no pacote *Amelia II* (Honaker et al., 2011) do *software R* (R Development Core Team, 2016).

No GAMLSS a resposta da variável aleatória Y , segue em função da distribuição dos parâmetros cumulativos, com estes parâmetros sendo modelados em função das variáveis explicativas selecionadas, ou seja, por esta análise é possível observar a sensibilidade da precipitação de Sapé sob a influência dos índices climáticos (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4, Niño 4, AMO, NAO, PDO, SOI, TNA e TSA). Seguindo esta analogia, cinco diferentes distribuições foram propostas para observar a dependência das precipitações no estado da Paraíba com os índices climáticos (Gamma – GA, Gamma Generalizada – GG e Gamma zero ajustada – ZAGA). Uma melhor compreensão de como funciona o GAMLSS pode ser encontrado em Rigby e Stasinopoulos (2005).

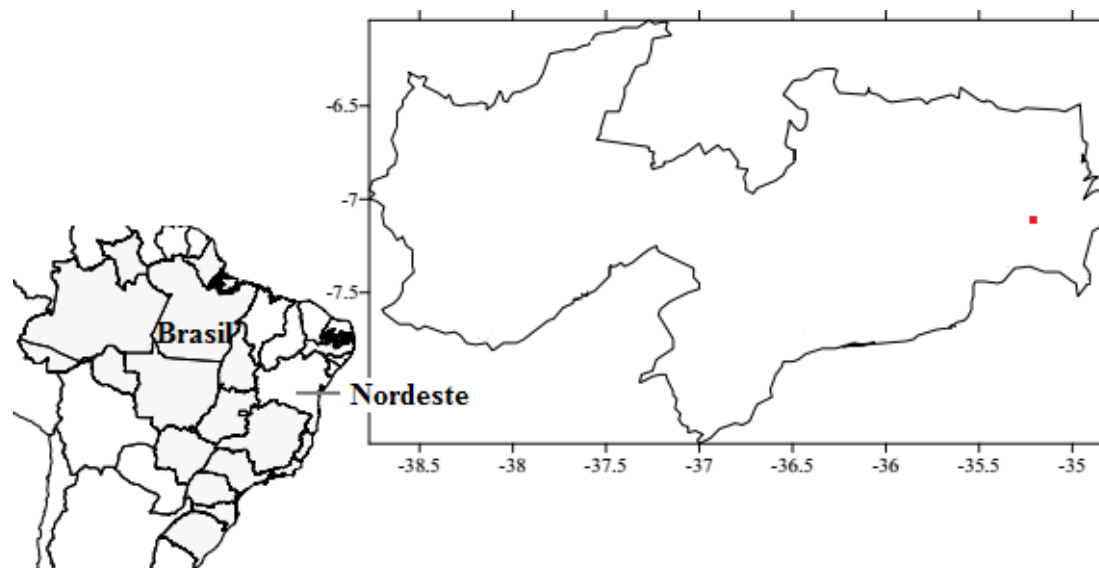


Figura 1. Localização da cidade de Sapé na Paraíba.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As distribuições que se adequaram melhor as séries de cada localidade pode ser observada na Tabela 1, onde é possível verificar que a distribuição GG prevaleceu como a que melhor possibilidade a se ajustar na análise dos dados, isso ocorre devido à

presença de precipitação em todos as médias trimestrais das séries representativas, pois em caso de precipitação igual a zero seria impossível utilizar este tipo de distribuição.

Tabela 1. Ajuste dos modelos para a cidade de Sapé – PB.

Distribuição	AIC	BIC	σ^2
GG	8404,91	8470,3	0,6367
GA	8439,82	8500,56	0,7983
ZAGA	8441,82	8507,22	0,7983

Procurando avaliar a qualidade do ajuste do modelo aos dados, observa-se o comportamento da média, variância, coeficientes de assimetria, curtose e Filliben dos resíduos, para o modelo característico da localidade, pelo critério de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC) (Tabela 1). Essa interpretação pode ser auxiliada visualmente pelos gráficos de *worm plot* onde é possível verificar as condições de normalidade dos resíduos.

Em Sapé a média residual é 0,0047 e a variância é aproximadamente 1 (0,9981), com coeficiente assimétrico de 0,0104 e de curtose próximo a 2,8255. Como para a obtenção de um bom ajuste é necessário ter média em torno de 0, variância próxima de 1, coeficiente de assimetria próximo de 0 e coeficiente de curtose próximo de 3, então é possível notar que os resíduos seguem um padrão de distribuição normal. Já a configuração de que os resíduos são independente e identicamente distribuídos (iid) pode ser observada pelo valor do coeficiente de Filliben (para uma amostra de 54 valores, o valor crítico para o coeficiente de Filliben é 0,978), que para esta localidade é igual a 0,999. Ao analisar o gráfico de *worm plot* existe a possibilidade em confirmar a adequabilidade dos modelos as séries, pois os pontos do gráfico estão próximos a linha sólida, com pouca oscilação, fluando pela linha de desvio zero e dentro dos intervalos de confiança a 95% (curvas elípticas pontilhadas), comprovando a característica da normalidade nos dados pelas distribuições escolhidas.

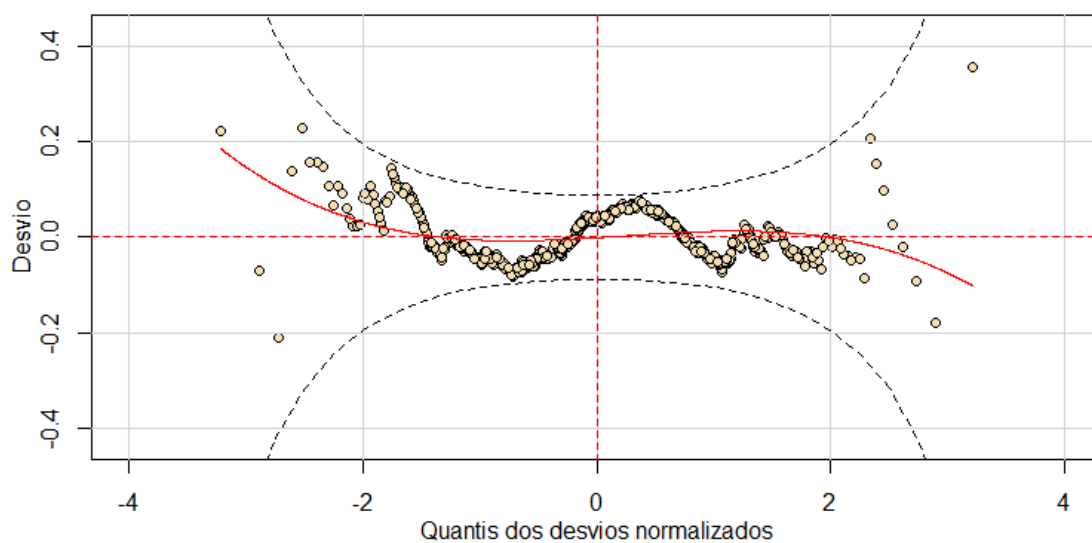


Figura 2. *Worm plot* residual da distribuição GG pelo modelo GAMLSS para a cidade de Sapé no estado da Paraíba.

Com o modelo ajustado é proposto analisar a relação de causa e efeito entre a série de precipitação e os índices, por meio dos parâmetros estimados pelo modelo. Os parâmetros do modelo selecionado e seus devidos erros padrões associados, podem ser observados na Tabela 2. Generalizando o contexto em modo de simulação, nos períodos onde há atuação positiva na região de Niño 4, PDO e SOI, ou seja, com temperaturas acima da média climatológica, sobressaindo os outros índices, os resultados indicam que em Sapé a distribuição das chuvas esperadas sejam em torno da média climatológica ou superior. No entanto, quando a região do Niño 3.4 e TNA estiverem mais aquecidos do que a normalidade e os outros índices representativos estiverem em fase negativa ou neutro, a tendência é que ocorra má distribuição no regime de chuvas, prejudicando negativamente no volume pluviométrico acumulado, e por sua vez impactando negativamente na agricultura e pecuária, nas quais são de suma importância econômica para a região.

Tabela 2. Parâmetros estimados com maior representatividade ano nível de $\alpha \leq 0,05$.

Intercepto	NINO 3.4	NINO4	PDO	SOI	TNA
4,73 (0,05)	-0,27 (0,1)	0,38 (0,11)	0,09 (0,03)	0,08 (0,04)	-0,28 (0,08)

CONCLUSÕES

O modelo GAMLSS conseguiu reproduzir bem a dependência da distribuição das chuvas em Sapé pelos índices climáticos oceânicos, destacando o Niño 3.4, Niño 4, PDO, SOI e TNA, como os mais significativos. Baseado nestas informações é adquirido conhecimento antecipado sobre os riscos climáticos de maneira simples, sendo assim possível mitigar as consequências de possíveis secas devido as variabilidades climáticas, desenvolvendo deste modo resiliência.

AGRADECIMENTOS

Os pesquisadores agradecem ao CNPQ pelo consenso da bolsa de estudos ao programa PGMET em nível de doutorado ao primeiro autor, e a AESA pelo banco de dados fornecidos de precipitação da região estudada.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. B., Recentes Variações Climáticas no Nordeste do Brasil com Ênfase a Precipitação: Relações com o ENOS, Dipolo de Temperatura da Superfície do Mar no Atlântico Tropical e a Oscilação Decadal do Pacífico. **Revista de Geografia**, v. 29, p. 147-166, 2012.

KAYANO, M. T., CAPISTRANO, V. B., How the Atlantic multidecadal oscillation (AMO) modifies the ENSO influence on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, v. 34, p. 162 - 178, 2014.

R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/index.html>>

RIGBY, R. A., STASINOPOULOS, D. M., Generalized additive models for location, scale and shape. **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)**, v. 54, p. 507-554, 2005.

IMPACTO DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO CONFORTO TÉRMICO EM ÁREAS PÚBLICAS NA CIDADE DE PETROLINA/PE

DACANAL, C.¹; SOUSA, L. F. M.²; SOUZA, L. S. B.³

¹ Professora do Colegiado de Engenharia Agrônoma, UNIVASF, Petrolina-PE, cristiane.dacanal@univasf.edu.br; ² Bolsista de Iniciação Científica do Colegiado de Engenharia Agrônoma, UNIVASF, larissaflaviamuniz@gmail.com; ³ Bolsista de Iniciação Científica do Colegiado de Engenharia Agrônoma, UNIVASF, larissasilva160@hotmail.com;

RESUMO: A arborização de espaços livres urbanos é fundamental em climas secos e quentes amenizando as altas temperaturas e auxiliando a prática de atividades físicas e o deslocamento dos cidadãos. Os fragmentos florestais influenciam diretamente no microclima do ambiente, tornando-o mais confortável em relação a ambientes pobres de vegetação, contribuindo significativamente na melhoria da qualidade de vida e do bem-estar no meio urbano. O objetivo dessa pesquisa é associar a presença de vegetação com a percepção populacional em relação à sensação de conforto térmico em espaços arborizados e não-arborizados. Para isso, foi feita coleta de dados microclimáticos, como temperatura do ar, umidade do ar, velocidade dos ventos, temperatura de globo e radiação global, em dois pontos da cidade (Parque Municipal Josepha Coelho e Praça do Galo) e aplicação de questionários sobre o conforto térmico dos usuários desses locais. A partir das análises feitas foi possível notar a importância da arborização na melhoria do microclima da cidade e na sensação térmica de quem frequenta esses espaços.

PALAVRAS-CHAVE: Microclima; espaços livres; sensação térmica.

ABSTRACT: The afforestation of urban open spaces is essential in dry and hot climates, softening the high temperatures and helping to practice physical activities and the displacement of citizens. The forest fragments directly influence the microclimate of the environment, making it more comfortable in relation to poor vegetation environments, contributing significantly to the improvement of the quality of life and well-being in the urban environment. The objective of this research is to associate the presence of vegetation with the population perception in relation to the sensation of thermal comfort in wooded and non-wooded spaces. For this purpose, microclimatic data were collected, such as air temperature, air humidity, wind velocity, globe temperature and global radiation, in two points of the city (Parque Municipal Josepha Coelho e Praça do Galo) and application of questionnaires on the thermal comfort of local users. Based on the analysis made it possible to note the importance of afforestation in improving the microclimate of the city and the thermal sensation of those who frequent these spaces.

KEY-WORDS: Microclimate; open spaces; thermal sensation.

INTRODUÇÃO

O crescimento e o desenvolvimento urbano vem proporcionando um novo pensamento sobre as questões ambientais devido, principalmente, a diminuição da proporção de espaços livres arborizados e consequente modificação térmica. A perda da cobertura arbórea e a má ocupação dos solos são consequências da acelerada

urbanização que influenciam nas condições de conforto térmico. A vegetação reduz a temperatura do ar por sombreamento direto das superfícies bem como diminui o ganho de calor solar através da evapotranspiração das plantas e conversão da radiação solar incidente para calor latente (DIMOUDI; NIKOLOPOULOU, 2003).

Os espaços exteriores urbanos contribuem para a redução de vários tipos de poluições além de melhorar as condições climáticas. Os espaços abertos urbanos interferem positivamente para a saúde humana e o bem-estar o que conseqüentemente auxilia no conforto térmico humano em áreas públicas (GEORGI; DIMITRIOU, 2010). A “sensação” humana de conforto térmico depende do arranjo de vários fatores ambientais e do próprio indivíduo, bem como outros mais subjetivos, como idade, sexo, estado de saúde, adaptação fisiológica ao clima local ou simplesmente preferências pessoais.

Neste contexto o principal objetivo do trabalho foi caracterizar o microclima de espaços livres urbanos arborizados na cidade de Petrolina-PE, bem como avaliar o conforto térmico de seus usuários no período de verão.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada baseou-se escolha de dois espaços urbanos livres arborizados de Petrolina - PE. Nos dois espaços selecionados, Parque Josepha Coelho e Praça do Galo, foram determinados dois pontos, um à sombra e outro ao sol. Em cada ponto foi montada uma pequena estação, onde se deu o monitoramento de variáveis microclimáticas. Foram coletados dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos, temperatura de globo negro e também de concentração de CO₂. Os instrumentos de medição foram fixados em tripés metálicos, na altura de 1,5m e os dados foram anotados a cada 15 minutos, entre 8:00h e 17:30h.

Concomitante foram aplicados questionários para o voto de sensação térmica (ASV – Actual sensation vote) dos usuários dos espaços e realizado checklist de avaliação qualitativa do local, baseado em Scudo & Dessi (2006), examinando-se a circulação, atividades, microclimas, presença de subespaços, e assentos. Os dados foram coletados em três dias (repetições) em cada ponto, para gerar uma média que não fugisse do real.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos questionários foram analisados graficamente, conforme exemplificado na Figura 1. Nos dois espaços públicos estudados, observou-se uma incidência maior de entrevistados no ponto arborizado (ponto 1) indicando que estes cativam os usuários. As entrevistas mostraram que, mesmo sendo mais frequentados, os pontos arborizados ainda apresentam um nível alto de desconforto, 65% Parque Municipal e 95% Praça do Galo, o que pode ser explicado pelo uso de espécies arbóreas inadequadas, falta de água para amenizar o microclima, má distribuição da vegetação, etc. O desconforto térmico entre os entrevistados nos pontos não arborizados prevaleceu, ocorrendo em 75% no parque e 100% na praça.

A análise do check-list também se deu graficamente, exemplificado na figura 2, tendo sua pontuação mostrado que o maior recobrimento de vegetação, maior variedade de subespaços, maior disponibilidade urbana, etc, favorecem o uso, e isto pode ser observado pela quantidade de visitantes e de entrevistados no Parque Municipal, já que este espaço proporciona maior disponibilidade de opções de atividades.

As comparações feitas a partir dos gráficos (como no exemplo da figura 3) mostram a notável diferença microclimática entre os dois tratamentos - sol e sombreamento arbóreo - em ambos os espaços livres públicos - praça e rua. É possível avaliar por meio desses parâmetros os benefícios da arborização no clima, onde se pode observar que nas áreas sem cobertura vegetal, as temperaturas são mais altas. Por meio desta análise prévia, corrobora-se com a ideia de que a arborização urbana modifica o microclima tornando-o atrativo para os usuários na realização de atividades ao ar livre.

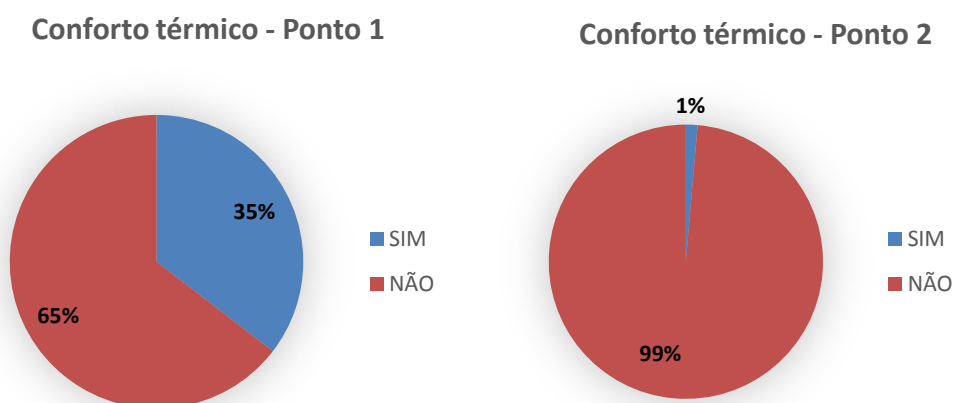


Figura 1. Voto de sensação térmica (ASV) no Parque Municipal Josepha Coelho no ponto 1 - arborizado e à sombra, e no ponto 2 - não arborizado e ao sol.

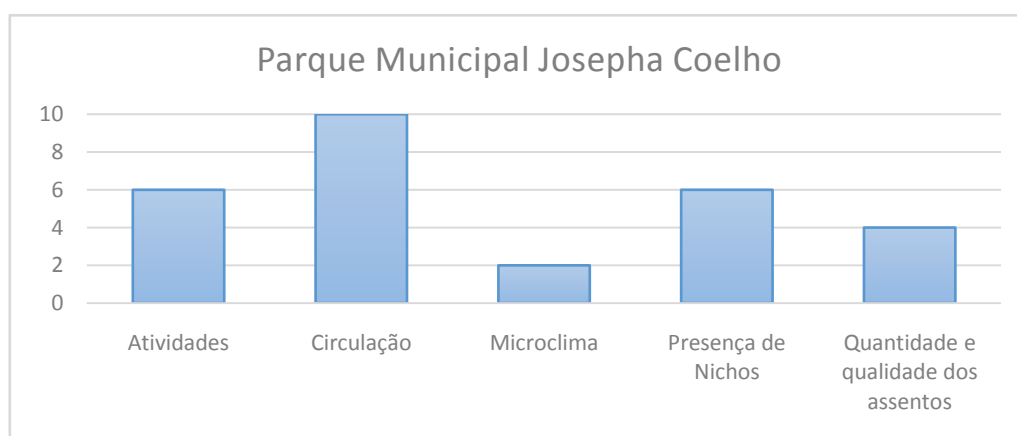


Figura 2. Análise da pontuação do checklist dos espaços urbanos públicos estudados.

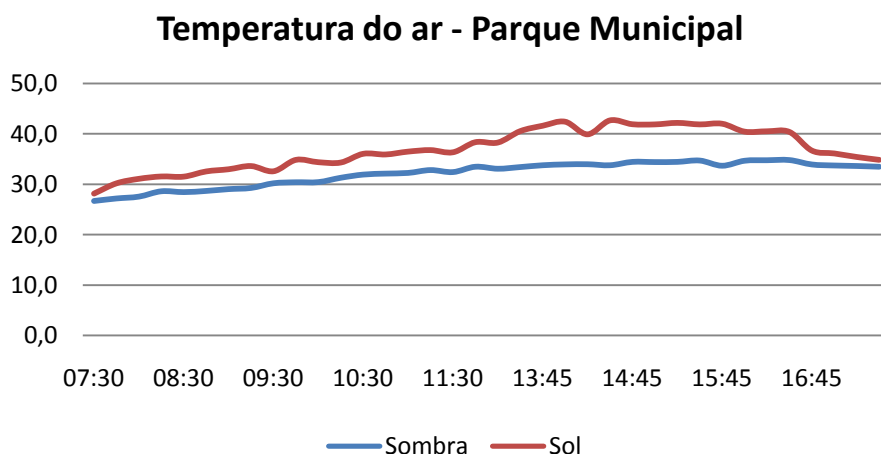


Figura 3. Temperatura do ar (°C) no Parque Municipal (ponto 1 - sombra; ponto 2 sol)

CONCLUSÕES

Os microclimas caracterizados evidenciaram a ação efetiva da vegetação no estado de conforto térmico dos usuários. As diferenças microclimáticas entre pontos estudados pode ser notada na temperatura média máxima obtida nos dois pontos, o ponto arborizado atingiu 34,8°C no Parque e 39,8°C na Praça, enquanto nos pontos não arborizados a temperatura média máxima foi de 42,7°C no Parque e 43,6°C na Praça.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC/UNIVASF, pela bolsa de IC.

REFERÊNCIAS

DIMOUDI, A.; NIKOLOPOULOU, M. Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and Building* 35, 2003. p. 69-76.

GEORGI, J. N.; DIMITRIOU, D., The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, Greece, *Building and Environment*, Volume 45, Issue 6, June 2010, Pages 1401-1414.

SCUDO, G.; DESSI, V (2006). Thermal comfort in urban space renewal, *Proceedings 24th International Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Genève, 7-8 September 2006.

RADIAÇÃO SOLAR MENSAL NO RIO DE JANEIRO BASEADA NO INTERPOLADOR INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA

Mariane S. Pessanha¹, Allana O. Lima², Guilherme B. Lyra³, José Leonaldo de Souza⁴, Gustavo B. Lyra⁵

¹ Graduanda em Eng. de Agrimensura e Cartográfica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, marisantospessanha@gmail.com; ² Mestre em Eng. de Biosistemas, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, allanaolima@gmail.com; ³ Professor, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, gbastoslyra@gmail.com; ⁴ Professor, Inst. de Ciências Atmosféricas, UFAL, Rio Largo, AL, jls@ccen.ufal.br; ⁵ Professor, Dep. de Ciências Ambientais do Inst. de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, gblyra@gmail.com

RESUMO: A radiação solar é importante elemento meteorológico relacionado a diferentes processos, sendo fundamental em estudos na área de meteorologia e geração de energia. Devido à escassez de estações meteorológicas e na ausência de dados observados de irradiação solar (R_s) uma alternativa é o uso de métodos para interpolação espacial, a fim de se obter dados contínuos e de qualidade distribuídos no espaço. Este estudo tem como objetivo avaliar o método de interpolação do Inverso do Quadrado da Distância (IQD) aplicado a R_s obtida em 20 estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia para o período de 2000 a 2013. Para a avaliação do desempenho do método, utilizaram-se os seguintes índices estatísticos: d - índice de concordância de Willmott; r^2 - coeficiente de determinação da regressão linear entre R_s mensal observado e estimado e RQME - Raiz do Quadrado Médio do Erro. O método IQD apresentou desempenho satisfatório, resultando em precisão ($r^2 > 0,84$) e exatidão ($d > 0,87$ e RQME $< 10,1$ %) na estimativa da irradiação solar do estado do Rio de Janeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Irradiação solar; interpolação espacial; SIG

MONTHLY SOLAR RADIATION OVER RIO DE JANEIRO STATE, BRAZIL, BASED IN THE INVERSE DISTANCE OF SQUARE

ABSTRACT: Solar radiation is an important meteorological element for several processes, it is fundamental in studies in the area of meteorology and power generation. However, just a few weather stations measure incoming solar irradiation (R_s). When not measured R_s , an alternative is the use of methods for spatial interpolation for your estimate. These methods can be applied to obtain continuous and quality R_s data distributed in space. The aim of this study was to evaluate the Inverse Distance of Square (IDS) method applied to R_s obtained in 20 weather stations from Instituto Nacional de Meteorologia for the period 2000 to 2013. For evaluation of the interpolation, statistical indices were used: d - Willmott's concordance index; r^2 - coefficient of determination of linear regression between observed and interpolated R_s and RMSE - Root Mean Square Error. The IDS method showed satisfactory performance, resulting in high precision ($r^2 > 0.84$) and accuracy ($d > 0.87$ e RQME < 10.1 %) of the R_s interpolation in the state of Rio de Janeiro, Brazil.

KEY-WORDS: Solar irradiation; spatial interpolation; GIS

INTRODUÇÃO

A radiação solar é fonte primária de energia, que fornece luz e calor para a manutenção da vida terrestre. Ela é força motriz para muitos processos físico-químicos e biológicos que ocorrem no sistema Terra-Atmosfera. Apresenta-se, assim, como importante elemento meteorológico, principalmente, em estudos relacionados aos processos de aquecimento do ar e do solo, evaporação, transpiração e fotossíntese (BORGES et al., 2010). A radiação solar pode também ser usada para geração de energia elétrica e térmica.

O aumento da demanda energética, associada às questões ambientais, impulsiona a pesquisa e uso de novas tecnologias por empresas públicas e privadas, que visam o consumo de energia oriunda de fontes renováveis (e.g. solar). O conhecimento da quantidade e qualidade da radiação solar, e como essa se distribui no espaço são fatores importantes para determinação do potencial do seu uso e suas possíveis aplicações. Além disso, a determinação da irradiação solar incidente - R_s [integral da irradiância solar em determinada escala de tempo] em determinado local e período é essencial em estudos meteorológicos e climáticos (CARGNELUTTI-FILHO et al., 2007).

No Brasil, existe carência de longas séries contínuas e de qualidade de R_s , devido ao reduzido número de estações meteorológicas que realizam observações da irradiância solar (JERSZURKI; SOUZA; 2013). Associado a isso, a baixa densidade dessas estações e sua distribuição espacial heterogênea, comprometem os estudos da distribuição espaço-temporal da radiação solar. A necessidade da interpolação espacial surge da restrição quanto ao número de estações. Assim, dados de regiões com ausência de observações de irradiância solar podem ser obtidos por métodos de interpolação. Este estudo tem como objetivo avaliar o método de interpolação do Inverso do Quadrado da Distância aplicado a irradiação solar incidente mensal no estado do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o estado do Rio de Janeiro (RJ), localizado na região Sudeste do Brasil, entre as latitudes 20° 44' e 23° 22' S e as longitudes 40° 57' e 44° 53' W. As estações selecionadas no presente trabalho apresentavam séries de irradiação solar incidente superiores ou iguais a cinco anos e com início a partir de 2000 até 2013. Baseado nesses critérios foram selecionadas 20 estações (Tabela 1) meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Dessas estações foram obtidas as séries de R_s horária (KJ h^{-1}). Dentre as estações, quatorze estavam localizadas no estado do Rio de Janeiro, três em Minas Gerais, duas em São Paulo e uma no Espírito Santo (Figura 1). A escolha de estações nos demais estados foi considerada a fim de evitar efeito “bordadura” no processo de interpolação.

Distribuição das estações meteorológicas

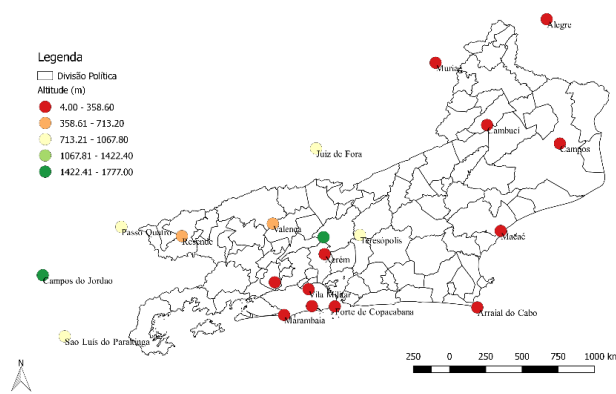


Figura 1. Estações meteorológicas automáticas utilizadas no estudo.

As séries de R_s horária das estações selecionadas foram submetidas a análise prévia de qualidade dos dados, com o objetivo de eliminar dados horários espúrios. Após essa análise, a irradiação solar horária foi integrada ao longo do período diurno para obter a irradiação solar diária ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) e posteriormente determinou-se a média mensal da irradiação solar para cada estação. Foram consideradas apenas séries diárias de R_s com no mínimo 75 % dos dados.

A interpolação espacial pelo método do Inverso do Quadrado da Distância (IQD) estima os valores do elemento ou fenômeno meteorológico nos pontos de uma grade regular, definida na área de estudo, com base numa combinação linear ponderada dos pontos amostrados. Para isso, o IQD considera uma média ponderada pelo inverso de uma função quadrática da distância entre o ponto de grade e o ponto amostrado (estação meteorológica) (MARCUIZZO et al., 2011).

A interpolação de R_s pelo IQD foi realizada no aplicativo Surfer 8[®] para cada mês. Após a interpolação, o arquivo no formato *raster* e no sistema de coordenadas UTM foi importado para o SIG-GRASS. No SIG-GRASS, fez-se a reprojeção de UTM para o sistema de coordenadas latitude/longitude. Em seguida, confeccionaram-se os mapas mensais da irradiação solar para o estado do Rio de Janeiro.

Para a análise dos mapas mensais interpolados de irradiação solar nas coordenadas das 20 estações utilizadas no estudo, foram obtidas para cada mês, pelo método da validação cruzada (*cross-validation*) os valores de R_s interpolado. Os valores interpolados foram comparados com R_s observadas nas estações meteorológicas pelo índice de concordância de Willmott (*d*), análise de regressão linear simples e seu coeficiente de determinação (r^2) e pela Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME). Com base no índice de concordância (*d*) de acordo com Willmott et al. (1981), a exatidão ou acurácia foi analisada. Quando $d = 0$, concordância nula, para $d = 1$, concordância perfeita, enquanto $r^2 = 0$ indica ausência de precisão e $r^2 = 1$ precisão perfeita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do interpolador IQD baseada nos índices estatísticos possibilitou a identificação dos padrões de distribuição espacial entre os dados observados e interpolados. Como resultados da análise estatística (Tabela 1) foram obtidos valores do índice *d* de Willmott variando de 0,866 (outubro) a 0,917 (maio) e coeficiente de determinação (r^2) entre 0,836 (Maio) a 0,976 (Outubro). A maior parte dos meses (11 meses) apresentaram r^2 superiores a 0,9 e do índice *d* de Willmott superiores a 0,9 (oito meses), inferindo em precisão e exatidão do método. Os valores da Raiz do Quadrado

Médio do Erro (RQME) normalizados pela média da irradiação solar variaram de 5,0 % (maio) a 10,1 % (junho), que representam variação absoluta de 0,78 a 1,64 MJ m⁻² d⁻¹.

Tabela 1. Coeficiente de determinação (r²) da regressão linear entre a irradiação solar incidente observada e interpolada pelo inverso do quadrado da distância, índice de concordância de Willmott (d) e Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME).

Mês	r ²	d	RQME (MJ m ⁻² d ⁻¹)	RQME(%)
janeiro	0,959	0,913	1,54	8,1%
fevereiro	0,957	0,905	1,58	7,2%
março	0,963	0,916	1,12	6,2%
abril	0,954	0,903	0,96	6,2%
maio	0,836	0,917	0,78	5,0%
junho	0,947	0,905	0,94	7,8%
julho	0,935	0,891	1,21	9,4%
agosto	0,940	0,885	1,39	9,2%
setembro	0,931	0,881	1,64	10,1%
outubro	0,976	0,866	1,25	7,0%
novembro	0,960	0,904	1,44	8,0%
dezembro	0,964	0,900	1,54	7,9%

Em janeiro, os maiores valores de R_s foram identificados nas regiões Noroeste e Norte Fluminense e nas Baixadas Litorâneas, enquanto a região Serrana e Centro-Sul Fluminense apresentaram os menores valores, a R_s variou entre 16,3 e 20,9 MJ m⁻² d⁻¹ (Figura 2). Para julho, menores valores de R_s ocorreram nas regiões Noroeste Fluminense, Baixadas Litorâneas e Metropolitana, sendo os maiores encontrados na região norte do Noroeste Fluminense, Norte Fluminense e na divisa da região Serrana com a Metropolitana, variando o R_s de 11,3 e 13,7 MJ m⁻² d⁻¹.

CONCLUSÕES

O método de interpolação IQD apresentou estimativas precisas e exatas da irradiação solar mensal do estado do Rio de Janeiro, servido os mapas como subsídios para futuras análises referentes a distribuição do potencial de energia solar no Estado. Os maiores valores de irradiação solar ocorreram nas regiões de baixas altitudes e próximas ao ambiente costeiro do Estado, enquanto os menores foram observados em regiões de altitude elevadas (> 500 m) do Estado.

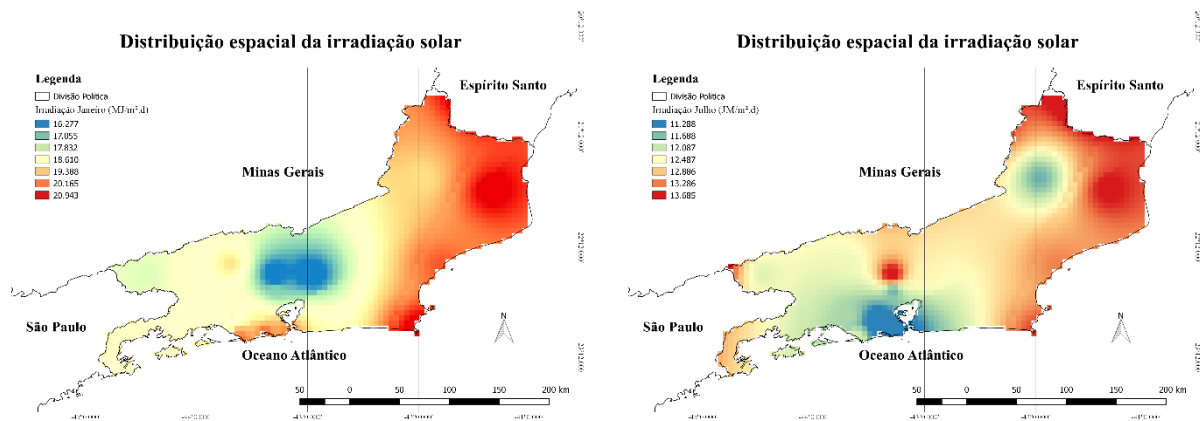


Figura 2. Distribuição espacial da irradiação solar mensal para os meses de janeiro e julho no estado do Rio de Janeiro.

AGRADECIMENTOS

Ao INMET por disponibilizar as séries de irradiação solar incidente. A FAPERJ pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do projeto (E-26/201.501/2014), ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade (Gustavo B. Lyra – processo 311656/2015-3) e IC (Mariane S. Pessanha) e a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado (Allana O. Lima – PGEB/UFF).

REFERÊNCIAS

BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M.; PAMPONET, B. M. A. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.74-80, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; SILVA, B. P. Tamanho de amostra para a estimativa das médias decendiais de radiação solar global no estado do Rio Grande do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1402-1410, 2007.

JERSZURKI, D.; SOUZA, J. L. M. Parametrização das equações de Hargreaves & Samani e Angström-PreScott para estimativa da radiação solar na região de Telêmaco Borba, Estado do Paraná. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.3, p.383-389, mar, 2013

WILLMOTT, C.J. **On the validation of models. Physical Geography**, v.2, n.2, p.184-194, 1981.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas no estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.4, p.793-804, 2011.

POTENCIAL PLUVIOMÉTRICO PARA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI EM JANAÚBA - MG

Rafael Henrique Evangelista de Castro¹, Maria José Hatem de Souza², João Esdras Lima³, Mateus de Oliveira Meira⁴, *Cláudio Marcio Pereira de Souza*⁵
¹Graduando de Agronomia, UFVJM, Diamantina, Minas Gerais, rafaelcastro.agro@gmail.com;
²Pós Doutora em Engenharia Agrícola, UFVJM, Diamantina, Minas Gerais, mariahatem@yahoo.com.br;
³Graduando de Agronomia, UFVJM, Diamantina – MG, joaoesdrasmusico@yahoo.com.br;
⁴Eng. Agrônomo, UFVJM, Diamantina – MG, mateusvitis@gmail.com;
⁵Doutor em Eng. Agrícola, Prof. Associado, DAG/UFVJM, souzacpm@yahoo.com

RESUMO: O objetivo do estudo foi analisar, através de dados históricos, os índices de pluviosidade e período de estiagem da cidade de Janaúba, Minas Gerais, com o intuito de facilitar a criação de projetos agrícolas que dependam das águas provenientes das chuvas, possibilitando a escolha da atividade em função dos índices de pluviosidade. Os dados pluviométricos utilizados na pesquisa foram obtidos através Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), datados de entre 1977 e 2014. Os dados foram interpretados de forma que quaisquer períodos do ano que tenham períodos de 5 dias que chovam um acumulado pelo menos 4 mm, são considerados viáveis para o plantio de sementes de feijão-caupi. Janaúba apresentou potencial hídrico proveniente das chuvas para cultivo de culturas anuais semeadas por semente, como o feijão-caupi. Os meses de novembro e dezembro são os mais propícios do ponto de vista hídrico para a germinação do feijão-caupi de sequeiro, em Janaúba-MG.

PALAVRA CHAVE: Janaúba, chuva, germinação.

PLUVIOMETRIC POTENTIAL FOR GERMINATION OF BEANS COWPEA SEEDS IN JANAÚBA - MG

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze, through historical data, the rainfall and drought indexes of the city of Janaúba, Minas Gerais, with the purpose of facilitating the creation of agricultural projects that depend on the water coming from the rains, allowing the choice of the Activity due to rainfall indexes. The rainfall data used in the research were obtained through the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP), of the National Institute of Meteorology (INMET), dated from 1977 to 2014. The data were interpreted in such a way that any periods of the year that have subperiods of 5 days that rain an accumulated at least 4 mm, are considered viable for the planting of cowpea seeds. Janaúba presented rainfall potential for the cultivation of annual crops sown, such as cowpea. The months of November and December are the most favorable from the water point of view for the germination of dry cowpea in Janaúba-MG.

KEY-WORDS: Janaúba, rain, germination.

INTRODUÇÃO

Planejar sempre será palavra em pauta para qualquer projeto ou investimento, seja qual for a área de atuação, sobretudo, na agricultura, onde além de depender das atividades realizadas pelo homem, as vezes temos de contar com as forças naturais, como a chuva. O desenvolvimento de plantas, agrícolas ou não, varia muito em função da quantidade de água disponível às mesmas, principalmente quando em fase de germinação e crescimento, onde são mais suscetíveis a déficits hídricos, podendo levar até a perda da planta. Para que a germinação ocorra, há um grau mínimo de umidade que a semente deve atingir. Segundo (CRAUFURD et al.,1996) a temperatura basal para que ocorra germinação do feijão-caupi varia entre 8 a 11°C, abaixo desse valor cessa-se a germinação. (FARIAS et al. 2017) encontraram no estado do Pará temperatura base de 8,55° C. Durante todo o ciclo, o feijão-caupi tem a demanda térmica média de 1150 graus dia. A duração do ciclo de cultivo do feijão-caupi varia entre 55 e 90 dias de acordo com a variedade utilizada.

Portanto, o trabalho teve como objetivo determinar as precipitações acumuladas de 4mm durante o período 1977 a 2014, e assim, verificar as condições hídricas mínimas para a germinação de sementes de feijão-caupi na localidade de Janaúba – MG, bem como estimar os graus dia acumulados para a cultura mediante a duração do ciclo.

MATERIAL E MÉTODOS

A cidade de Janaúba – MG está localizada na Mesorregião do Norte de Minas, no semiárido brasileiro. Segundo dados do INMET, a temperatura mínima registrada no município foi de 8°C, ocorrida em 21 de julho de 1978. O índice médio de pluviosidade anual é de 876 mm. A estação meteorológica do INMET em Janaúba – MG posiciona-se no globo com latitude de -15,8°, longitude de -43,29° e altitude de 516 metros. A avaliação dos dados diários pluviométricos (1977 a 2014) foi feita por meio do software Excel, da Microsoft Corporation. Os dados foram interpretados utilizando a ferramenta de “formatação condicional”, de forma que quaisquer períodos do ano que tenham períodos de 5 dias que chovam um acumulado pelo menos 4 mm, são considerados viáveis para o plantio de sementes, uma vez que SILVA (2013) constatou que lâminas d’água abaixo desse valor, num período de 5 dias não são suficientes para fazer germinar sementes de feijão-caupi. Houveram períodos com falhas de dados da estação, o que não permitiu a avaliação dos anos de 1983 a 1985, 1988 a 1991 e 1998.

Para os cálculos dos graus dias acumulados, levou-se em consideração um ciclo médio em torno de 75 dias. A temperatura basal de 10°C conforme proposto por Ometto (1981).

$$GD = \left(\frac{(T_{máx} + T_{mín})}{2} \right) - T_b$$

Em que GD=Graus Dias; n=número de dias do ciclo; T_{máx}= Temperatura máxima (°C); T_{mín}= Temperatura mínima (°C); T_b=Temperatura basal (°C).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta que o semestre mais chuvoso (de outubro a março) concentra 92% da precipitação anual (778mm), enquanto que o mais seco soma 8% do total anual. A precipitação que é 778mm, é baixa, quando comparado com a média do Estado de Minas Gerais que é de 1421mm - segundo Souza (2005) que trabalhou com

os valores publicados nas Normais Climatológicas (BRASIL, 1992). A evapotranspiração do feijão-caupi é de 288,5 mm para todo o ciclo da cultura (BASTOS et.al., 2008). No município pode-se fazer o cultivo de feijão-caupi, como pode ser verificado na Figura 1. Temos que o período de Outubro a Abril, em 80% ou mais vezes no período avaliado, deram condições favoráveis à germinação das sementes. O resultado permite planejar o período em que será feita a semeadura. É importante observar que, de acordo com as necessidades hídricas da cultura que variam dependendo de seu estágio fenológico é necessário manejar o cultivo para que épocas de menor incidência hídrica como o mês de Outubro e Fevereiro, não coincida com o período de floração o que incorreria em redução da produção.

Segundo (ANDRADE JÚNIOR et al. 2001) na região do Cerrado o período com maior aptidão para o cultivo do feijão-caupi é compreendido entre 1 de Dezembro a 10 de Janeiro, corroborando para os resultados encontrados no presente trabalho. Quando se analisa do ponto de vista hídrico a cultura necessita de 288,5 mm para todo o ciclo da cultura (BASTOS et.al., 2008), sendo este o valor da evapotranspiração do feijão-caupi para o ciclo completo, o plantio sugerido entre 1 de Dezembro a 10 de Janeiro é pertinente uma vez que as precipitação mensal de dezembro, janeiro, fevereiro e março são de 171, 159, 83 e 103mm, sendo a soma, em média, suficiente para suas necessidades hídrica de 288,5mm durante o ciclo de 75 dias. A partir de Fevereiro será necessário irrigação suplementar, pois a soma média da precipitação para o ciclo de 75 dias não será suficiente para atender as necessidades hídricas da cultura sob manejo convencional.

Já se utiliza em sistemas agroflorestais, pois se sabe que a evapotranspiração do feijão poderá ser reduzida, uma vez que haverá sombreamento das árvores florestais proporcionando que o solo fique úmido por mais tempo.

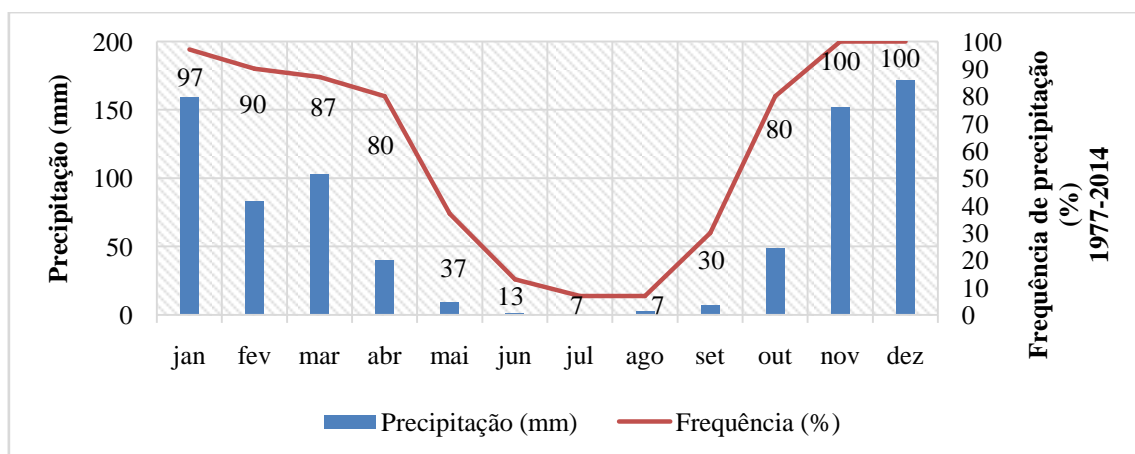


Figura 1. Precipitação média mensal e frequência em que os meses apresentaram condição pluviométrica favorável para germinação do feijão-caupi em Janaúba-MG no período de 1977-2014.

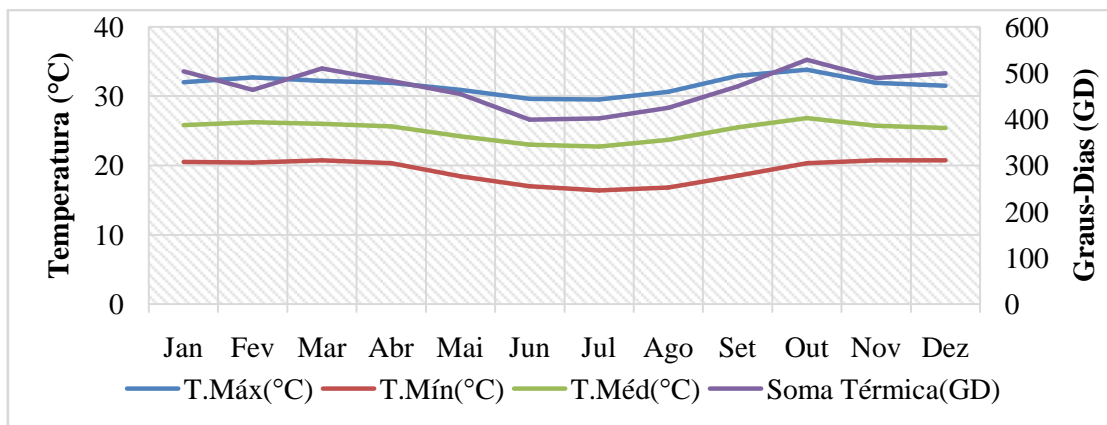


Figura 2. Temperaturas médias máximas, mínimas e médias (1991-2015) utilizados para os cálculos de GD (Graus Dias) médio/mensal do ciclo do feijão-caupi na região de Janaúba.

CONCLUSÕES

Em Janaúba – MG o potencial hídrico proveniente das chuvas é suficiente, para cultivo do feijão-caupi. Os GD acumulados, para uma variedade de ciclo médio é 1140.

A semeadura feita em meados de Novembro, oferece boas condições hídricas para germinação. É recomendável a semeadura no período compreendido entre 20 de Novembro e 5 de Janeiro, a fim de se evitar escassez hídrica na germinação e floração.

REFERÊNCIAS

ANDRADE JÚNIOR, et al. Estratégias ótimas de irrigação para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.301-305, 2001.

BASTOS, et al. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal. v. 22, n. 1, p 43-50. 2002.

BASTOS, et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no Vale do Gurguéia, Piauí. **Irriga, Botucatu**, v. 13, n. 2, p. 182-190, abril-junho, 2008. ISSN 1808-3765

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas** (1961-1990). Brasília: 1992. 84p.

CRAUFURD, et al..Development in cowpea (*Vigna unguiculata*). I. The influence of temperature on seed germination and seedling emergence. **Experimental Agriculture**, v2: p.1-12 1996.

EMBRAPA. Embrapa Produtos e Mercado. Cultivares de feijão-Caupi(*Vigna*) da Embrapa. <https://www.embrapa.br/produtos-e-mercado/feijao-caupi-vigna> (Acessado em 23/04/2017).

FARIAS, et al..Demanda hídrica, coeficiente de cultivo e fator de desacoplamento do feijão caupi na amazônia oriental. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 190-200, Mar. 2017

INMET-BDMEP - Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: outubro 2015.

OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Agronômica Ceres 440p. 1981.

RENATO, N.S. et al . Influência dos métodos para cálculo de graus-dia em condições de aumento de temperatura para as culturas de milho e feijão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo , v. 28, n. 4, p. 382-388, 2013.

SILVA, W. C. Efeito da disponibilidade de água na germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas de feijão-caupi. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.9, N.16; p.2984. 2013.

SOUZA, LSB de et al. Caracterização térmica do feijão-caupi e do milho em sistema de plantio consorciado nas condições do Semi-Árido nordestino. **Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semi-Árido, Petrolina: Anais... Petrolina: Embrapa Semi-Árido**, n. 2, p. 85-90, 2007.

SOUZA, M. J. H. **Caderno didático** de meteorologia e climatologia: precipitação. Diamantina - MG: UFVJM, 2005.

POTENCIAL CLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DE COCO (*cocos nucifera* L.) NOS TABULEIROS COSTEIROS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

Ana Alexandrina Gama da Silva¹, Alexandre Hugo Cezar Barros²

¹Pesquisadora, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, ana.gama.silva@embrapa.br; ²Pesquisador, Embrapa Solos UEP, Recife, alexandre.barros@embrapa.br

RESUMO: O coqueiro (*cocos nucifera* L.) é uma planta essencialmente tropical, que encontra condição climática favorável para o seu cultivo entre as latitudes de 20° N e 20° S. No Nordeste do Brasil, a produção do coco ocupa um lugar de destaque na economia da região. A falta de informações sobre o manejo, e das condições do clima e do solo são as principais evidências das oscilações da produtividade comercial da cultura. Na região dos tabuleiros costeiros e na baixada litorânea a principal ameaça climática para a cultura do coco está relacionado à má distribuição interanual das chuvas e ao não atendimento da demanda hídrica durante todo o ciclo produtivo. O objetivo deste trabalho foi apresentar o potencial climático do coqueiro para produção comercial na região dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil. Para tanto, foram utilizadas as informações de temperatura do ar e precipitação pluviométrica do banco de dados da SUDENE, Inmet, Agridempo e ANA, totalizando 1425 postos com período de observação superior ou igual a 15 anos. Estimou-se o balanço hídrico climatológico, pelo método de Thornthwaite e Mather – 1955, considerando 125 mm de retenção de água no solo. Os resultados indicam que cerca de 68%, 57.495 km² apresentam condições de potencial climático alto e ou médio para a cultura do coqueiro nos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil. Apenas 31.7%, aproximadamente 26705 km², foram identificadas áreas com potenciais climáticos restrito e baixo. As maiores restrições climáticas estão relacionadas ao excesso hídrico no Sul e a escassez hídrica no Norte da região dos tabuleiros costeiros.

PALAVRAS-CHAVE: zoneamento, potencial, clima, fruteiras, nordeste

CLIMATIC POTENTIAL FOR COCONUT PRODUCTION (*cocos nucifera* L.) IN THE COASTAL BOARDS OF THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL

ABSTRACT: The coconut tree (*cocos nucifera* L.) is an essentially tropical plant, which finds favorable climatic conditions for its cultivation between latitudes of 20° N and 20° S. In the Northeast of Brazil, coconut production occupies a prominent place in the region's economy. The lack of information on management, and climatic and soil conditions are the main evidences of the oscillations of the commercial productivity of the crop. In the coastal plateau region and in the coastal lowland, the main climatic threat to the coconut crop is related to the poor interannual distribution of rainfall and the lack of water demand during the entire production cycle. The objective of this study was to present the climatic potential of the coconut in the region of the coastal boards of Northeast of Brazil for commercial production. For this, the information on air temperature and rainfall of the SUDENE, Inmet, Agridempo and ANA database was used, totaling 1425 stations with observation period of 15 years or more. The climatological water balance was estimated by the method of Thornthwaite and Mather - 1955, considering 125 mm retention of water in the soil. The results indicate that about

68%, 57,495 km² present conditions of high or medium climatic potential for the coconut cultivation on the coastal boards of Northeast Brazil. Only 31.7%, approximately 26705 km², were identified areas with restricted and low climatic potentials. The major climatic constraints are related to the water surplus in the South and the water scarcity in the North of the coastal board region.

KEY-WORDS: Zoning, potential, climate, fruit trees, northeast,

INTRODUÇÃO

O coqueiro (cocos *nucifera* L.) é uma planta essencialmente tropical, que encontra condição climática favorável para o seu cultivo entre as latitudes de 20° N e 20° S (PASSOS et al., 1997). No Nordeste do Brasil, a produção do coco ocupa um lugar de destaque na economia da região. Como principais produtores destacam-se os Estados da Bahia, Sergipe, Ceará e Rio Grande do Norte, principalmente nas áreas dos tabuleiros costeiros e nas baixas litorâneas.

Os ambientes de tabuleiros costeiros e das baixas litorâneas da Região Nordeste compreendem áreas com relevo de plano a ondulado, com altitude média de 50m a 100m. O clima varia de tropical úmido a subúmido, com totais de precipitação pluviométrica anuais em torno de 900 mm a 2000 mm.

A falta de informações sobre o manejo, e das condições do clima e do solo são as principais evidências das oscilações da produtividade comercial da cultura. Na região dos tabuleiros costeiros e na baixada litorânea a principal ameaça climática para a cultura do coco está relacionado à má distribuição interanual das chuvas e ao não atendimento da demanda hídrica durante todo o ciclo produtivo. O objetivo deste trabalho foi apresentar o potencial climático do coqueiro para produção comercial na região dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados climáticos

Os dados climáticos utilizados foram do banco de dados da SUDENE, Inmet, Agritempo e ANA, totalizando 1425 postos com período de observação superior ou igual a 15 anos. Para as localidades onde não se dispunha dos dados de temperatura média mensal do ar (T_m), estas foram estimadas pelo modelo.

$T_m = A_m + B_m \phi + C_m \lambda + m \xi + E_m \phi^2 + F_m \lambda^2 + G_m \xi^2 + H_m \lambda \phi + I_m \lambda \xi + J_m \phi \lambda$
para cada mês (m = 1, 2, 3...12) e ano.

Os coeficientes mensais e anual A_m, B_m,...J_m, da equação anterior, foram estimados pelo método dos mínimos quadrados dos desvios. O maior erro padrão da estimativa das temperaturas médias mensais foi inferior a ±1 °C.

Elaboração dos balanços hídricos climáticos

A partir das informações de temperatura média do ar e dos totais de precipitação pluviométrica mensal das estações, estimou-se o balanço hídrico climatológico, pelo método de Thornthwaite e Mather (THORTHWAITE; MATHER, 1955), considerando 125 mm de retenção de água no solo para avaliação das limitações da cultura do coco em escala comercial.

Critérios para discriminar o potencial climático do coco

Na tabela 1 apresenta-se as exigências climáticas para discriminar o potencial climático para a cultura do coco comercial nos tabuleiros costeiros da região Nordeste do Brasil. Ressalta-se que a temperatura do ar, o fotoperíodo e a radiação solar não foram fatores climáticos limitantes para a região. Além disso, climas quentes, com pouca variação diurna da temperatura do ar, como ocorre em toda extensão dos tabuleiros costeiros, são favoráveis ao cultivo do coqueiro. Os critérios discriminantes foram baseados em PASSOS et al. (2009).

Tabela 1- Critérios discriminantes para o potencial climático da cultura do coco

Cor	Potencial climático para a cultura do coco (cocos <i>nucifera</i> L.)	Precipitação pluviométrica anual (mm)	Número de meses consecutivos com precipitação pluviométrica mensal inferior a 50 mm (NPm < 50)	Deficiência hídrica anual (mm)
	C1 – Potencial alto (áreas com melhores condições climáticas ao desenvolvimento da cultura, com boa distribuição de chuvas, pode apresentar pequena deficiência hídrica)	1200 < Panual <= 1800	1 - 2	200 < Defanual <= 600
	C2 – Potencial médio (áreas com excesso hídrico durante a estação chuvosa, sujeitas a alagamentos e encharcamentos do solo, podendo apresentar ainda problemas fitossanitários devido a umidade atmosférica elevada)	> 1800	0 - 1	0 < Defanual <= 200
	C3 - Potencial restrito (áreas com deficiência hídrica de 2 a 4 meses consecutivos ao ano, exigindo irrigação complementar)	800 < Panual <= 1200	2 - 4	600 < Defanual <= 1000
	C4 - Potencial baixo (áreas com longos períodos de estiagem e com o número elevado de meses consecutivos com deficiência hídrica, exigindo irrigação complementar praticamente todo o ano)	600 < Panual <= 800	> 4	> 1000

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os percentuais das áreas com os potenciais climáticos para os tabuleiros costeiros. Cerca de 68% de todo o tabuleiro costeiro, 57.495 km² apresenta áreas com potenciais climáticos alto e ou médio. Apenas 31.7%, aproximadamente 26705 km², foram identificadas áreas com potenciais climáticos restrito e baixo. As maiores restrições climáticas estão relacionadas ao excesso hídrico no Sul e a escassez hídrica no Norte da região dos tabuleiros costeiros.

Na figura 1 são apresentadas as áreas com os potenciais climáticos para o cultivo da cultura do coco nos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil. Praticamente todas as áreas que estão inseridas nos tabuleiros costeiros dos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, têm potencial climático alto e ou médio para o cultivo do coco. No Sul da Bahia, encontra-se a maior área com potencial médio, que apresenta o maior risco para a ocorrência de doenças fungicas e encharcamento do solo, causadas pela umidade excessiva do ar e o excesso hídrico do solo, respectivamente. O sul de Pernambuco, fronteira com o estado de Alagoas, apresenta também os mesmos riscos.

Os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte apresentam as áreas com menor potencial climático para o cultivo do coco em escala comercial. A irrigação nessas áreas torna-se imprescindível, praticamente durante todo o ano. De acordo com PASSOS et al. (2009) devido ao crescimento e a produção da cultura ser contínua, a irrigação nas áreas com maior deficiência hídrica é indispensável, tanto na fase jovem, como na fase adulta da cultura.

Vale salientar que as variedades de coqueiro anão são mais sensíveis a estiagem prolongada. Portanto, é recomendado o cultivo de variedades resistentes, bem como o estudo e a verificação das condições ambientais para implantação de cultivos comerciais do coqueiro.

Tabela 1. Percentual de áreas com potencial climático para a cultura do coco nos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil

Cor	Potencial Climático	Área (km ²)	%
	C1 – Potencial alto (áreas com melhores condições climáticas ao desenvolvimento da cultura, com boa distribuição de chuvas, pode apresentar pequena deficiência hídrica)	28472.56	33.8
	C2 – Potencial médio (áreas com excesso hídrico durante a estação chuvosa, sujeitas a alagamentos e encharcamentos do solo, podendo apresentar ainda, problemas fitossanitários devido a umidade atmosférica elevada)	29021.97	34.5
	C3 - Potencial restrito (áreas com deficiência hídrica de 2 a 4 meses consecutivos ao ano, exigindo irrigação complementar)	24033.83	28.5
	C4 - Potencial baixo (áreas com longos períodos de estiagem e com o número elevado de meses consecutivos com deficiência hídrica, exigindo irrigação complementar praticamente durante todo o ano)	2671.64	3.2

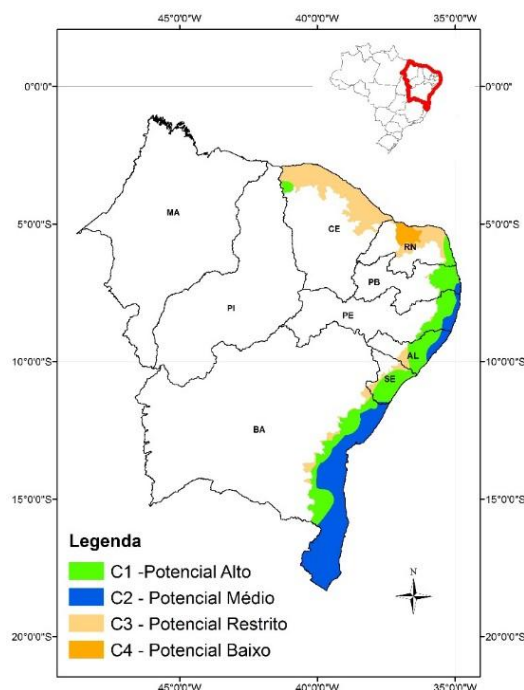


Figura 1. Potencial climático para a cultura do coco nos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil.

CONCLUSÕES

1. Estima-se que cerca de 68%, 57.495 km² apresenta condições de potencial climático alto e ou médio; 2. Apenas 31.7%, aproximadamente 26705 km², foram identificadas áreas com potenciais climáticos restrito e baixo; e 3. As maiores restrições climáticas estão relacionadas ao excesso hídrico no Sul e a escassez hídrica no Norte da região dos tabuleiros costeiros.

REFERÊNCIAS

- PASSOS, E. E. M. Ecofisiologia do coqueiro. In: A cultura do coqueiro no Brasil. 2 Ed.- Brasília: Embrapa-SPI; Aracaju: Embrapa CPATC, p.65-72, 1997.
- PASSOS, E.E.M.; CASTRO, P.C.; DA SILVA, A.A.G.; NOGUEITA, L.C. Coqueiro in: MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos Cultivos. Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília, DF; INMET, 2009. 530p.
- SUDENE *Dados pluviométricos mensais do Nordeste*. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, Recife, 1990 (Série Pluviometria 1 a 10)
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology, New Jersey, Drexel Inst. of Technology, 1955. 104p

ÍNDICES DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE BARREIRAS-BA

Charles Cardoso Santana¹, Marcos Antonio Vanderlei Silva², Silas Alves Souza³,
Rafael de Souza Felix⁴, Gutemberg Porto de Araújo⁵

¹Acadêmico do curso de Engenharia Agrônômica da UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: santana.agr@hotmail.com; ²Dr. em Agronomia (Meteorologia Agrícola, Professor do colegiado de Engenharia Agrônômica da UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: maavsilva@uneb.br;

³Acadêmico do curso de Engenharia Agrônômica da UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: silas_candiba@hotmail.com; ⁴Acadêmico do curso de Engenharia Agrônômica da UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: rafasouza.1844@hotmail.com; ⁵Acadêmico do curso de Engenharia Agrônômica da UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: gutembergporto@yahoo.com.br.

RESUMO: A cidade Barreiras localizada na região Oeste da Bahia é contemplada pelo bioma Cerrado, com abrangência de 28,5% do território baiano. A região corresponde a maior fronteira agrícola da Bahia, e uma das maiores do Brasil. Não obstante, apresenta altos índices de focos de calor que podem evoluir para incêndios florestais, causando prejuízos econômicos, sociais e ambientais. Assim, objetivou-se avaliar o índice de risco de incêndios florestais, através da utilização da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre alterada (FMA+), no município de Barreiras-BA. Os dados diários de umidade relativa do ar, precipitação pluvial e velocidade do vento, no período de 2006 a 2016, foram obtidos junto a estação automática do INMET. No período analisado, destacou-se a classe com grau de perigo muito alto, apresentando variação de 13 a 100% dos dias classificados como muito críticos. Os meses de junho, julho, agosto e setembro apresentaram acima de 90% dos dias classificados como risco muito alto. Atenção especial deve ser dada aos meses de agosto, setembro e outubro, considerados meses secos na região de Barreiras-BA, esses, apresentaram risco de ocorrência de incêndios muito alto. Os índices FMA e FMA+ podem ser uma ferramenta eficiente para alertar os riscos de incêndios florestais, no município de Barreiras-BA.

PALAVRAS-CHAVE: Focos de calor. Formula de Monte Alegre. Formula de Monte Alegre alterada. Climatologia.

RISK INDEXES OF FOREST FIRES IN THE MUNICIPALITY OF BARREIRAS-BA

ABSTRACT: The Barreiras city located in the western region of Bahia is contemplated by the Cerrado, with a coverage of 28.5% in the State of Bahia. This region corresponds to a greater agricultural frontier of Bahia, and one of the largest of Brazil. Despite the high rates of heat sources that can evolve into forest fires, causing economic, social and environmental damages. The objective of this study was to evaluate the risk of forest fires by means of Monte Alegre Formula (FMA) and Modified Monte Alegre Formula (FMA+), in the municipality of Barreiras-BA. Relative humidity, rainfall and wind velocity data for the period 2006-2016 were obtained by INMET automatic station. In the analyzed period, the highlight class was very high, presenting a variation from 13 to 100% of the days classified as very critical. The months of June, July, August and September presented above 90% of the days classified as very high risk. Special attention should be given to the months of August, September and October, considered dry months in the Barreiras-BA region, which presented a very high risk of fire occurrence. The FMA and FMA+ indexes can be an efficient tool to alert the risks of forest fires, in the municipality of Barreiras-BA.

KEY-WORDS: Heat sources. Monte Alegre Formula. Modified Monte Alegre Formula. Climatology.

INTRODUÇÃO

São recorrentes os relatos da grande quantidade de incêndios florestais que ocorrem no Brasil, principalmente durante o período crítico de estiagem. Assim, mais do que os prejuízos econômicos, os incêndios são responsáveis por uma infinidade de prejuízos ambientais e sociais, alterando a biodiversidade e os ecossistemas. Sabe-se que a ocorrência destes eventos varia em função da época do ano, localização geográfica, tipo de vegetação e área atingida (TETTO et al., 2008).

A região Oeste do Estado da Bahia caracterizada pelo bioma Cerrado ocupa uma área de 28,5% do território baiano, que além de seus aspectos produtivos, corresponde a maior fronteira agrícola do Estado e uma das maiores do Brasil. Apesar desses atributos, a região caracteriza-se, também, pela irregularidade na distribuição espacial e temporal das precipitações pluviométricas, associada às elevadas temperaturas e períodos extremamente secos ao longo do ano. Com isso, trata-se de uma região que apresenta elevados índices de focos de calor que podem evoluir sobremaneira para a ocorrência difusa de incêndios florestais.

Mesmo com os avanços tecnológicos dos recursos voltados para o combate aos incêndios, a maior eficiência destes depende de um planejamento estratégico para utilizá-los, pois as técnicas de prevenção de incêndios não têm alcançado grandes avanços como os meios de combate. De acordo com Pereira et al. (2002), por meio de métodos agrometeorológicos, pode-se determinar o grau de perigo de ocorrência de incêndios nas áreas rurais, e tal sistema possibilita a tomada das devidas providências para a prevenção e estratégias de controle. Os índices de perigo de incêndios florestais frente ao planejamento das atividades, tanto regional, bem como local, da prevenção e combate são importantes ferramentas, tendo em vista que indica a possibilidade de ocorrência dos incêndios e/ou a facilidade de sua propagação (KOVALSYKI et al., 2014).

As técnicas de combate direto e indireto a incêndios florestais, mesmo com seus elevados custos, têm alcançado grandes avanços, mas as técnicas de prevenção não apresentaram o mesmo ritmo de evolução (NUNES, 2006). Diante disso, objetivou-se avaliar o índice de riscos de incêndios florestais através da utilização da Fórmula de Monte Alegre e da Fórmula de Monte Alegre alterada, no município de Barreiras-BA.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o município de Barreiras-BA, localizado geograficamente na latitude 12° 09' 10" S e longitude 44° 59' 24" O (Figura 1). Conforme classificação de Köppen, o clima da região é do tipo AW, típico de savana, com inverno seco e temperatura média do ar do mês mais frio superior a 22 °C, precipitação anual média de 1045 mm.

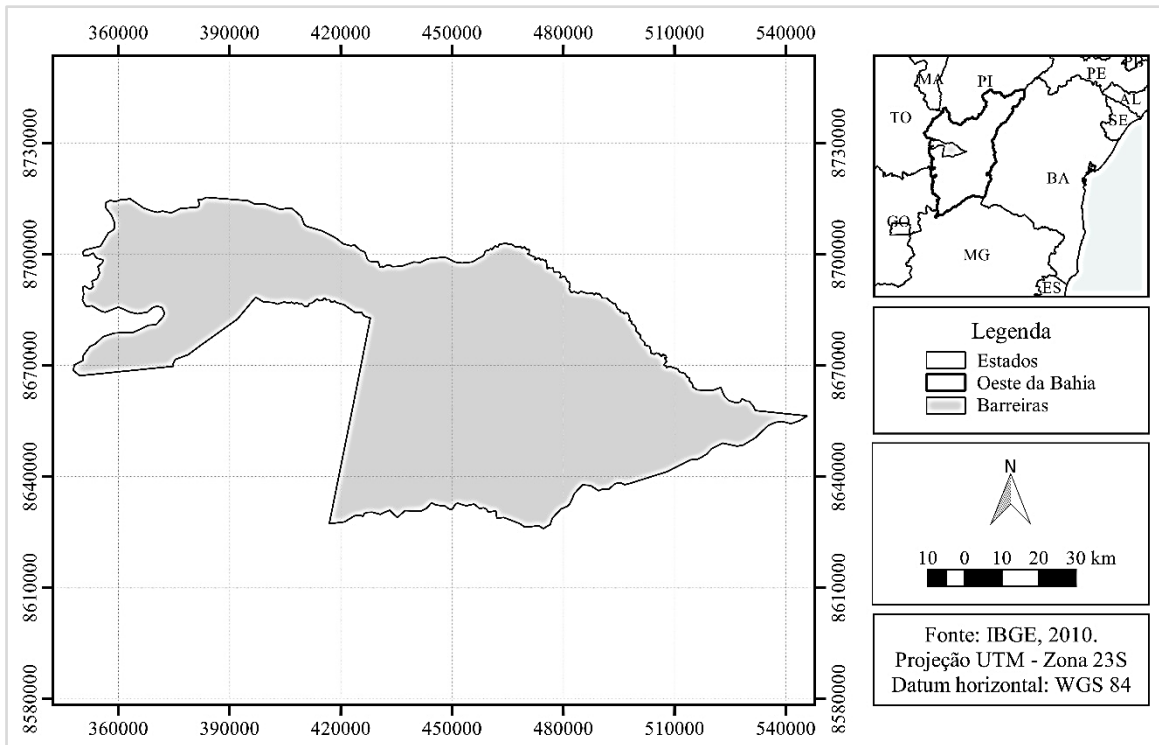


Figura 1. Localização do município de Barreiras-BA.

Foram utilizados dados meteorológicos diários da temperatura média do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluvial, além do número de dias sem chuva, correspondente ao período de janeiro de 2006 a dezembro de 2016, totalizando 11 anos. A série histórica de dados meteorológicos utilizados para a realização das análises de desempenho dos índices foram obtidos, junto ao banco de dados da estação automática do município de Barreiras-BA, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Para determinar o grau e o período crítico dos riscos de ocorrência de incêndios, utilizou-se a Fórmula de Monte Alegre (FMA) e a Fórmula de Monte Alegre alterada (FMA+). A FMA é um índice acumulativo que utiliza como variáveis a umidade relativa do ar, de forma direta, e a precipitação pluviométrica, como fator restritivo ao cálculo (TETTO et al., 2010; TAKASHINA et al., 2012).

Na determinação do índice FMA foi usada a seguinte equação:

$$FMA = \sum_{n=1}^n \left(\frac{100}{H} \right) \quad (1)$$

onde: FMA = Fórmula de Monte Alegre;

H = umidade relativa do ar em porcentagem;

n = número de dias do intervalo (dependente do comportamento das precipitações pluviais).

Para determinação do índice FMA+ foi usada a seguinte equação:

$$FMA+ = \sum_{n=1}^n \left(\frac{100}{H} \right) e^{0,04 v} \quad (2)$$

onde: FMA+ = Fórmula de Monte Alegre alterada;

H = umidade relativa do ar em porcentagem;

n = número de dias do intervalo (dependente do comportamento das precipitações pluviais);

v = velocidade do vento em m s⁻¹;

e = base dos logaritmos naturais (2,718282).

Tendo em vista que, tanto a FMA como a FMA+ são cumulativas, o maior risco de ocorrência de incêndio será quando a sequência de dias com baixa umidade relativa e sem chuva for mais longa. A quantidade diária de precipitação reduz o valor do índice de acordo com uma tabela de restrições, assim se a precipitação diária for menor ou igual a 2,4 mm não ocorrerá nenhuma modificação no cálculo (Tabela 1).

Tabela 1. Modificação no cálculo da FMA e FMA+ de acordo com a precipitação.

Chuva diária (mm)	Modificação no Cálculo
≤ 2,4	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA ou FMA+ calculada na véspera e somar (100/H) do dia;
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA ou FMA+ calculada na véspera e somar (100/H) do dia;
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA ou FMA+ calculada na véspera e somar (100/H) do dia;
>12,9	Interromper o cálculo (FMA ou FMA+ = 0), recomeçando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

O perigo de incêndio em um determinado dia foi identificado através de uma escala de cinco níveis (Tabela 2). Para identificar a eficiência, tanto da FMA, como da FMA+, foram coletadas informações de números de focos de calor no município, no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), tendo como base, os dados do satélite referência (AQUA_M - T), no período de janeiro de 2006 a dezembro de 2016.

Tabela 2. Classificação do grau de perigo de incêndios com base na variação de FMA.

Valor de FMA	Grau de Perigo
1,0	Nulo
1,1 a 3,0	Pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
>20,0	Muito alto

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, os valores de FMA, FMA+ e de focos de calor apresentaram comportamentos semelhantes durante o período analisado. Na Figura 1 observa-se que a tendência evolutiva ao longo dos meses indica que o período de julho a outubro é propício para inflamabilidade, uma vez que apresentaram valores de FMA (acima de 20). Por serem acumulativos, espera-se que em determinado momento o índice indique risco máximo, tendendo a persistir por vários dias.

Observa-se que houve pouca diferença entre os valores de FMA e FMA+, evidenciando a necessidade de um maior detalhamento no estudo, visando identificar melhor essa diferença. Apesar da pouca diferença, percebe-se que a FMA+ apresentou valores médios mensais inferiores aos valores de FMA na maioria dos meses (Figura 1).

Portanto, o desdobramento da análise centrou-se na verificação da evolução da intensidade do risco ao longo da estação seca, com fins de verificar as diferenças de comportamento, entre os índices, no momento em que ambos atingiriam o risco máximo e se haveria alguma variação no auge da estação seca, julho a outubro.

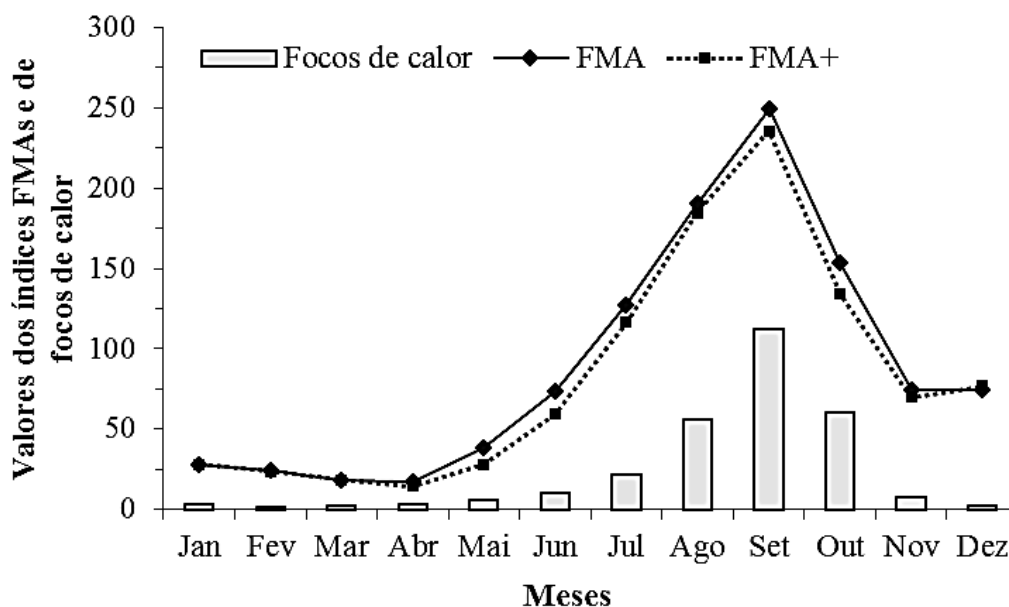


Figura 1. Comportamento médio mensal, das FMAs e dos focos de calor, no período de 2006 a 2016 no município de Barreiras, BA.

Os resultados dos índices de julho a outubro apresentaram mais de 50% dos dias como muito crítico (risco muito elevado) (Figura 2), bem como os maiores números de

focos de calor na região (Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2015), na Paraíba, que durante o período avaliado verificou-se que os meses da estação seca (julho a outubro) apresentaram 72,6% dos dias que se enquadraram nas escalas alto a muito alto de risco de ocorrência de incêndios.

Os valores dos índices apresentados na Figura 2 foram baseados nos cálculos da mediana, do Q1 (primeiro quartil), Q3 (terceiro quartil), valores máximos e mínimos. A altura do retângulo foi definida pelos quartis Q1 e Q3. Uma linha secciona o retângulo no valor da mediana (ou Q2). As semirretas ligam respectivamente os quartis Q1 e Q3 ao valor mínimo e ao máximo do conjunto de dados. Assim, visualmente pode-se observar que entre julho e outubro os dados de umidade relativa e dias secos contribuíram sensivelmente para o maior aporte dos valores de FMA e FMA+.

Observa-se ainda, nos valores de FMA (Figura 2A) e FMA+ (Figura 2B) uma tendência de incremento - a partir do mês de maio até o mês de dezembro - dos maiores valores em cada mês. Isso se deu pelo fato de um dos anos avaliados, não ter ocorrido precipitação durante o período dos meses mencionados anteriormente.

Os meses de novembro e dezembro apresentaram os maiores valores do período avaliado, sendo respectivamente, 528 e 585 para FMA, e para FMA+ 549 e 611. Apesar desses meses apresentarem esses máximos, por outro lado, tem-se que pelo menos 75% dos valores assumidos pela FMA são de 0 a 46, e 0 a 15 para FMA+ (Figura 2).

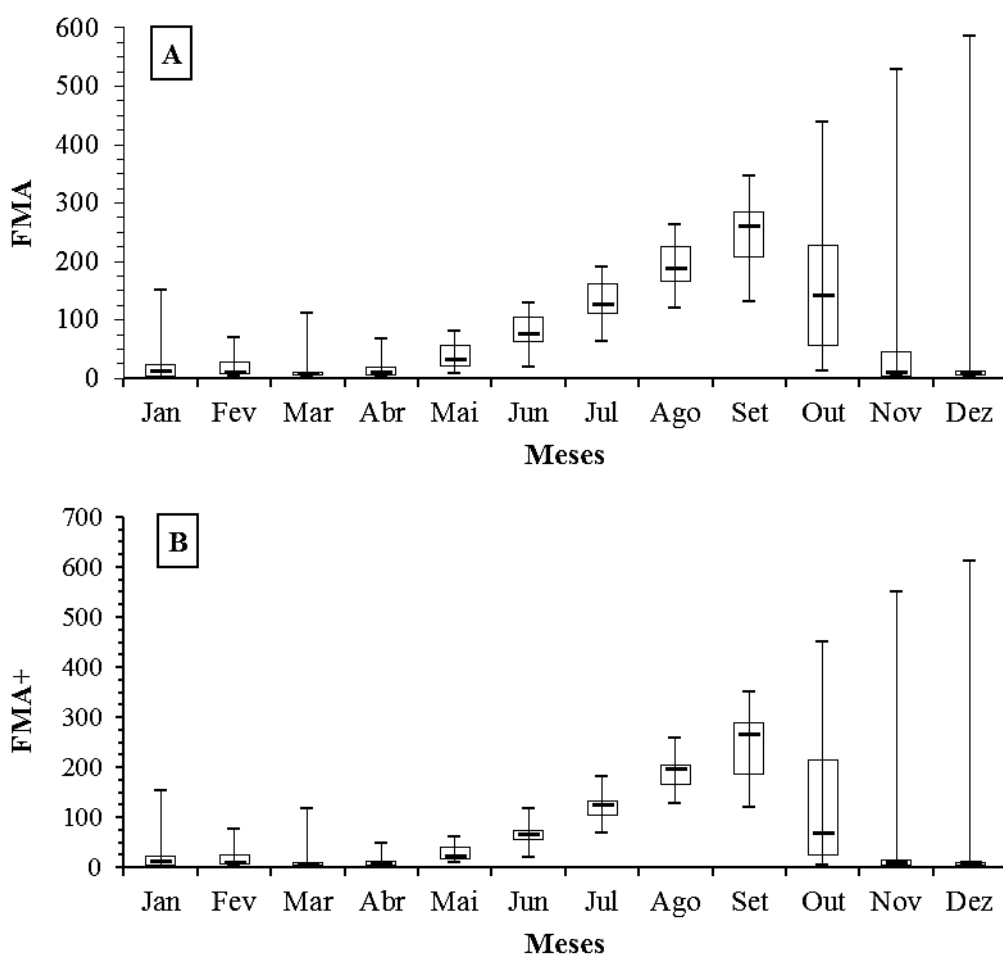


Figura 2. Boxplots dos índices FMA (A) e FMA+ (B) diários ao longo dos meses, no período de 2006 a 2016 no município de Barreiras-BA.

Na Figura 3, observa-se que dos 3.085 focos de calor detectados durante o período avaliado (2006 a 2016), via imagens de satélite, 2690 focos foram identificados nos meses de agosto, setembro e outubro. Dentre esses três, o mês de setembro apresentou a maior quantidade de focos de calor, no período analisado, corroborando com as informações dos maiores FMAs.

Em relação ao número de focos de calor durante a estação chuvosa, menos de 10% ocorreram nos meses de dezembro a março, sendo o maior número de focos mensal inferior a 20 (Figura 3).

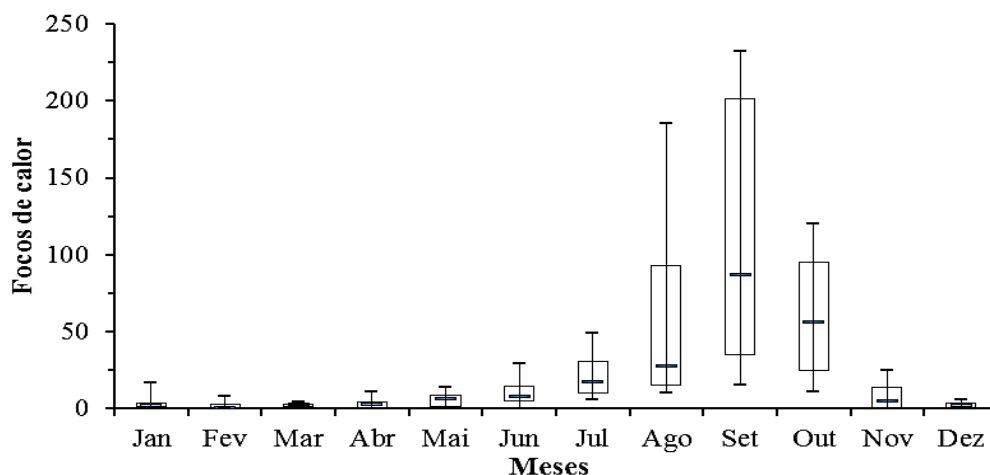


Figura 3. Boxplot do número de focos de calor detectados ao longo dos meses, no período de 2006 a 2016 no município de Barreiras-BA.

Com relação ao comportamento da FMA e FMA+, a Figura 4 apresenta o número de dias previstos para cada classe de perigo de incêndio, no período de 2006 a 2016. Dos 3085 dias avaliados, as classes alto e muito alto apresentaram maior participação, com 15 e 57% do total de dias para FMA, e 14 e 52% para FMA+ respectivamente. As classes alto e muito alto totalizaram 72% para FMA, e 66% para FMA+ dos dias de ocorrências previstas. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2015), no Parque Estadual Pico do Jabre, no estado da Paraíba, onde durante o período avaliado foi verificado que 72,6% dos dias se enquadraram nas escalas alto a muito alto de risco de ocorrência de incêndios, ou seja 20,6% para a classe alta e 52% para a classe muito alta.

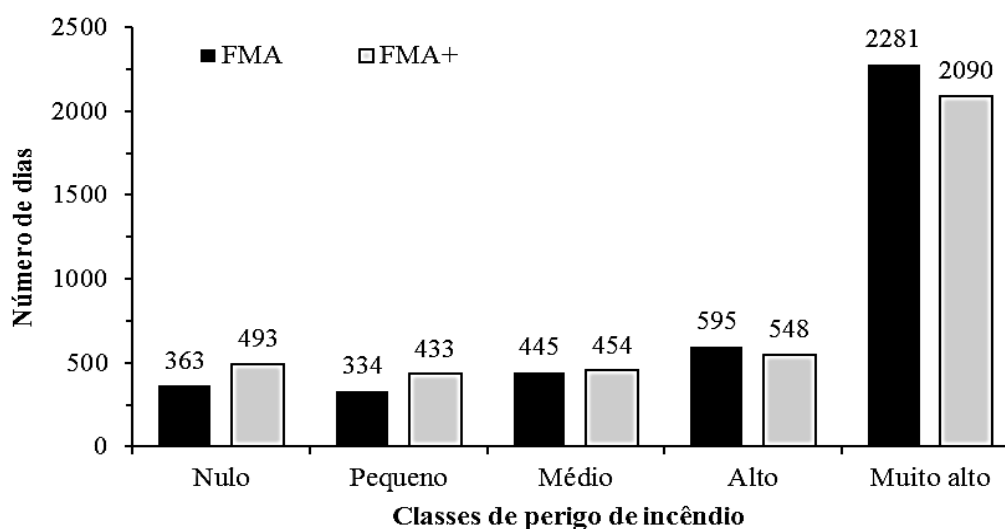


Figura 4. Número de dias para cada classe de perigo de incêndios da FMA e FMA+, no período de 2006 a 2016, para o município de Barreira-BA.

Em relação as diferenças entre FMA e FMA+, observou-se que, para as classes nulo, pequeno e médio, a FMA+ apresentou o maior número de dias previsto para cada classe. Já para as classes, alto e muito alto, a FMA apresentou o maior número de dias para cada classe (Figura 4).

No período analisado, a classe de destaque foi a muito alto, apresentando variação de 13 a 100% dos dias classificados como muito críticos (risco muito alto), ou seja, com valores de FMA e FMA+ > 20. Além disso, os meses de junho, julho, agosto e setembro apresentaram acima de 90% dos dias classificados como risco muito alto (Tabela 3). Resultados semelhante foram encontrados por Souza, Casavecchia, Stangerlin (2012), no Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense, onde para os nove municípios avaliados, os meses de julho e agosto apresentaram acima de 90% dos dias classificados como muito críticos (risco muito alto).

Em relação a estação chuvosa (novembro a março), percebeu-se pouca variação (9,3 a 35%) em termos de percentagem entre as classes. Já na estação seca (abril a outubro) ocorreu o contrário (variação de 0 100%) (Tabela 3).

Tabela 3. Percentuais mensais de ocorrência das classes de perigo de incêndios indicadas pelos índices FMA e FMA+, no período de 2006 a 2016 no município de Barreiras-BA.

Meses	Nulo		Pequeno		Médio		Alto		Muito alto		Total	
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
Dias previstos no período (FMA)												
Jan	60	17,6	52	15,3	59	17,3	81	23,7	89	26,1	341	100
Fev	29	9,3	38	12,2	61	19,6	74	23,7	109	35,0	311	100
Mar	59	17,3	58	17,0	75	21,9	103	30,2	46	13,4	341	100
Abr	37	11,2	50	15,2	69	20,9	88	26,6	86	26,0	330	100
Mai	6	1,8	8	2,4	17	4,9	60	17,6	250	73,3	341	100
Jun	1	0,3	2	0,6	7	2,1	19	5,7	301	91,2	330	100
Jul	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	341	100,0	341	100
Ago	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	341	100,0	341	100
Set	1	0,3	2	0,6	1	0,3	0	0,0	326	98,8	330	100
Out	34	9,9	15	4,4	30	8,8	33	9,6	229	67,1	341	100
Nov	68	20,6	59	17,9	59	17,8	56	16,9	88	26,6	330	100
Dez	68	19,9	50	14,7	67	19,6	81	23,7	75	21,9	341	100
Dias previstos no período (FMA+)												
Jan	72	21,11	62	18,18	53	15,54	68	19,94	86	25,22	341	100
Fev	48	15,43	55	17,68	48	15,43	59	18,97	101	32,48	311	100
Mar	73	21,41	71	20,82	79	23,17	72	21,11	46	13,49	341	100
Abr	58	17,58	70	21,21	61	18,48	88	26,67	53	16,06	330	100
Mai	12	3,52	19	5,57	30	8,80	82	24,05	198	58,06	341	100
Jun	2	0,61	3	0,91	7	2,12	19	5,76	299	90,61	330	100
Jul	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	341	100,00	341	100
Ago	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	341	100,00	341	100
Set	8	2,42	6	1,82	12	3,64	6	1,82	298	90,30	330	100
Out	48	14,08	23	6,74	42	12,32	38	11,14	190	55,72	341	100
Nov	90	27,27	66	20,00	57	17,27	51	15,45	66	20,00	330	100
Dez	82	24,05	58	17,01	65	19,06	65	19,06	71	20,82	341	100

Notadamente os valores de FMA e FMA+ se correlacionam com o número de focos de calor, conforme pode ser observado na Figura 5, os resultados da regressão mostrou, a partir do coeficiente de determinação, uma explicação de mais de 90% da aparição de focos de calor.

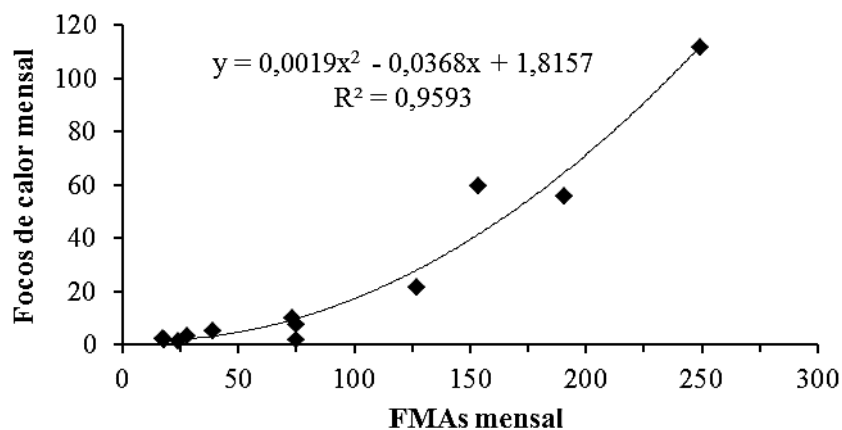


Figura 5. Ajuste dos valores médios de FMAs com os focos de calor ao longo dos anos de 2006 a 2016 em Barreiras, BA.

A Fórmula de Monte Alegre foi testada por meio da comparação entre seus resultados em termos do perigo de incêndio e dados de focos de calor, através de regressões, gerando equações de ajustes para estimativa do número de focos de calor mensal, considerando os valores dos FMAs mensais. Obteve-se coeficientes de correlação acima de 0,68, para os meses de Julho, agosto, setembro e outubro (Tabela 4). Deppe et al. (2005), no Paraná, Oliveira (2006), em Minas Gerais, Alvares et al. (2014), em São Paulo, também demonstraram com sucesso a relação entre a FMA e os focos de calor obtidos por sensoriamento remoto.

Para os demais meses, observou-se um baixo grau de associação entre os índices da FMA e os focos de calor por conta do início da estação chuvosa, apesar de ocorrências de alguns períodos secos neste período.

Apesar dos excelentes resultados obtidos através da FMA, FMA+ e os focos de calor, a análise das condições de risco de incêndio, não devem ser relacionados com a obrigatoriedade de ocorrência do evento e sim, apenas na prospecção de um propício para a ocorrência e devem ser consideradas em conjunto com as características do material combustível (quantidade, características físicas e químicas, arranjos e umidade), topografia (elevação, exposição e inclinação) e o uso e ocupação do solo (RIBEIRO et al., 2011).

Tabela 4. Tipos de ajustes, coeficiente de determinação e coeficiente de correlação dos meses secos e iniciais da estação chuvosa para a relação entre FMAs e focos de calor.

Mês	Ajuste	Coefficiente de Determinação	Coefficiente de Correlação
Julho	Linear	0,628	0,792
Agosto	Logarítmico	0,727	0,828
Setembro	Linear	0,698	0,835
Outubro	Quadrático	0,469	0,685

CONCLUSÕES

Atenção especial deve ser dada aos meses de agosto, setembro e outubro, considerados meses secos na região de Barreiras, BA, esses, apresentaram risco de ocorrência de incêndios muito alto.

Os índices FMA e FMA+ pode ser uma ferramenta eficiente para alertar os riscos de incêndios florestais, no município de Barreiras-BA.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Perigo de incêndio florestal: aplicação da Fórmula de Monte Alegre e avaliação do histórico para Piracicaba, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 521-532, dez. 2014.

DEPPE, F. et al. Comparação de índice de risco de incêndio florestal com focos de calor no estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 119 - 126, 2005.

KOVALSYKI B. et al. Avaliação da eficiência da Fórmula de Monte Alegre para o município de Ponta Grossa – PR. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p.2014.

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. FMA + - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná, Brasil. **Floresta**, 36 (1) p.75-91, 2006.

OLIVEIRA, A. L. S. **Avaliação dos sensores EOS/ MODIS e NOAA/AVHRR na detecção e registro de incêndios e queimadas**. 2006. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

PEREIRA, A. R., ANGELOCCI, L. R., SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478 p.

RIBEIRO, L. et al. Análise do perigo de incêndios florestais em um município da Amazônia Mato-Grossense, Brasil. **Floresta**, v.41, n.2, p. 257-270, 2011.

SANTOS, W. S. et al. Estimativa dos riscos de ocorrência de incêndios florestais no Parque Estadual Pico do Jabre, na Paraíba. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 11, p. 80-84, 2015.

SOUZA, A. P.; CASAVECCHIA, B. H.; STANGERLIN, D. M. Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense. **Scientia Plena**, v. 8, n. 5, p. 1-14, 2012.

TAKASHINA. I. K.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. Comparação do índice de perigo de incêndios (FMA) entre os municípios de Londrina, Telêmaco Borba e Palmas – PR, no período de 2010 a 2100. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 2012, Curitiba. **Livro de Resumos 20° EVINCI e 5° EINTI** . Curitiba: Universidade Federal do Paraná, p 416, 2012.

TETTO, A. F. et al. Comportamento e ajuste da Fórmula de Monte Alegre na floresta nacional de Irati, estado do Paraná. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.87, p. 409 – 417, set. 2010.

TETTO, A.F.; BATISTA, A.C.; PIVOVAR, C. Manejo da biomassa pós-colheita como forma de prevenção aos incêndios florestais. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 15, 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF-PR, 2008. p.286.

INCIDÊNCIA DE VERANICO EM MONTES CLAROS, MINAS GERAIS

Daniel Dantas¹, Maria José Hatem de Souza², Bruno de Oliveira Fernandes³, Fabricio Resende Aguiar⁴, Luiza Pereira Sánchez⁵.

¹Mestrando em Engenharia Florestal, UFLA, Lavras, Minas Gerais, dantasdaniel12@yahoo.com.br;

²Eng. Agrícola, Prof. Associada, Departamento de Agronomia, UFVJM, Diamantina-MG, mariahatem@ufvjm.edu.br; ³Graduando em Agronomia, UFVJM, Diamantina-MG; ⁴Graduando em Agronomia, UFVJM, Diamantina-MG; ⁵Graduanda em Agronomia, UFVJM, Diamantina-MG.

RESUMO: A incidência de dias secos durante a estação chuvosa pode colocar em risco o desenvolvimento de plantas em culturas agrícolas. Este trabalho foi realizado com o intuito de avaliar a dinâmica da ocorrência de veranico durante os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, que compreendem o período chuvoso, na cidade de Montes Claros, norte do estado de Minas Gerais. Foram utilizados dados de precipitação diária no período de 1962 a 2015. Os dados foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Determinou-se para cada mês a duração do veranico, tendo sido considerada para tal a maior sequência de dias secos em cada mês, em que dia seco é aquele em que a precipitação pluviométrica foi igual ou inferior a 1 mm. A cidade de Montes Claros enfrenta longos períodos de veranico. A média de dias de veranico para a cidade é de 8,97 dias no mês de novembro; 9,73 dias no mês de dezembro; 12,86 dias no mês de janeiro; e 12,29 dias no mês de fevereiro. O valor máximo de veranico foi observado no mês de dezembro, em 2014, com duração de 44 dias. Analisando os valores de veranico, para cultivo de culturas com maior exigência hídrica de fase inicial, por exemplo, seria recomendado o início do plantio no mês de novembro, visto que esse mês possui, em média, a menor sequência de dias secos.

PALAVRAS-CHAVE: período chuvoso, dias secos, norte de Minas Gerais.

INCIDENCE OF DRY SPELLS IN MONTES CLAROS, MINAS GERAIS]

ABSTRACT: The incidence of dry days during the rainy season may jeopardize the development of plants in agricultural crops. This work was carried out with the purpose of evaluating the dynamics of the occurrence of dry spells during the months of November, December, January and February, which comprise the rainy season, in the city of Montes Claros, northern Minas Gerais state. Daily precipitation data were used from 1962 to 2015. Data were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET). The duration of the dry spells was determined for each month and the largest sequence of dry days in each month was considered for that, in which dry day is one in which the rainfall was equal to or less than 1 mm. The city of Montes Claros faces long periods of dry spells. The average of days spells for the city is of 8,97 days in the month of November; 9,73 days in the month of December; 12,86 days in the month of January; and 12,29 days in the month of February. The maximum value of dry spells was observed in the month of December, in 2014, with duration of 44 days. Analyzing the dry spells values, for cultivation of crops with higher initial phase water requirements, for example, the beginning of planting in November should be recommended, since this month has, on average, the lowest sequence of dry days.

KEY-WORDS: rainy season, dry days, northern Minas Gerais state.

INTRODUÇÃO

As precipitações pluviométricas no Estado de Minas Gerais, assim como quase todos os Estados do Brasil, não são uniformemente distribuídas em todas as épocas do ano (CARVALHO et. al. 1999). Na região Sudeste, o período de verão caracteriza-se pela ocorrência das chuvas, cujo total de precipitação satisfaz normalmente as necessidades hídricas de desenvolvimento das grandes culturas. Todavia, somente os dados de precipitação pluviométrica não fornecem uma precisa informação sobre o clima da região e sobre a existência de condições adequadas à prática de determinada cultura em regime de sequeiro. Para isso, devem ser analisados parâmetros de armazenamento de água pelo solo e os ganhos e perdas de umidade do sistema solo-planta-atmosfera (MOTA, 1989). Segundo Neto e Vilela, 1986, ainda é comum a ocorrência de dias secos durante a estação chuvosa, fenômeno conhecido como veranico. Dependendo da duração e da fase da cultura em que ocorre o veranico, a produção final pode ser seriamente afetada, devido a perdas de rendimento por estresse hídrico nas plantas.

Durante a época das secas e também em longos veranicos que ocorrem em pleno período chuvoso também são comuns registros de queimadas em morros e matagais, principalmente na zona rural da cidade, o que contribui com o desmatamento e com o lançamento de poluentes na atmosfera, prejudicando ainda a qualidade do ar (PAULA MACHADO, 2009). Desta forma são importantes estudos que possam fornecer informações sobre este fenômeno para contribuir no planejamento de plantio das árvores e manejo da cultura.

O objetivo deste trabalho foi determinar a probabilidade acumulada de duração dos veranicos durante o período chuvoso (de novembro a fevereiro), para a cidade de Montes Claros, Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Montes Claros é um município brasileiro no norte do estado de Minas Gerais. Pertence à microrregião homônima e Mesorregião do Norte de Minas. Ocupa uma área de 3.582,034 km², sendo que 38,7 km² estão em perímetro urbano e os 3.543,334 km² restantes constituem a zona rural.

O clima de Montes Claros é caracterizado tropical, do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com diminuição de chuvas no inverno e temperatura média anual de 22,4 °C, tendo invernos secos e amenos e verões chuvosos com temperaturas altas. O mês mais quente, fevereiro, apresenta temperatura média de 23,8 °C, sendo a média máxima de 30,4 °C e a mínima de 19 °C. E o mês mais frio, julho, de 19,6 °C, sendo 27,4 °C e 12,5 °C as médias máxima e mínima, respectivamente. Outono e primavera são estações de transição.

A precipitação média anual é de 1.086,4 mm, sendo julho o mês mais seco, quando ocorrem apenas 0,5 mm. Em dezembro, o mês mais chuvoso, a média fica em 230,9 mm. Durante a época das secas e em longos veranicos em pleno período chuvoso também são comuns registros de queimadas em morros e matagais, principalmente na zona rural da cidade, o que contribui com o desmatamento e com o lançamento de poluentes na atmosfera, prejudicando ainda a qualidade do ar. A umidade relativa do ar é de 67 %, podendo, em alguns dias do ano, principalmente no inverno, cair para valores abaixo de 30 %, ou ainda de 20 %.

Os dados de precipitação diária, para Montes Claros, foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados dados referentes ao

período de Janeiro de 1961 a Julho de 2015. A estação Montes Claros A506 está localizada a uma latitude de -16.68° , longitude de -43.84° e altitude de 652 m.

Determinou-se para cada estação chuvosa a duração dos veranicos para os meses de novembro a fevereiro. Tendo sido considerada para tal a maior sequência de dias secos em cada mês, sendo considerado que dia seco é aquele em que a precipitação pluviométrica foi igual ou inferior a 1 mm, visto que valores inferiores a 1mm/dia são dificilmente absorvidos pelas culturas, sendo rapidamente evaporados, mantendo, assim, o efeito do veranico. Quando um período contínuo de chuva se estender ao mês seguinte, o período seco será computado no mês do dia de início do período seco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a cidade de Montes Claros, é possível verificar longos períodos de veranico nos meses analisados, considerando-se que estes meses compõem a estação chuvosa da região, que vai de outubro a março.

Dentre os quatro meses analisados, janeiro é o mês em que ocorre, em média, os maiores períodos de veranico (Tabela 1). Sendo observada a média de 12,86 dias de veranico no mês de janeiro, seguido por fevereiro, com uma média de 12,29 dias de veranico; dezembro, com 9,73 dias de veranico; e novembro, com 8,97 dias.

Tabela 1. Médias e valores máximos de veranico, em dias, em Montes Claros, Minas Gerais, durante os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro

Mês	Média de veranicos (dias)	Máximos valores (dias)
Novembro	8,97	24
Dezembro	9,73	44
Janeiro	12,86	35
Fevereiro	12,19	38

Os máximos valores observados foram no mês de dezembro, no ano de 2014, em que houve a ocorrência de um veranico cuja duração foi de 44 dias. No mês de novembro, o máximo valor verificado, foi de 24 dias, no ano de 1998. Em janeiro, o máximo veranico foi de 35 dias, no ano de 2014. E em fevereiro o máximo valor de veranico foi no ano de 2011, 38 dias de duração. Assad et al. (1993), destacaram que o veranico não é atípico, e sim típico da região dos cerrados. E que o norte de Minas Gerais, onde está inserida a cidade de Montes Claros, é uma das regiões, no Brasil, com maior frequência de observação de veranico maior que dez dias nos meses de janeiro. Considerando os 37 anos analisados neste estudo, em 22 deles foram verificados veranico com duração acima de dez dias para o mês de janeiro. O mesmo valor foi verificado para o mês de fevereiro. A variabilidade dos índices pluviométricos registrados vem causando prejuízo ao setor agropecuário e na parte econômica da região. Apesar de chover tanto quanto em muitas outras regiões do Brasil, a cidade de Montes Claros enfrenta problemas por causa de sua distribuição espaço-temporal e das suas magnitudes de intensidades dos índices pluviométricos. Apesar de ser possível observar uma leve tendência de aumento dos períodos de veranico ao longo dos anos, essa tendência possui baixos valores de r-quadrado e apresenta uma alta variabilidade na ocorrência dos dados ao longo da série histórica analisada (Figura 1).

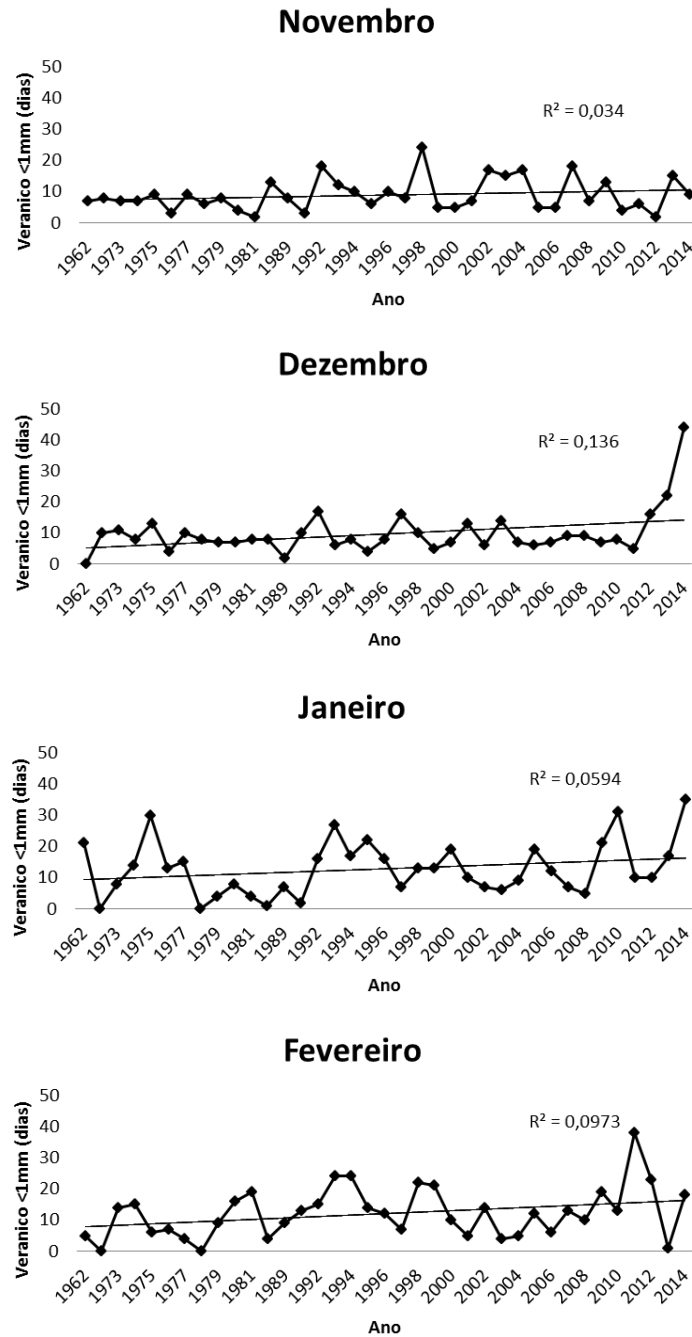


Figura 1. Variação, ao longo dos anos, do número de dias de veranico, em Montes Claros, nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, desde o ano de 1962.

Analisando os valores de veranico, restritos aos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, seria recomendado, para cultivo de culturas com maior exigência hídrica de fase inicial, por exemplo, o início do plantio no mês de novembro, visto que esse mês possui, em média, a menor sequência de dias secos.

CONCLUSÕES

A cidade de Montes Claros enfrenta longos períodos de veranico, considerando a série histórica analisada, para os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. O

mês de janeiro apresenta os maiores períodos de veranico. A média de dias de veranico para a cidade é de 8,97 dias no mês de novembro; 9,73 dias no mês de dezembro; 12,86 dias no mês de janeiro; e 12,29 dias no mês de fevereiro. Analisando os valores de veranico, seria recomendado, para cultivo de culturas com maior exigência hídrica de fase inicial, por exemplo, o início do plantio no mês de novembro, visto que esse mês possui, em média, a menor sequência de dias secos.

REFERÊNCIAS

- ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R.; SILVA, F. A. M. Veranicos na região dos cerrados brasileiros frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.
- CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA M. A. A.; SOUSA, S. A. V.; CARVALHO, P. O. L. Estimativas de ocorrência de veranicos Seropédica, Vassouras e Piraí (RJ), e suas influências no rendimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2., p. 323-330, 1999.
- NETO, P. C.; VILELA, E, A. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. **Climatologia Agrícola, Informe Agropecuário**, v. 12, n. 138, p. 59-61, 1986.
- MACHADO, P. Queimadas preocupam no Norte de Minas. 2009. Disponível em:<<http://www.webcitation.org/query?url=http://www.gazetanortemineira.com.br/noticias.php?id=3703+&date=2011-05-14>>. Acesso em: 16 mar. 2016.

CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO OESTE DA BAHIA

Charles Cardoso Santana¹, Marcos Antônio Vanderlei da Silva², Silas Alves Souza³, Rafael de Souza Felix⁴, Weslei Pereira Oliveira⁵

¹Acadêmicos do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: Santana.agr@hotmail.com; ²Professor DSc da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: maavsilva@uneb.br.

RESUMO: O estudo caracterizado do clima de uma região é de grande importância para o planejamento e tomada de decisão acerca das atividades sociais, ambientais e econômicas. Uma das preocupações quanto às chuvas é a intensidade e a frequência de suas ocorrências, pelos seus efeitos potencialmente danosos, quando em excesso ou por escassez. Desta forma, o objetivo deste trabalho é realizar a caracterização da variabilidade da Precipitação pluvial para a região Oeste da Bahia. Para tal, utilizou-se uma série de dados médios mensais de Precipitação Pluviométrica no período de 1975 a 2015, provenientes de 30 estações meteorológicas convencionais, localizadas na região Oeste da Bahia e municípios adjacentes, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do INMET. O preenchimento de falhas dos dados foi realizado através do software estatístico R. Realizou-se, então, uma estatística descritiva apenas dos dados das estações meteorológicas compreendidas dentro da região. Para a caracterização espacial da temperatura da região realizou-se a espacialização, através da interpolação espacial utilizando o método do peso pelo inverso da distancia (IDW) no programa QGIS. O resumo da análise estatística de dispersão mostrou que na Região Oeste da Bahia, mostrou que há uma dominância de um mês em termos dos maiores e/ou menores valores médios, onde dezembro constituiu o mês de maior precipitação e junho o de menor. O comportamento da variabilidade espacial da precipitação pluviométrica da região apresenta uma situação de aumento precipitação do sentido leste a oeste na região.

PALAVRAS-CHAVE: Variação Climática; Interpolação; Espacialização; QGIS.

CHARACTERIZATION OF VARIABILITY OF WATERWAY PRECIPITATION OF WEST BAHIA

ABSTRACT: The study of the climate of a region is of great importance for planning and decision making about social, environmental and economic activities. One of the rains' concerns is the intensity and frequency of its occurrences, by its potentially harmful effects, when in excess or by scarcity. In this way, the objective of this work is to characterize the rainfall variability for the West region of Bahia. For this purpose, a series of monthly rainfall precipitation data were used from 1975 to 2015, from 30 conventional meteorological stations, located in the West region of Bahia and adjacent municipalities, obtained from the Meteorological Database for Teaching and Research - BDMEP, on the INMET website. Filling of the data was performed using the statistical software R. A descriptive statistic was then made only of the data of the meteorological stations included within the region. Spatial characterization of the temperature of the region was performed by spatial interpolation using the inverse distance weight (IDW) method in the QGIS program. The summary of the dispersion statistical analysis showed that in the West Region of Bahia, there was a dominance of one month in terms of the highest and / or lowest mean values, where December constituted the month of greatest precipitation and June of the lowest. The behavior of the spatial variability of

rainfall in the region presents a situation of precipitation increase from east to west in the region.

KEY-WORDS: Climate Variation; Interpolation; Espacialization; QGIS.

INTRODUÇÃO

O estudo caracterizado do clima de uma região é de grande importância para o planejamento e tomada de decisão acerca das atividades sociais, ambientais e econômicas, sobre tudo as atividades agropecuárias, onde se caracteriza como as principais forças impulsionadoras do mercado da região Oeste da Bahia.

O Oeste da Bahia é caracterizado por apresentar grandes aptidões para a produção agrícola, isso devido às suas condições favoráveis à agricultura, como a distribuição de chuvas em duas estações do ano bem definidas, intensa luminosidade, e terrenos praticamente planos. Trata-se da região de maior produção agrícola no estado da Bahia, impulsionada pelo cultivo de grãos em grande escala.

Dentre as variáveis meteorológicas, a precipitação merece grande destaque, uma vez que constitui-se o principal componente do ciclo hidrológico, e além de ser de maior influência no planejamento e tomada de decisão, é a que maior interfere nas outras variáveis, tais como temperatura e umidade do ar. Uma das maiores preocupações quanto às precipitações se constituem a intensidade e a frequência de suas ocorrências, pelos seus efeitos potencialmente danosos, quando em excesso ou por escassez. Assim, o conhecimento das probabilidades de ocorrência de chuva é de suma importância no planejamento agrícola, possibilitando o plantio em época adequada, o planejamento de irrigação, aplicação de adubos e defensivos, a utilização de máquinas agrícolas.

Há, portanto, a necessidade de um melhor conhecimento das variáveis de maior relevância para as atividades agrícolas, para que assim se possa promover uma seleção adequada do modelo agroclimático a ser aplicado em cada região. Desta forma, o objetivo deste trabalho é realizar a caracterização da variabilidade da Precipitação pluvial para a região Oeste da Bahia, utilizando para tal uma série de dados históricos, além de realizar a interpolação e espacialização dos dados, afim de se ter uma caracterização mais próxima da realidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Climaticamente, a região apresenta precipitação pluviométrica média anual de 500 a 1500 mm, e temperatura média anual de 21,3 a 27,2°C. Na região, normalmente, ocorrem veranicos, que se caracterizam por períodos de seca durante a estação chuvosa, sendo estes em um período de uma a três semanas, especialmente nos meses de janeiro e fevereiro. A tabela 1 mostra a localidade dos municípios utilizados no estudo para realizar a caracterização da variabilidade da precipitação para a região.

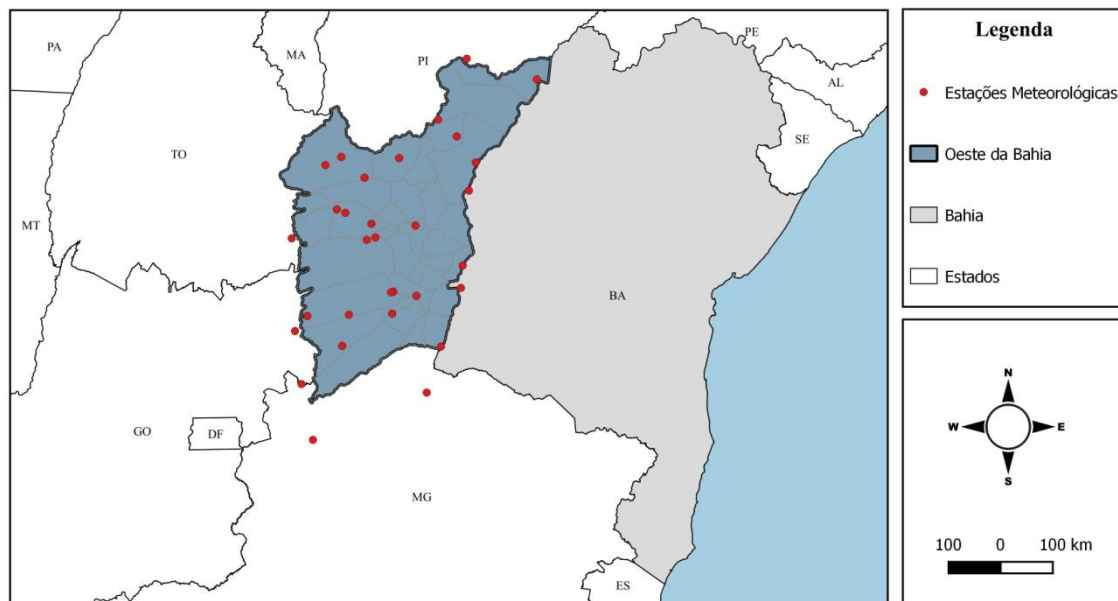


Figura 1 – Localização da região Oeste da Bahia e das Estações meteorológicas utilizadas.

Utilizou-se, neste trabalho, uma série de dados médios mensais de Precipitação Pluvial, no período de 1975 a 2015 (41 anos de observação). Os dados foram provenientes de 30 estações meteorológicas convencionais, localizadas na região Oeste da Bahia e municípios adjacentes, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A tabela 1 mostra a localidade dos municípios utilizados no estudo para realizar a caracterização da variabilidade da Precipitação para a região.

Tabela 1 - Localidades utilizadas para a caracterização da variabilidade das temperaturas máxima e mínima média mensal.

ESTAÇÃO	ESTADO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
Arinos	MG	16° 05' 60" S	47° 57' 00" W	519,00 m
Barra	BA	12° 55' 12" S	44° 50' 24" W	401,58 m
Fazenda Boa Esperança - Barra	BA	10° 38' 00" S	43° 30' 00" W	430,00 m
Boqueirão - Barra	BA	11° 20' 34" S	43° 49' 30" W	450,00 m
Barreiras	BA	13° 50' 60" S	45° 00' 00" W	439,29 m
Fazenda São Roque - Barreiras	BA	11° 57' 24" S	45° 27' 23" W	622,00 m
Nova Vida - Montante - Barreiras	BA	11° 21' 08" S	45° 07' 20" W	458,00 m
Fazenda Johá - Barreiras	BA	11° 07' 31" S	45° 48' 39" W	725,00 m
Ponte Serafim - Montante - Barreiras	BA	11° 53' 46" S	45° 36' 43" W	713,00 m
Bom Jesus da Lapa	BA	14° 44' 24" S	44° 35' 24" W	439,96 m
Caracol	PI	10° 43' 12" S	44° 40' 12" W	522,77 m
Carinhanha	BA	15° 43' 12" S	44° 14' 24" W	450,18 m
Correntina	BA	14° 40' 12" S	45° 23' 24" W	459,47 m
Fazenda Planalto - Correntina	BA	13° 45' 01" S	46° 08' 30" W	947,00 m
Arrojolândia - Correntina	BA	13° 44' 03" S	45° 24' 12" W	679,00 m
Formoso	MG	15° 04' 12" S	47° 45' 00" W	840,00 m
Mocambinho	MG	16° 55' 12" S	45° 59' 24" W	452,00 m
Posse	GO	15° 59' 24" S	47° 38' 24" W	825,64 m
Remanso	BA	10° 22' 12" S	43° 53' 60" W	400,51 m
Santa Rita de Cássia	BA	12° 59' 24" S	45° 29' 24" W	450,30 m
Taguatinga	TO	13° 35' 60" S	47° 35' 24" W	603,59 m
Bom Jardim - Formosa do Rio Preto	BA	10° 59' 33" S	45° 31' 36" W	451,00 m
Fazenda Porto Alegre - Cocos	BA	11° 16' 06" S	45° 31' 20" W	500,00 m
Gatos - Jaborandí	BA	13° 42' 38" S	44° 37' 57" W	610,00 m
Fazenda Coqueiro - São Desidério	BA	12° 23' 21" S	44° 55' 56" W	502,00 m
Sítio Grande - São Desidério	BA	12° 26' 00" S	45° 05' 00" W	536,00 m
Santa Maria da Vitória	BA	13° 24' 00" S	44° 12' 00" W	431,00 m
Ibotirama	BA	12° 10' 50" S	44° 13' 24" W	420,00 m
Gameleira - Sítio do Mato	BA	12° 52' 00" S	43° 23' 00" W	415,00 m
Morpará	BA	11° 34' 00" S	43° 17' 00" W	415,00 m

	Municípios do Oeste da Bahia
	Municípios adjacentes

A utilização dos dados de estações de municípios adjacentes se justifica por uma melhor caracterização da variabilidade da Precipitação, já que, apenas as estações localizadas na região são insuficientes para caracterizar esta variabilidade com uma boa acurácia. Após a obtenção e ajuste dos dados e análise de consistência, realizou-se o preenchimento das falhas dos dados. O preenchimento de falhas foi realizado através do software estatístico R, versão 3.1.3.

De posse dos dados preenchidos, realizou-se uma estatística descritiva apenas dos dados das principais estações meteorológicas compreendidas dentro da região Oeste da Bahia. As principais estações constituem aquelas que apresentaram menores falhas

da série de dados. A estatística descritiva realizada foi dividida entre medidas de tendências central: média; mediana (Md); primeiro quartil (Q1); terceiro quartil (Q3); e medidas de tendência de dispersão: Desvio padrão (S); coeficiente de variação (CV); amplitude (A) e intervalo interquartil (d).

Para a caracterização espacial da Precipitação da região realizou-se a espacialização dos dados provenientes das 13 estações meteorológicas, através da interpolação espacial utilizando o método do peso pelo inverso da distancia (IDW) disponível no programa computacional QGIS. A espacialização dados médios mensais do período analisado foi realizada para os meses da quadra chuvosa e os meses da quadra seca.

Realizou-se a espacialização da Precipitação apenas para quatros de meses de cada estação: chuvosa (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro), por ser caracterizado como o período mais importante para o agronegócio da região, ou seja, o período do plantio ao florescimento da maioria das cultivadas, e seca (Junho, julho, agosto e setembro) por se caracterizar, como o período ausente de precipitação, temperatura elevada, baixa umidade relativa, o que possivelmente comprometeria o sucesso produtivo das atividades agropecuárias.

Após a espacialização dos dados, fez se, ainda, uma categorização em classes dos valores espacializados, totalizando 6 classes categóricas, a fim de se obter uma melhor representação espacial e temporal da Precipitação para a região. Esta categorização respeitou as configurações entre as diferentes quadras estacionárias da região, quadra seca e quadra chuvosa. Para tal, utilizaram-se classes com intervalos iguais, e para se obter essas classes foram analisados o valor mínimo e o máximo da estação chuvosa e da estação seca. As classes seguiram conforme a representação abaixo:

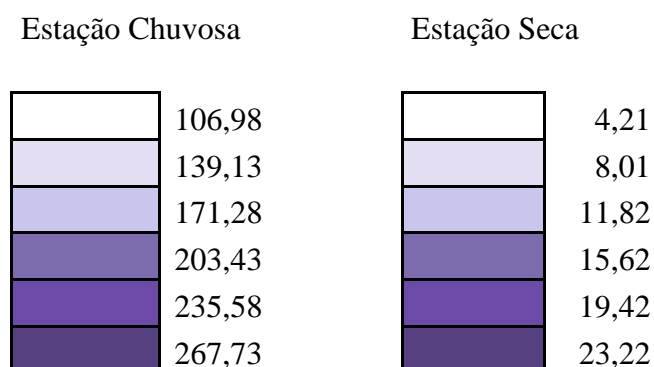


Figura 2 - Classes Categóricas para representar os valores especializados de Precipitação (mm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva de medidas de tendência central e de dispersão para os dados de Precipitação Pluviométrica da região Oeste da Bahia, durante o período estudado, está apresentada na Tabela 2. Em geral observa os maiores valores médios mensais de todas as medidas de tendência central, foram maiores nos municípios de Santa Rita de Cássia e Barreiras. Já para os menores valores médios ocorreram municípios de Remanso e Barra.

Em relação aos maiores e menores valores médios de todas as medidas de tendência central, observou-se uma variação entre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, dos maiores valores médios. Em relação aos menores valores, foram nos meses de junho, julho e agosto (Tabela 2).

O mês de outubro é caracterizado por ser o mês de transição entre a estação seca e a estação chuvosa, desta forma, o período de chuvas, na região, inicia-se em outubro, estendendo-se até meados do mês de abril, justificando desta forma, a ocorrência dos maiores valores médios de precipitação entre os meses de dezembro a março. Em relação os menores valores nos meses de junho e julho, os mesmos ocorreram em função de um cumulativo de dias praticamente sem precipitação, compreendendo um período de cinco meses sem precipitação na região.

Em avaliação da estatística descritiva das medidas de dispersão, observou um comportamento similar às medidas de tendência central, quando se compara os valores das estações, havendo assim uma dominância nos meses que apresentam menores e maiores valores de precipitação, porém de uma estação para outra, não houve uma superioridade entre elas. Observou se ainda, que os dados de uma mesma estação não apresentam comportamento similar entre as medidas de dispersão (Tabela 2).

A região Oeste da Bahia, ainda é caracterizada pela ocorrência de veranicos, principalmente nos últimos anos do período analisado. Isto propicia o aumento da oscilação de outras variáveis meteorológicas, tais como temperatura e umidade relativa, que consequentemente aumenta a variabilidade dos dados durante o período analisado.

O regime de chuvas nos municípios se concentra nos meses de outubro a abril, sendo de novembro a março os meses de maior volume precipitado, onde novembro se caracteriza, de fato, o início da quadra chuvosa da região, e de fevereiro a meados de março o final desta quadra. Regionalmente, o mês de maior volume de chuva no período de estudo foi de dezembro, correspondendo a 992,5 mmm acumulados para a região e em média 165,4 mm para cada município.

Tabela 2 – Medidas mensais (mm) de tendência central: Média; mediana (Md); primeiro quartil (Q1); terceiro quartil (Q3), e dispersão: desvio padrão (S); coeficiente de variação (CV); amplitude (A); intervalo interquartil (d); da Precipitação Pluviométrica das principais estações convencionais da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

	Barra				Barreiras				Carinhanha				Correntina				Remanso				STª Rita de Cássia			
	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3
Jan	105,6	72,3	38,3	141,2	176,6	166,6	94,0	229,4	136,9	119,3	53,4	199,4	168,5	123,5	89,0	183,4	116,6	97,5	38,0	157,2	146,8	114,7	70,8	203,7
Fev	118,2	108,9	53,2	164,1	141,8	119,1	70,3	180,0	98,7	64,6	30,8	120,3	140,0	94,9	53,0	151,6	109,1	88,4	37,7	159,3	152,6	128,9	86,6	230,8
Mar	94,1	69,9	3,8	143,8	142,7	128,8	76,3	204,6	107,4	112,8	51,3	148,1	132,0	136,1	18,3	203,3	124,0	126,4	27,3	202,4	157,5	155,5	84,7	240,9
Abr	75,9	72,0	34,1	97,3	85,3	73,8	43,6	108,7	45,3	32,8	6,1	74,4	75,0	49,2	31,9	84,2	58,3	49,9	1,8	87,1	79,4	71,6	23,6	118,4
Mai	11,1	3,1	0,0	11,2	16,5	7,4	1,7	16,5	9,8	2,1	0,0	12,7	15,4	5,2	0,0	14,7	8,2	4,4	0,2	8,0	19,6	10,5	1,0	25,3
Jun	1,4	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	1,1	1,3	0,0	0,0	0,6	0,8	0,0	0,0	0,0	1,2	0,1	0,0	0,8	1,2	0,0	0,0	1,4
Jul	0,2	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,2	1,9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	1,0	0,3	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Ago	0,5	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,1	1,9	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
Set	7,8	0,0	0,0	0,0	13,3	6,0	0,6	13,7	6,8	5,0	0,0	8,8	13,7	3,5	0,0	21,5	1,1	0,0	0,0	0,0	9,9	0,9	0,0	4,3
Out	30,6	29,4	3,0	47,3	66,0	43,4	30,0	96,9	40,6	35,8	6,4	56,2	77,5	74,3	20,1	136,6	22,9	1,8	0,0	37,6	79,2	40,9	7,3	140,6
Nov	104,8	111,1	74,4	121,9	171,2	153,9	121,6	225,7	156,2	129,6	92,5	188,3	163,4	140,5	107,1	192,9	74,4	71,0	34,6	79,6	178,8	182,1	132,8	223,3
Dez	116,4	104,1	63,1	143,5	189,3	203,5	140,0	233,1	183,4	186,9	113,6	229,7	206,8	169,5	109,3	288,4	92,0	89,7	26,7	151,0	204,5	197,0	136,9	253,6
	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	D
Jan	86,2	81,6	325,9	102,9	125,2	70,9	502,3	135,4	101,0	73,8	342,7	146,0	126,2	74,9	418,5	94,4	97,9	84,0	350,2	119,2	119,7	81,6	543,2	132,9
Fev	90,6	76,7	355,5	110,9	90,3	63,7	388,1	109,7	96,4	97,7	421,5	89,5	133,1	95,0	500,6	98,6	88,2	80,9	292,3	121,6	115,4	75,6	578,3	144,2
Mar	97,4	103,5	443,5	140,0	89,8	63,0	374,9	128,3	73,4	68,4	285,3	96,8	102,8	77,9	306,9	185,0	90,1	72,6	357,8	175,1	93,4	59,3	410,5	156,2
Abr	63,6	83,8	302,4	63,2	58,1	68,1	218,3	65,1	42,9	94,6	162,9	68,3	71,1	94,8	263,9	52,3	57,3	98,4	231,0	85,3	55,1	69,4	193,2	94,8
Mai	21,7	195,6	111,0	11,2	24,1	146,5	99,1	14,8	14,8	152,0	60,7	12,7	23,2	150,5	95,5	14,7	11,6	141,3	50,2	7,8	26,4	134,3	103,1	24,3
Jun	5,9	426,8	35,0	0,0	11,9	296,3	59,0	1,1	5,6	435,7	36,0	0,6	1,9	254,9	9,8	0,0	3,1	255,3	17,7	0,8	4,1	329,3	25,8	1,4
Jul	0,5	193,1	1,6	0,0	3,0	304,2	14,8	0,2	3,7	192,8	11,1	0,0	0,8	391,2	4,6	0,0	1,5	156,0	7,4	1,6	0,1	213,3	0,3	0,0
Ago	1,6	349,0	8,4	0,0	3,6	257,1	15,8	0,0	1,3	325,8	4,8	0,0	4,5	248,0	22,9	0,1	6,3	331,0	24,0	0,0	6,2	472,2	38,8	0,0
Set	21,3	272,8	80,6	0,0	20,2	151,2	107,4	13,1	9,8	142,6	45,1	8,8	20,0	145,9	65,0	21,5	4,6	429,1	28,8	0,0	31,0	312,7	185,1	4,3
Out	29,0	94,7	136,7	44,3	53,3	80,8	194,6	66,9	38,9	95,8	163,0	49,8	58,9	76,0	179,0	116,5	32,1	140,3	156,7	37,6	75,2	95,0	213,8	133,3
Nov	52,3	49,9	210,3	47,5	81,3	47,5	337,2	104,1	99,0	63,4	368,0	95,8	84,3	51,6	392,0	85,8	58,5	78,7	287,2	45,0	86,4	48,3	335,8	90,5
Dez	69,6	59,8	327,1	80,4	84,4	44,6	325,4	93,1	89,5	48,8	360,1	116,1	119,4	57,8	432,5	179,1	67,1	72,9	218,7	124,3	97,2	47,5	342,1	116,7

Os meses de maio a setembro caracterizam-se pelos menores volumes de precipitação, sendo que de junho a setembro constituem a quadra seca da região. Em termos regionais, o mês de menor precipitação foi o de julho, com 4,3 mm de chuva acumulados para a região ao longo desses anos, com 0,7 mm precipitado como média municipal. Os municípios de maior precipitação média acumulada anual é o de Santa Rita de Cássia (1030,9 mm/ano), Barreiras (1008,9 mm/ano) e Correntina (995,1 mm/ano), respectivamente. Enquanto que as médias para a quadra chuvosa desses municípios são praticamente iguais, sendo Santa Rita de Cássia com 170,7 mm, e Barreiras e Remanso, ambos com 169,7 mm.

Já os municípios de menor precipitação média acumulada foram Remanso e Barra, com 610,6 e 666,6 mm/ano, respectivamente. O município de Carinhanha apresentou precipitação anual maior que Remanso e Barra, e menor que os demais, correspondendo a 788,7 mm/ano. Em relação à média para a quadra seca, as menores médias também coincidem com os municípios de menores precipitações acumuladas, sendo Remanso com 1,3 mm e Barra com 2,5 mm.

A Figura 3 representa a caracterização estatística da variabilidade da precipitação média mensal do Oeste da Bahia, durante o período estudado. Em análise, percebe-se que o comportamento da precipitação para a região segue a caracterização das quadras, chuvosa e seca, como anteriormente definidas. O mês de maior volume de chuvas na região é dezembro, e o de menor volume é julho (Figura 3).

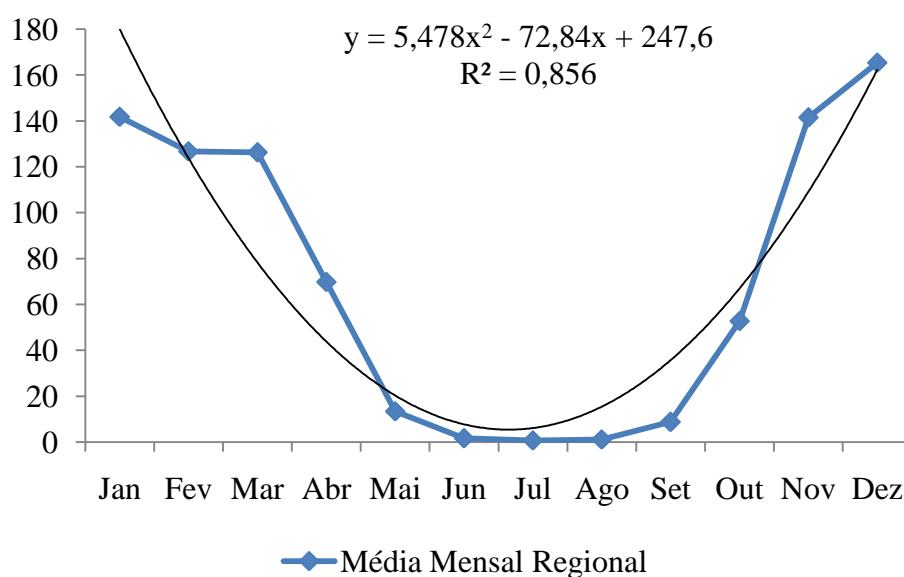


Figura 3 – Comportamento da variabilidade da precipitação média mensal da região Oeste da Bahia, no período de 1975 a 2015.

O volume de precipitação acumulada média ao ano para a região Oeste da Bahia é de 5100,9 mm/ano, enquanto que a média anual dos municípios é de 850,1 mm/ano.

Nas Figuras 3 e 4 estão especializados os padrões sazonais da variabilidade da Precipitação Pluviométrica apresentadas nos quadrimestres chuvoso e seco, respectivamente.

Analisando as amplitudes do rol de dados que compuseram os estratos para a espacialização da Precipitação no quadrimestre chuvoso (Figura 4), observa-se dois pontos importantes: Um de caráter de magnitude, em que nota-se a existência de um

decréscimo em termos de amplitude de novembro para fevereiro, e outro de caráter espacial, em que as maiores precipitações estão concentradas no oeste da região.

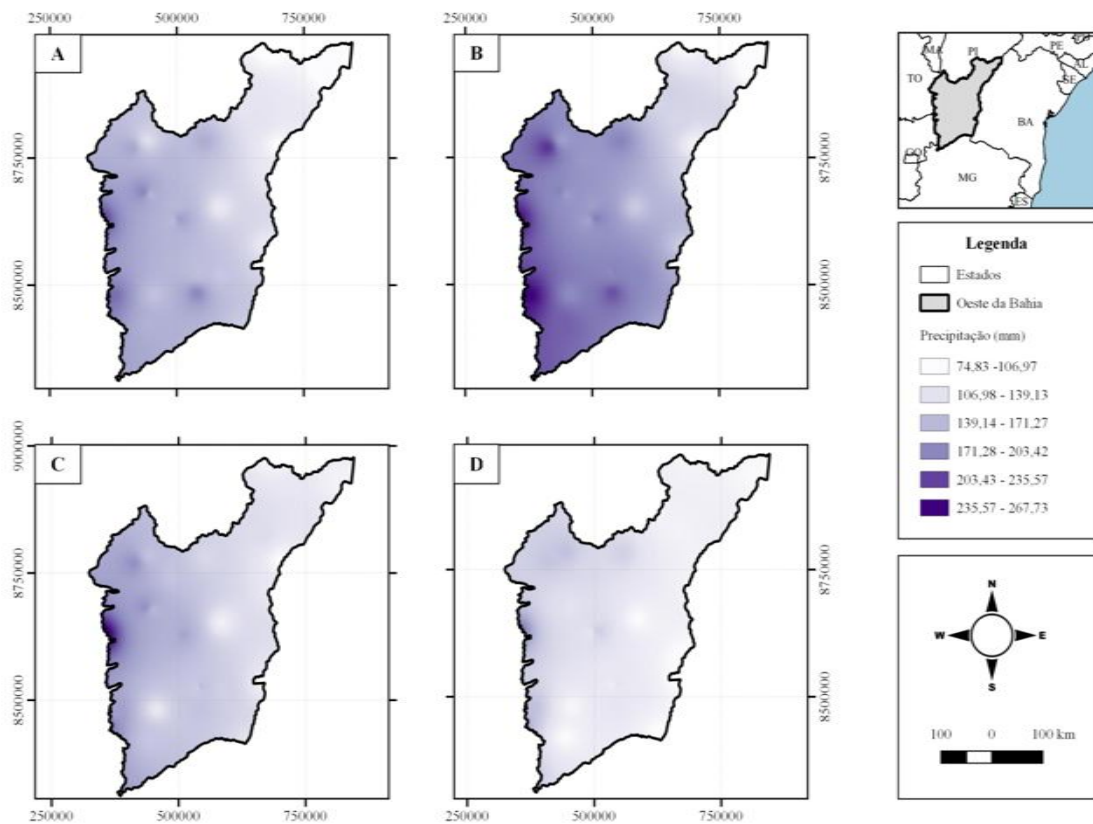


Figura 4 - Mapa da variabilidade espacial da Precipitação Pluviométrica no quadrimestre chuvoso: a) novembro; b) dezembro; c) janeiro; d) fevereiro, da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

No quadrimestre seco (Figura 5) a amplitude da umidade relativa não se comportou com uma única tendência, mas diminuiu de junho a agosto, com aumento em setembro. Pode-se dizer que não houve precipitação efetiva nos meses de junho, junho e agosto, na região. Em setembro há poucos focos de precipitação, sendo esta de forma mais localizada na parte oeste da região.

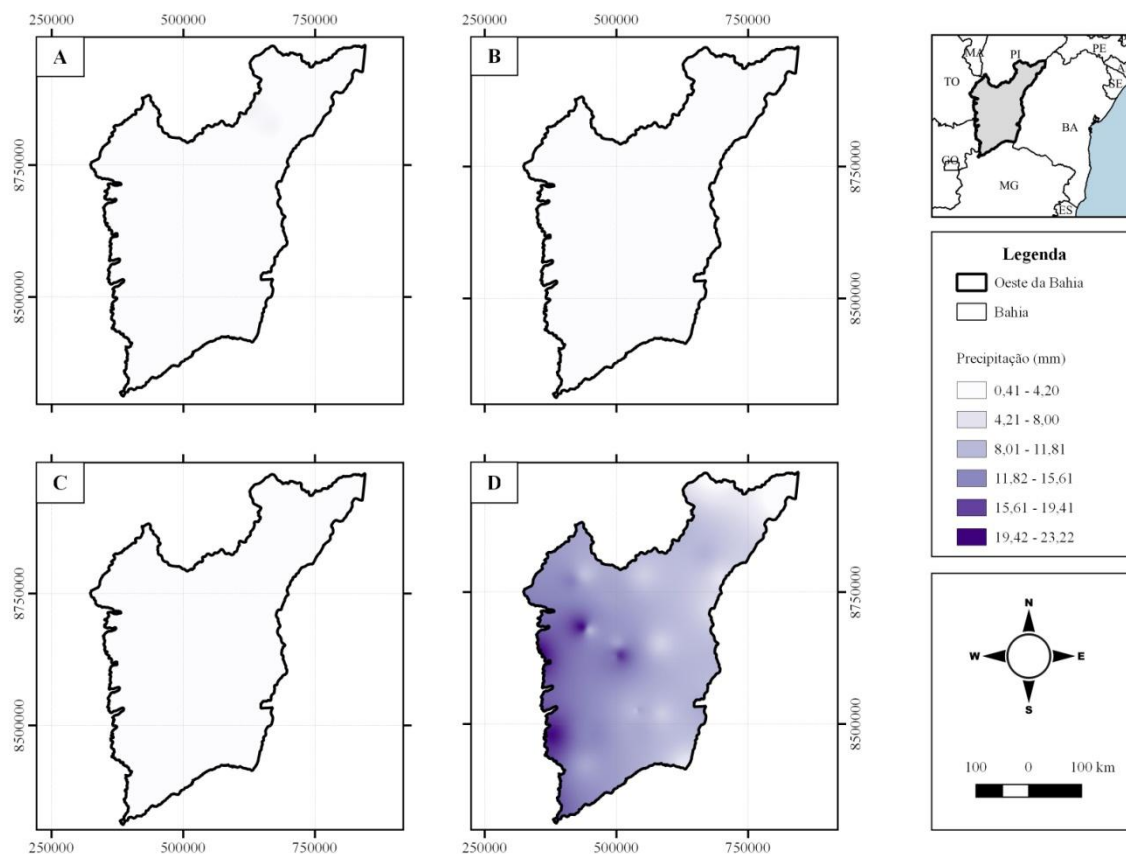


Figura 5 - Mapa da variabilidade espacial da Precipitação Pluviométrica no quadrimestre seco: a) junho; b) julho; c) agosto; d) setembro, da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

Ao se comparar a quadra chuvosa e a quadra seca, fica evidente que a região como um todo se caracteriza em altas precipitações em algumas épocas do ano, com isso, ocorre uma má distribuição temporal das chuvas. Este comportamento foi observado, principalmente, nos últimos 15 anos. Antes disso a distribuição temporal da precipitação na região se configurava de forma mais harmônica, apesar de a região possui duas estações visivelmente distintas.

CONCLUSÕES

O resumo da análise estatística de dispersão mostrou que na Região Oeste da Bahia, mostrou que há uma dominância de um mês em termos dos maiores e/ou menores valores médios, onde dezembro constituiu o mês de maior precipitação e junho o de menor. O comportamento da variabilidade espacial da precipitação pluviométrica da região apresenta uma situação de aumento precipitação do sentido leste a oeste na região. Além disso, os mapas temáticos deixaram explícitas as duas estações bem definidas da região.

REFERÊNCIAS

FOLHES, M. T.; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 1, n. 1, p. 61-71, 2006.

GARDIMAN JÚNIOR, B. S.; MAGALHÃES, I. A. L.; FREITAS, C. A. A.; CECÍLIO, R. A. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). **Ambiência**, Guarapuava, v.8, n.1, p.61-71, 2012.

JIMENEZ, K. Q.; DOMEQ, F. M. **Estimação de chuva usando métodos de interpolação**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.16, 2008.

SALVIANO, M. F.; GROppo, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, 64-73, 2016.

SOUZA J. L. L. L.; et al. Avaliação de métodos de interpolação aplicados à espacialização das chuvas no território identidade Portal do Sertão / Bahia. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, INPE, Curitiba, PR, 2011.

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR NO MUNICÍPIO DE PETROLINA-PE

Leonardo Torres Correia ¹, Mario Miranda de Medeiros Villas Boas Leitão ², Luan Wamberg dos Santos ³, Thiago Ferreira Cirilo ⁴, Braully Bezerra de alencar ⁵

¹Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, leonardo.torrescorreia@hotmail.com; ²Prof. Dr. Em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, mario.miranda@univasf.edu.br; ³Mestrando em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, luan_wamberg@hotmail.com; ⁴Mestrando em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, cirilo.ifal@gmail.com; ⁵Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, braullyalencar@gmail.com

RESUMO: A Temperatura é uma das variáveis consideradas para aprimorar a gestão dos recursos hídricos e o desenvolvimento das atividades agrícolas, principalmente em regiões semiáridas. O presente trabalho teve como objetivo, comparar as médias de temperatura do ar (máximas e mínimas) de Petrolina (PE), localizada no semiárido do nordeste brasileiro, no período de 01.01.2012 a 31.12.2016 e relacionar aos dados da temperatura média da cidade no período de 24 horas. Neste trabalho foram utilizados dados obtidos de uma estação meteorológica da cidade de Petrolina (PE) (09° 23' 55" S; 40° 30' 03" O) cedidas pelo LabMet (UNIVASF). Cada série foi analisada, estatisticamente, comparando-se a oscilação das temperaturas mensais com as respectivas médias aritmética da série, máximos e mínimos absolutos e o desvio padrão (DP). Os principais resultados evidenciam a característica da região quanto ao aumento nas temperaturas máxima, média e mínima no período chuvoso e temperaturas mais amenas em um período na estação seca (entre o fim do mês de abril e o início de setembro), correspondente ao inverno do hemisfério sul, quando a distância terra-sol e a declinação do sol quanto a latitude, assumem seus valores máximos. O mês de novembro foi determinado como o mês com as temperaturas mais elevadas enquanto os meses de julho e agosto apresentaram as menores temperaturas do ar. A amplitude térmica avaliada no estudo da variação da temperatura durante o período de 24 horas, torna ineficaz a determinação de uma temperatura média para a cidade, tornando imprescindível a consideração das temperaturas máximas e mínimas.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido; Nordeste; Amplitude Térmica

EVALUATION OF THE AIR TEMPERATURE IN THE MUNICIPALITY OF PETROLINA-PE

ABSTRACT: The temperature is one of the numerous variable to be considerate to improve the management of water resources and the development of agricultural activities, mainly in semiarid regions. The objective of this project work, is to compare the air temperature measurements (maximum and minimum) of Petrolina (PE), localized in the semiarid of the Brazilian northeast, during 01.01.2012 to 31.12.2016 and relate it to the data of the average temperature of the city during 24 hours. The data used for this project work were acquire at the weather station of Petrolina (PE) (09° 23' 55" S; 40° 30' 03" W) conceded by LabMet (UNIVASF). Every series was analyzed statistically, comparing the oscillation of the monthly temperature with the respective arithmetic average of the series, absolute maximums and minimums and standard deviation. The main result emphasize the characteristic of the region in relation to the increase of the maximum average and minimum temperature on the rainy season and a

decrease of the temperature on the dry season (between the end of april and the begin of setember), related to the winter of south hemisphere, when the distance earth-sun and the declination of the sun in relation to the latitude assume the maximum value. The month of november was determined as the month of the lowest temperatures. The amplitude of the temperature evaluated in the study of the variation of the temperature during the period of 24 hours, made the determination of the average temperature to the city ineffective, making indispensable the consideration of the maximum and minimum temperature.

KEY-WORDS: Semi-arid; Northeast; Amplitude of the temperature

INTRODUÇÃO

Na tradição do povo nordestino existem duas estações no ano, a chuvosa e a seca. No nordeste brasileiro, principalmente no semiárido, as mudanças de temperatura e outras variáveis meteorológicas não são relevantes o suficiente para caracterizarmos outra estação durante o ano. Destarte a temperatura é uma variável de enorme importância no estudo das atividades agrícolas que movimentam a economia da região, influenciando na escolha das espécies a serem cultivadas, resistência da cultura a determinadas amplitudes térmicas, na relação e inter-relação de inúmeras outras variáveis físicas, químicas e biológicas ocorridas na água e no solo, além das ocorridas nas próprias espécies cultivadas.

A temperatura é uma propriedade de transferência/transmissão de energia térmica, ou simplesmente calor, entre um meio e outro. Através do conhecimento desta variável ambiental, pode-se entender e interpretar constantes sazonais e até diferentes variações comportamentais biológicas e hidrológicas. Existem fatores que influenciam na variação geográfica da temperatura do ar, como latitude, altitude, continentalidade e maritimidade, que devem ser analisados de modo a fornecer dados que correspondam ao que de fato acontece na região. Em muitos casos a avaliação da temperatura no semiárido acaba generalizando o estado de energia da atmosfera nos períodos dia-noite, considerando a média das temperaturas (máxima e mínima) da região uma constante.

O presente trabalho teve como objetivo, avaliar as Temperaturas mensais (máximas e mínimas) da cidade de Petrolina (PE) no período de 5 anos e relacionar com a variação diária (24 horas) de temperatura no ar da cidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados dados obtidos de uma estação meteorológica da cidade de Petrolina (PE) (09° 23' 55" S; 40° 30' 03" O), no período de Janeiro de 2012 a Dezembro de 2016, utilizando apenas as variáveis de temperatura média, máxima, mínima e desvio padrão.

O Município de Petrolina (PE) situa-se no vale do Rio São Francisco no interior do estado de Pernambuco. A região é destaque no cenário nacional devido à produção de frutas tropicais, porém a está inserida no semiárido brasileiro, sujeito a períodos críticos de prolongadas estiagens e temperaturas elevadas.

Os dados da estação meteorológica, foram fornecidos pelo Laboratório de Meteorologia (LabMet) da UNIVASF e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e apresentam as reais condições da temperatura do ar na cidade de Petrolina nos últimos 5 anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na Figura 1 ilustra os dados das temperaturas médias de máxima e mínima. Observando esses resultados, pode-se observar que existe uma amplitude térmica gigantesca na região, que tem que ser avaliada criteriosamente para o melhor desempenho das culturas cultivadas.

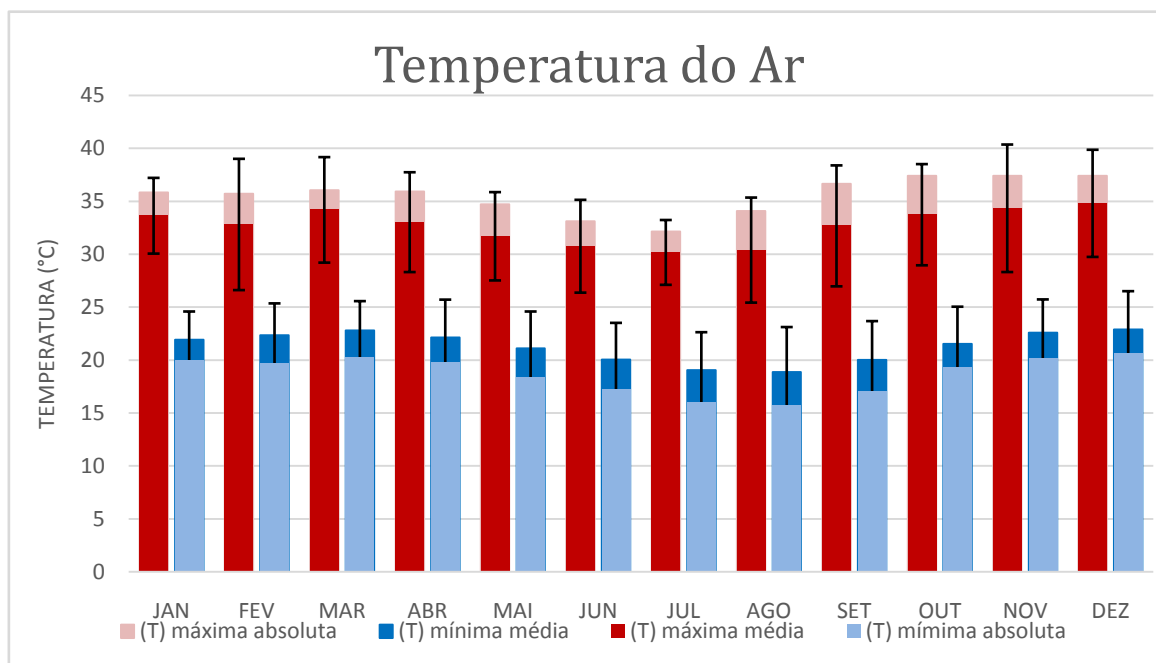


Figura 1. Temperaturas média (máximas e mínimas) do ar para a cidade de Petrolina (PE) de janeiro de 2012 a dezembro de 2016.

Os resultados obtidos pela Figura 2 apresenta a variação média da temperatura do ar na cidade de Petrolina (PE) no decorrer do dia, estipulando uma média diária para os meses de julho e novembro.

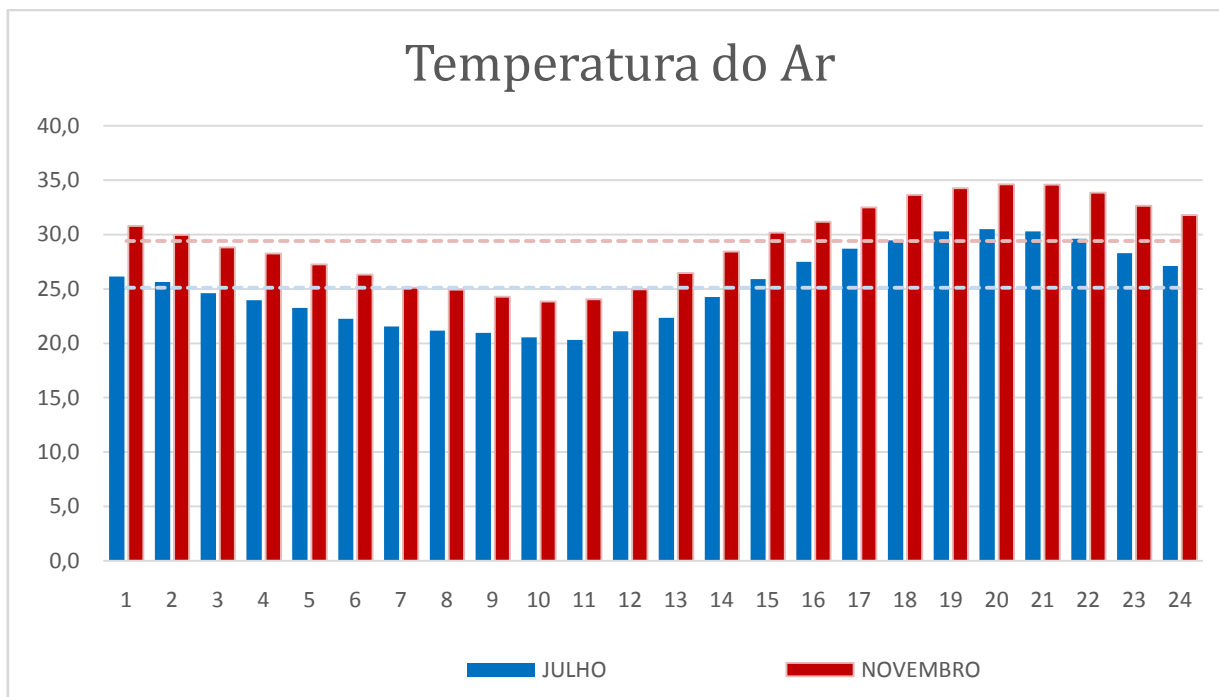


Figura 2. Média das temperaturas do ar no decorrer do dia (24 horas) para a cidade de Petrolina (PE) nos meses de julho e novembro de 2016

A cidade de Petrolina apresentou o mês de novembro com as maiores temperaturas, atingindo máxima de 38,8°C. Os meses de julho e agosto caracterizaram-se pelas temperaturas mais amenas chegando a apresentar 14,7°C e a máxima variando de 27,8 a 32,1°C no mês de julho

Os meses de julho e novembro foram selecionados para comparar as temperaturas no intervalo de 1 dia, por serem os períodos que apresentam menor e maior temperatura do ar respectivamente. Portanto no mês de Julho a temperatura média dos dias é de 25,1°C enquanto o mês de novembro apresenta uma temperatura média de 29,4°C.

Vários trabalhos apresentam a cidade de Petrolina com uma temperatura média de 26 a 27°C, não levando em consideração a grande variação da temperatura na cidade no decorrer do dia e nas diferentes estações. A região semiárida no interior do nordeste brasileiro sofre grande influencia da continentalidade, quando a superfície terrestre absorve calor e se aquece rapidamente, entretanto, o resfriamento é rápido, favorecendo uma variação de temperatura denominada amplitude térmica.

CONCLUSÕES

Devido a localização no semiárido nordestino, com a presença intensa do bioma caatinga e a influência da continentalidade, a cidade de Petrolina apresenta uma grande amplitude térmica no decorrer do dia e nas diferentes sazonalidades, tornando imprecisas análises que avaliam apenas a variação da temperatura média do ar no município e na região do Vale do São Francisco.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Meteorologia (LabMet) da UNIVASF e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados fornecidos de suas estações meteorológicas;

REFERÊNCIAS

Cavalcanti, E. P.; Silva, V. P. R.; Sousa, F. A. S. **Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.140-147, 2006.

Estefanel, V.; Schneider, F. M.; Buriol, G. A. **Probabilidade de ocorrência de temperaturas máximas do ar prejudiciais aos cultivos agrícolas em Santa Maria, RS**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.2, p.57-63, 1994.

FREITAS, Eduardo de. **"Maritimidade e Continentalidade"**; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/maritimidade-continentalidade.htm>>. Acesso em 15 de maio de 2017.

Silva, L. M. de M.; Aguiar, I. B. de. **Efeito dos substratos e temperaturas na germinação de sementes de *Cnidoculus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm.** (Faveleira). Revista Brasileira de Sementes, v.26, p.9-14, 2004

Camargo C. G, Braga H. J & Alves R. C. M. 2006. **Mudanças climáticas atuais e seus impactos no Estado de Santa Catarina**. Revista Agropecuária Catarinense, 19: 31-35.

Cargnelutti Filho, A., Matzenauer, R., Maluf, J. R. T., Fontana, D. F. 2008. **Análise decadal da temperatura do ar no estado Rio Grande do Sul**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.8, n.1, 258-263.

ANÁLISE DA ESTIAGEM EM SÃO GABRIEL DA PALHA/ES ENTRE JANEIRO/2014 E ABRIL/2017

Bruce Francisco Pontes da Silva¹, José Geraldo Ferreira da Silva², Hugo Ely dos Anjos Ramos³, Ivaniel Fôro Maia⁴, Thábata Teixeira Brito de Medeiros⁵

¹MSc. Meteorologia, Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Vitória, ES, brucepontes@incaper.es.gov.br; ²DSc. Engenharia Agrícola, Incaper, Vitória, ES, jgeraldo@incaper.es.gov.br; ³Bel. Meteorologia, Incaper, Vitória, ES, hugoely@incaper.es.gov.br; ⁴Bel. Meteorologia, Incaper, Vitória, ES, ivaniel.maia@incaper.es.gov.br; ⁵MSc. Biosistemas, Incaper, Vitória, ES, thabata.brito@incaper.es.gov.br

RESUMO: Uma intensa estiagem, que teve início em janeiro de 2014, desencadeou uma série de prejuízos materiais e sociais no Estado do Espírito Santo, culminando numa crise hídrica sem precedentes na história moderna capixaba. Pela primeira vez na história, a região metropolitana de Vitória teve que se render a um racionamento de água no último quadrimestre de 2016. O município de São Gabriel da Palha/ES, um dos maiores nomes na produção de café conilon do Espírito Santo, teve um dos piores momentos nesse contexto, declarando situação de emergência por causa da falta d'água. Para analisar o impacto da seca na região, foi feita uma análise temporal da intensidade das anomalias de chuva utilizando dados pluviométricos de um posto da Agência Nacional de Águas situado no município. O resultado evidenciou que a estiagem poucas vezes intercalou com semanas chuvosas, sendo a mais intensa e mais longa já registrada na cidade. O ano de 2015 e o triênio 2014-2016 foram os mais secos já observados em São Gabriel da Palha/ES desde o início da série história (1968) do pluviômetro utilizado para a análise. Para piorar a situação, os 4 primeiros meses de 2017 continuaram secos. A estação seca tem início exatamente no mês de abril.

PALAVRAS-CHAVE: seca, Espírito Santo, precipitação, crise hídrica, anomalia.

DROUGHT ANALYSIS AT SAO GABRIEL DA PALHA/ES BETWEEN JANUARY 2014 AND APRIL 2017

ABSTRACT: An intense drought, which began in January 2014, unleashed a series of material and social losses in the State of Espírito Santo, culminating in an unprecedented water crisis in modern history in Espírito Santo. For the first time in history, the metropolitan region of Vitoria had to undergo to a water rationing in the last four months of 2016. The Sao Gabriel da Palha/ES County had one of the worst moments in this context, declaring emergency because of the water supply lack. To analyze the impact of the drought in the region, was made a temporal analysis of the precipitation anomalies intensity. The result showed that the drought rarely intercalated with some rainy weeks, being the most intense and longest drought on record in the city. The year 2015 and the triennium 2014-2016 were the driest ever observed in Sao Gabriel da Palha/ES since the beginning of the historical series (1968) of the rain gauge used for analysis. To make matters worse, the first 4 months of 2017 remained dry. The dry season begins exactly in April.

KEY-WORDS: drought, Espírito Santo State, precipitation, anomalies, water crisis.

INTRODUÇÃO

Desde janeiro de 2014, o Estado do Espírito Santo vem sofrendo com diversos períodos de estiagem (SILVA et al, 2016). A falta de chuvas regulares culminou numa crise hídrica ainda no ano de 2014 em praticamente todos os municípios capixabas, com destaque para o norte do Espírito Santo, que naturalmente já enfrenta problemas com a estiagem (PONTES DA SILVA et al, 2013). A produção 2015/2016 de café conilon no estado registrou uma redução de 40% em relação ao ciclo anterior, aumentando significativamente o preço do café, mas ainda sem compensar os prejuízos. A situação dos cafezais pode se normalizar apenas na temporada 2018/2019, caso as condições climáticas contribuam. No entanto, a crise foi além da agricultura: diversos municípios declararam situação de emergência devido à falta d'água para o consumo humano. Pela primeira vez na história, a região metropolitana de Vitória teve que se render a um racionamento de água no último quadrimestre de 2016. Neste contexto, é objetivo deste trabalho identificar, através de uma análise temporal, a intensidade da estiagem que vem provocando prejuízos durante os últimos 3 anos (inclusive racionamentos de água) no município de São Gabriel da Palha/ES, que é um dos grandes produtores de café conilon do Espírito Santo (GLAZAR, 2005).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados diários de precipitação utilizados (em mm) foram obtidos a partir dos registros de leitura em um posto pluviométrico instalado no município de São Gabriel da Palha/ES, pertencente à Agência Nacional de Águas – ANA, entre janeiro de 1968 e abril de 2017. O equipamento de medição de referência está localizado sob as seguintes coordenadas geográficas: latitude: 19° 03' 28,08" S e longitude: 40° 30' 59,04" W. Os dados foram acessados através do portal da ANA na internet - <http://www.ana.gov.br>.

Foram calculados os acumulados mensais e anuais de precipitação para toda a série histórica do posto pluviométrico (1968 a 2017) e a média mensal e anual (climatologia) utilizando o período de 1984 a 2014, conforme a normal climatológica para os postos pluviométricos do Espírito Santo e entorno deste estado elaborada pelo Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). A partir destas médias foram calculadas as anomalias de precipitação mensal e anual para o período 2014-2017 (até abril). A partir desses cálculos, foram gerados gráficos para facilitar a análise da situação pluviométrica no município de São Gabriel da Palha/ES.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o gráfico do comparativo anual dos valores de precipitação. Os valores médios de referência da série histórica compreendem o período de 1984 a 2014 observados na estação da ANA. Os acumulados em 2014, 2015 e 2016 foram, respectivamente, 970,2 mm, 520,4 mm e 874,0 mm, quando o esperado é de 1109,5 mm.

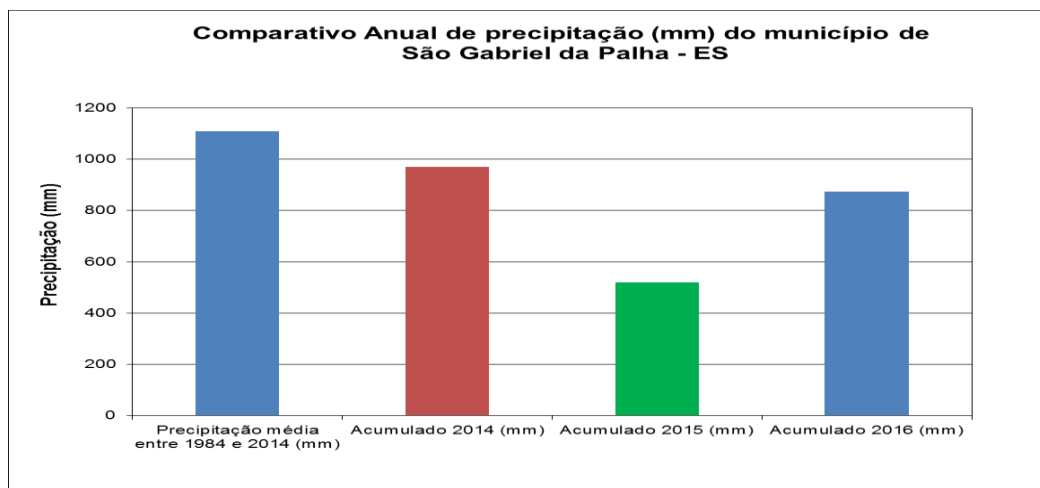


Figura 1. Gráfico comparativo anual de precipitação (mm) em relação à média histórica em São Gabriel da Palha/ES.

A Figura 2 quantifica o desvio médio anual de precipitação nos anos de 2014, 2015 e em 2016. Em 2014, 2015 e em 2016, os totais acumulados de chuva tiveram valores de 139,3; 589,1 e 235,5 mm, respectivamente, inferiores à referência climatológica. Em 2017, até abril, acumulava uma deficiência de 135,5 mm.

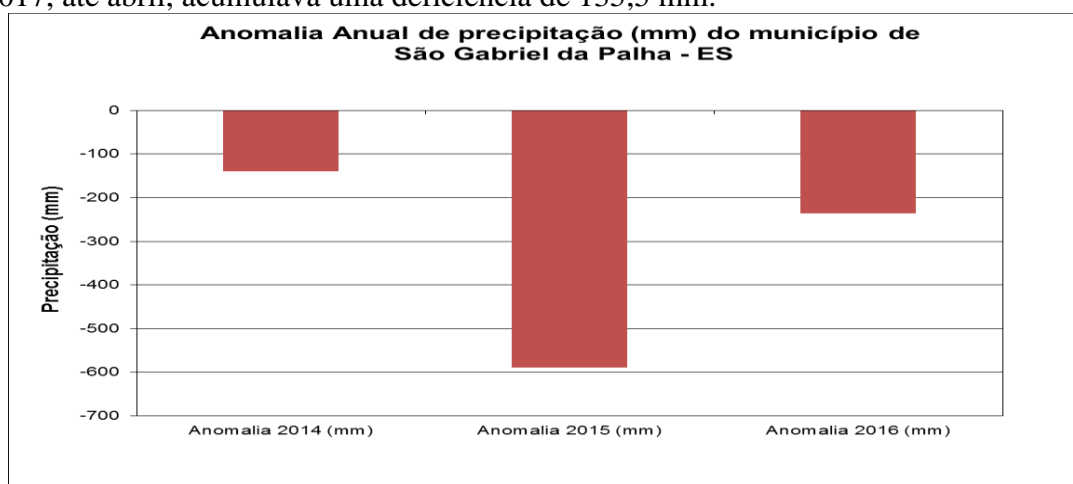


Figura 2. Gráfico do desvio médio (anomalia) anual de precipitação (mm) em relação à média histórica em São Gabriel da Palha/ES.

Apesar da anomalia ter sido relativamente pequena em 2014, a distribuição temporal da chuva foi bastante irregular, conforme mostra a Figura 3 (colunas vermelhas). Fazendo a comparação entre os valores mensais, essa figura mostra o comportamento mensal das chuvas entre 2014 e 2016, sendo que 2014 teve precipitação abaixo do normal (linha azul) na maioria dos meses. A exceção ficou por conta dos meses de agosto (período seco) e outubro (início da estação chuvosa), que registraram 48,1 e 86,9 mm acima da média, respectivamente. Contudo, esses valores não foram suficientes para recarregar o solo.

Em 2015, a chuva permaneceu escassa na região. De acordo com os registros, apenas fevereiro registrou chuva ligeiramente acima da climatologia. Nos demais meses, a chuva esteve abaixo da média, ressaltando que no período chuvoso (janeiro, novembro e dezembro), foram registradas as maiores anomalias negativas, onde a chuva

mensal observada esteve entre 145 e 181 mm abaixo da média histórica, contribuindo para o agravamento da deficiência de chuvas naquele ano.

A anormalidade do regime pluviométrico permaneceu em 2016 (colunas roxas da Figura 3). Um episódio da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) contribuiu para um saldo positivo de chuva no mês de janeiro, com 91,5 mm acima do normal. Outra anomalia positiva só ocorreu no período chuvoso seguinte, no mês de novembro, quando a anomalia foi de 38,3 mm. Os demais meses terminaram com chuva abaixo da média ou, no máximo, perto do normal.

2017 teve anomalias negativas no primeiro quadrimestre, com exceção do mês de fevereiro, quando a anomalia foi positiva (72,5 mm). Em suma, observa-se que, entre janeiro de 2014 até abril de 2017, a maioria dos acumulados de precipitação mensal ficou abaixo da média histórica em São Gabriel da Palha/ES, resultando num período de estiagem prolongado no município.

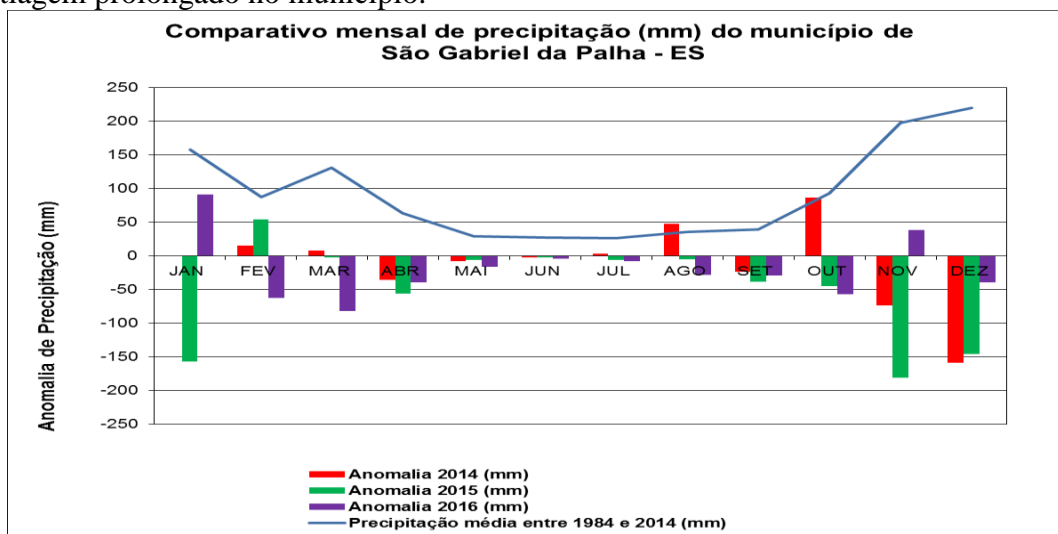


Figura 3. Gráfico da climatologia (linha) e da anomalia (barras) mensais de precipitação (mm) no posto pluviométrico da ANA em São Gabriel da Palha/ES.

O Quadro 1 apresenta, de forma resumida, os valores médios mensais e anuais de precipitação, os comparativos de janeiro de 2014 a abril de 2017 em relação à média (período de 1984 a 2014) e a diferença entre os acumulados mensais e anuais em relação à média histórica (anomalias).

Quadro 1. Quadro comparativo mensal e anual de precipitação (mm) em relação à média histórica em São Gabriel da Palha/ES. ¹Dados de 2017 até o mês de abril.

Mês	Precipitação Mensal												Anual
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Precipitação média entre 1984 e 2014 (mm)	158,3	87,4	131,4	63,1	29,3	27,6	26,9	35,7	39,6	92,8	197,7	219,7	1109,5
Acumulado 2014 (mm)	158,9	103,0	139,0	27,2	21,0	25,8	29,8	83,8	16,4	179,7	124,3	61,3	970,2
Anomalia 2014 (mm)	0,6	15,6	7,6	-35,9	-8,3	-1,8	2,9	48,1	-23,2	86,9	-73,4	-158,4	-139,3
Acumulado 2015 (mm)	1,7	141,9	129,4	6,9	23,6	25,1	20,9	30,2	1,3	48,4	16,7	74,3	520,4
Anomalia 2015 (mm)	-156,6	54,5	-2,0	-56,2	-5,7	-2,5	-6,0	-5,5	-38,3	-44,4	-181,0	-145,4	-589,1
Acumulado 2016 (mm)	249,8	24,8	49,8	23,4	13,0	23,8	18,6	7,6	10,4	36,0	236,0	180,8	874,0
Anomalia 2016 (mm)	91,5	-62,6	-81,6	-39,7	-16,3	-3,8	-8,3	-28,1	-29,2	-56,8	38,3	-38,9	-235,5
Acumulado 2017 (mm) ¹	40,0	175,6	119,2	17,3									352,1
Anomalia 2017 (mm) ¹	-118,3	88,2	-12,2	-45,8									-88,1

CONCLUSÕES

A estiagem analisada prejudicou seriamente a região produtora de café conilon do estado, poucas vezes intercalando com semanas chuvosas, fazendo dela a mais intensa e mais longa já registrada na cidade de São Gabriel da Palha/ES. O ano de 2015 e o triênio 2014-2016 foram os mais secos já observados no município desde o início da série história (1968) do pluviômetro utilizado para a análise. Esta situação se prolongou pelo primeiro quadrimestre de 2017; algo preocupante, já que o estado entra em seu período seco climatológico no segundo quadrimestre do ano. Mesmo quando as anomalias são muito positivas (ou negativas) durante o período seco, os valores absolutos dificilmente são comparáveis àqueles observados durante o período chuvoso.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do Consórcio de Pesquisa Café.

REFERÊNCIAS

GLAZAR, E. **Brava gente polonesa**. Vitória: Flor & Cultura, 2005. 207 p.

PONTES DA SILVA, B. F. et al. Evento extremo de chuva em dezembro de 2013 nos Estados do Espírito Santo e Minas Gerais. In: BRASIL. Ministério de Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013. Brasília. **CENAD**. 2014 87 p. il. color.

SILVA, J. G. F. da et al. Balanço das chuvas de 2015 e perspectivas para o trimestre fevereiro/abril. **Revista Procampo**, Linhares, n. 60, p. 12-15, 2016.

ANÁLISE DA ESTIAGEM NO MUNICÍPIO DE LINHARES/ES ENTRE JANEIRO DE 2014 E ABRIL DE 2017

José Geraldo Ferreira da Silva¹, Bruce Francisco Pontes da Silva², Hugo Ely dos Anjos Ramos³, Pedro Henrique Bonfim Pantoja⁴, Thábata Teixeira Brito de Medeiros⁵, Ivaniel Fôro Maia⁶

¹ DSc. Engenharia Agrícola, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Vitória, ES e professor da Faculdade Vale do Cricaré (FVC), São Mateus- ES, jgeraldo@incaper.es.gov.br; ²MSc. Meteorologia, (Incaper), Vitória, ES, brucepontes@incaper.es.gov.br; ³ Bel. Meteorologia, Incaper, Vitória, ES, hugoely@incaper.es.gov.br; ⁴ MSc. Engenharia Ambiental, Incaper, Vitória, ES, pedro.pantoja@incaper.es.gov.br; ⁵ MSc. Biosistemas, Incaper, Vitória, ES, thabata.brito@incaper.es.gov.br; ⁶ Bel. Meteorologia, Incaper, Vitória, ES, ivaniel.maia@incaper.es.gov.br

RESUMO: O estado do Espírito Santo, um dos maiores produtores de café Conilon do Brasil, vem passando por uma das maiores crises hídricas de sua história. O processo de estiagem com seu início em janeiro de 2014, desencadeou uma série de prejuízos socioeconômicos e ambientais no Estado do Espírito Santo. Em quase todo o estado do Espírito Santo, os irrigantes tiveram que parar de irrigar, por falta de água. No município de Linhares/ES, um grande produtor de café Conilon e frutas, a situação não foi diferente. Para analisar esta questão do déficit da precipitação e identificar as anomalias mensais e anuais, foram utilizados os dados pluviométricos diários da estação meteorológica do Inmet localizada próximo à sede deste município. Verificou-se que de janeiro de 2014 até o final de abril de 2017 o déficit de precipitação foi de 1941,8 mm, o equivalente a 1,5 vezes a precipitação média do local. Somente neste ano de 2017, até abril, o déficit de precipitação está acumulado em 328,8 mm, com apenas 117,8 mm acumulados neste primeiro quadrimestre. Assim, o período chuvoso encerrou sem chuvas e inicia-se o período seco sem o reabastecimento do lençol freático.

PALAVRAS-CHAVE: seca, Espírito Santo, precipitação, crise hídrica, anomalia.

DROUGHT ANALYSIS OF THE LINHARES/ES' CITY BETWEEN JANUARY 2014 AND APRIL 2017

ABSTRACT: The state of Espírito Santo, one of the largest coffee producers in Brazil, has been experiencing one of the biggest water crises in its history. The drought process, which began in January 2014, triggered a series of socioeconomic and environmental damages in the State of Espírito Santo. In most of the state, irrigation had to stop due to lack of water. In the Linhares/ES's city, a major producer of Conilon coffee and fruits, the situation was the same. In order to analyze the precipitation deficit and to identify the monthly and annual anomalies, the pluviometric data of the Inmet Linhares/ES meteorological station was used. It was observed that from January 2014 until the end of April 2017 the precipitation deficit was 1941.8 mm, equivalent to 1.5 times the Linhares/ES average precipitation. In 2017, until April, the precipitation deficit was 328.8 millimeters, with only 117.8 mm accumulated in the first four months. Thus, the rainy season ended without enough precipitation and the dry period begins without replenishing the water table.

KEY-WORDS: drought, Espírito Santo State, precipitation, anomalies, water crisis.

INTRODUÇÃO

O estado do Espírito Santo possui um período chuvoso bem definido, que vai de outubro a abril, período coincidente com a fase produtiva do cafeeiro (abotoamento floral até maturação dos grãos). Na metade norte do estado do Espírito Santo está a maior concentração de lavouras irrigadas devido as condições edafoclimáticas favoráveis. É nesta região que também se concentram as lavouras de café conilon. Estima-se, segundo a CONAB (2016), que existem cerca de 286.371 ha plantadas com esta lavoura e que, segundo Teixeira et al. (2012), cerca de 150 mil ha destas lavouras, são irrigadas. Conforme Silva (2016), no estado do Espírito Santo as chuvas estão abaixo da média climatológica desde o início de 2014, provocando inúmeros prejuízos socioeconômicos e ambientais. Segundo a Revista Campo Vivo (2016) os prejuízos acumulados, na agricultura, a partir de 2014 ultrapassaram R\$3,6 bilhões, correspondendo R\$2,2 bilhões deste valor total em prejuízos dos cafeicultores capixabas. A fruticultura capixaba ficou com um prejuízo estimado em R\$957 milhões (colocar REF). Se esta não for a pior está sendo uma das piores secas da história da agricultura (capixaba? Colocar REF) afetando inclusive á as lavouras irrigadas por diminuição do volume de água dos reservatórios. Tudo isto foi causado pela falta de chuva que promoveu a escassez hídrica culminando na proibição do uso da irrigação para priorizar o consumo humano e animal. Neste trabalho objetivou-se identificar a anomalia da precipitação a partir de janeiro de 2014 até abril de 2017 no município de Linhares um dos grandes polos agrícolas do estado do Espírito Santo com expressividade na produção do café conilon e fruticultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados diários de precipitação (mm) foram obtidos a partir dos registros da série janeiro de 1968 até abril de 2017 da estação meteorológica instalada no município de Linhares/ES, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, localizado nas coordenadas geográficas: latitude: 19,357° S e longitude: 40,067° W.

Foram calculados os acumulados mensais e anuais de precipitação para toda a série histórica 1976 a 2017, e a média mensal e anual (climatologia) utilizando o período de 1984 a 2014, conforme a normal climatológica para os postos pluviométricos do Espírito Santo e entorno deste estado elaborada pelo Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). A partir destas médias foram calculadas as anomalias de precipitação mensal e anual para o período 2014-2017 (até abril).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra o comparativo anual dos valores de precipitação com relação aos valores médios da série histórica de 1984 a 2014. Observa-se que, entre 2014 até 2016, os acumulados de precipitação anual ficaram abaixo da média histórica, resultando num período de estiagem prolongado no município. Os acumulados em 2014, 2015 e 2016 foram, respectivamente, 806,42 mm, 587,9 mm e 768,8 mm, quando o esperado é de 1258,7 mm.

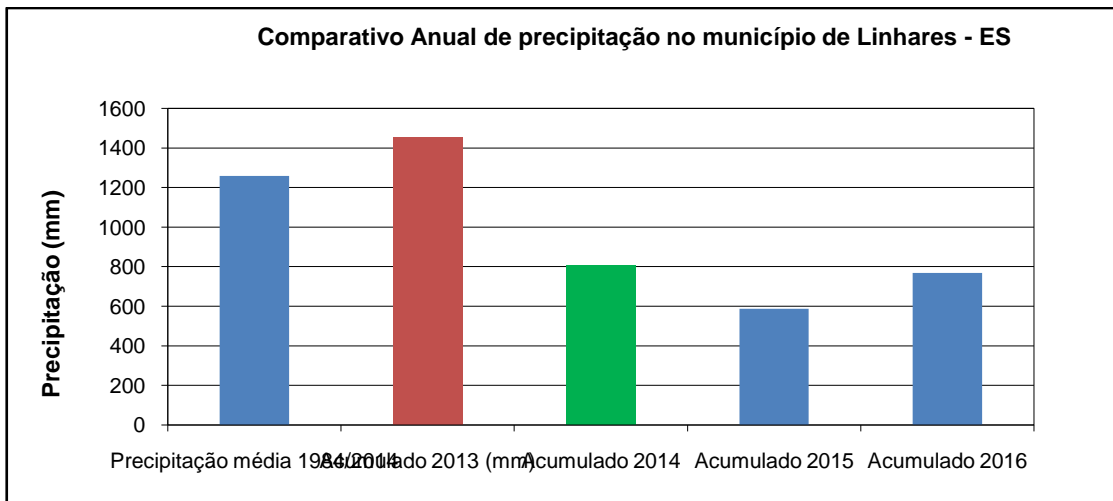


Figura 1. Gráfico comparativo anual de precipitação (mm) dos anos de 2014, 2015 e 2016, em relação à média histórica em Linhares/ES.

A Figura 2 apresenta o desvio médio anual de precipitação nos anos de 2014, 2015 e 2016. Em 2014, 2015 e em 2016, os totais acumulados de chuva atingiram valores de 452,3; 670,8 e 489,9 mm, respectivamente, inferiores à referência climatológica. Em 2017, até final de abril, já se tem uma deficiência acumulada de precipitação de 328,8 mm. Assim, de dezembro de 2014 até final de abril de 2017, no município de Linhares, considerando a estação meteorológica do Inmet, o déficit acumulado é de 1941,8 mm muito maior do que a média anual que é de 1258,7 mm, ou seja um déficit de aproximadamente 1,5 vezes a média anual climatológica de precipitação.

Na Figura 3 podem ser observadas as anomalias mensais da precipitação no período considerado. Observa-se que apenas em alguns meses dos anos avaliados a anomalia da precipitação ficou positiva ou próxima de zero em relação à média climatológica da série considerada (linha verde). Fazendo a comparação entre os valores mensais, essa figura mostra que 2014 teve precipitação abaixo do normal (linha azul) na maioria dos meses. A exceção ficou por conta dos meses de julho e agosto (período seco) e outubro (início da estação chuvosa), que registraram 24,1; 6,0 e 34,3mm acima da média, respectivamente. Contudo, esses valores não foram suficientes para recarregar o solo.

Em 2015, coluna azul, a chuva permaneceu escassa na região. De acordo com os registros, apenas março (14,3 mm) e junho (24,8 mm) apresentaram chuvas acumuladas ligeiramente acima da climatologia. Nos demais meses, a chuva esteve abaixo da média, ressaltando que no período chuvoso (janeiro, outubro, novembro e dezembro), foram registradas as maiores anomalias negativas, onde a chuva mensal observada esteve entre 91 e 197 mm abaixo da média histórica, contribuindo para o agravamento da deficiência de chuvas naquele ano.

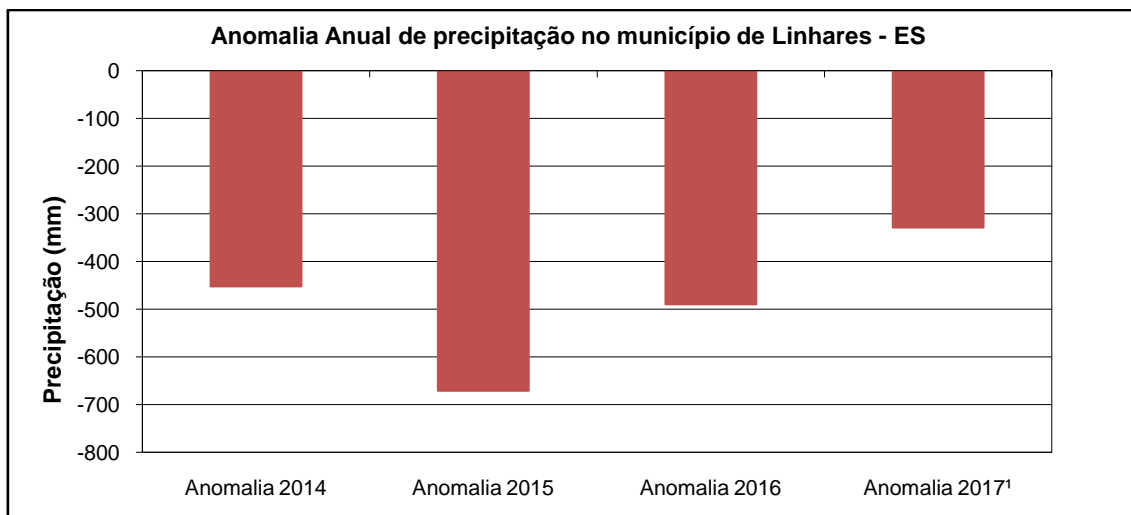


Figura 2. Gráfico do desvio médio (anomalia) anual de precipitação (mm) em relação à média histórica em Linhares/ES, para os anos de 2014, 2015, 2016 e 2017 até o final do mês de Abril

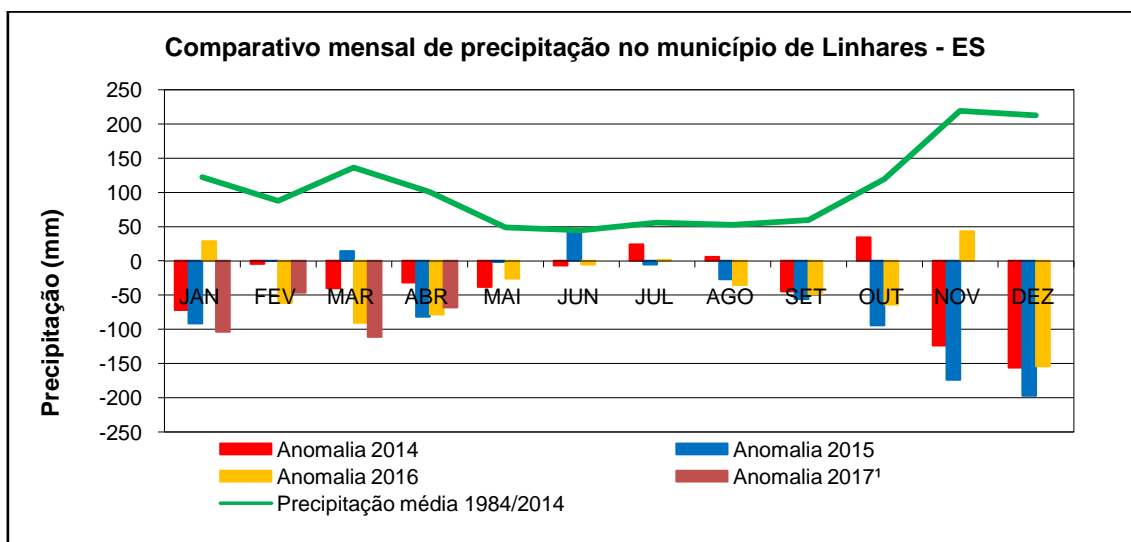


Figura 3. Gráfico da climatologia (linha) e da anomalia (barras) mensais de precipitação (mm) considerando a estação meteorológica do Inmet em Linhares/ES.

A anormalidade do regime pluviométrico permaneceu em 2016 (colunas amarela da Figura 3), porém com menor precipitação que as registradas nos invernos de 2014 e 2015. Um episódio da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) contribuiu para um saldo positivo de chuva no mês de janeiro, com 29,0 mm acima do normal. Outra anomalia positiva só ocorreu no período chuvoso seguinte, no mês de novembro, quando a anomalia foi de 43,1 mm. Os demais meses terminaram com chuva abaixo da média ou, no máximo, perto do normal. Em 2017, mesmo ocorrendo chuvas, as anomalias permaneceram negativas no primeiro quadrimestre.

CONCLUSÕES

No município de Linhares-ES, o período 2014 a 2017 teve um déficit acumulado da precipitação superior à normal climatológica, equivalente a 1,5 vezes.

As anomalias têm ocorrido em todos os meses do ano com magnitudes diferentes em função do ano, particularmente nos meses da época de chuvas, resultando na ampliação do período de estiagem já esperado do período invernal.

O déficit de precipitação acumulado, tem sido sentido pela cafeicultura com manifestação de quebra de safra do café e maior demanda de volume de irrigação, o que também sinalizou o dessecamento progressivo do solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do Consórcio Pesquisa Café.

REFERÊNCIAS

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de café, v.2 – Safra 2016, n. 1 – 1º Levantamento, Brasília: Conab, p. 1-68, 2016. Disponível:

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_22_09_06_12_boletim_cafe_-_setembro_2016.pdf. Acesso em: 19/05/2017

REVISTA CAMPO VIVO, Seca no ES: prejuízo de R\$3,6 bilhões na agricultura, **Revista Campo vivo**, Linhares/ES, n. 31, p. 16-17, 2016.

SILVA, J. G. F. da, et al. Balanço das chuvas de 2015 e perspectivas para o trimestre fevereiro/abril. **Revista Procampo**, Linhares/ES, n. 60, p. 12-15, 2016.

TEIXEIRA, M. S.; DAHER, F. A.; BREGONCI, I. S.; REIS, E. F.; RODRIGUES, R. R. **Recomendação técnica para implantação e manejo de sistema de irrigação para a cafeicultura de Conilon no estado do Espírito Santo**. Vitória: Incaper, 2012. 28p.

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BARREIRAS-BA ATRAVÉS DO IAC

Charles Cardoso Santana¹, Marcos Antonio Vanderlei Silva², Silas Alves Souza³, Sérgio Augusto Pignata de Souza⁴, Letícia da Silva Menezes⁵

¹Acadêmico do curso de Engenharia Agrônoma da UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: santana.agr@hotmail.com;

²Dr. em Agronomia (Meteorologia Agrícola, Professor do colegiado de Engenharia Agrônoma da UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: maavsilva@uneb.br;

³Acadêmico do curso de Engenharia Agrônoma da UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: silas_candiba@hotmail.com;

⁴Acadêmico do curso de Engenharia Agrônoma da UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: sergioesj@gmail.com;

⁵Acadêmico do curso de Engenharia Agrônoma da UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: leticia-menezes@live.com.

RESUMO: A região de Barreiras tem sua economia dependente principalmente da agropecuária, onde apesar dos grandes avanços nos últimos anos, a atividade agrícola e a rentabilidade das colheitas estão condicionadas a ocorrência de precipitação. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade temporal das precipitações na região de Barreiras-BA, através do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Utilizou-se uma série de dados mensais de precipitação entre o período de 1975-2015, provenientes da estação meteorológica convencional de Barreiras-BA, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. O IAC foi calculado e seus valores foram ordenados em um esquema de classificação de oito categorias, variando de extremamente úmido a extremamente seco. No período analisado, observou-se uma grande variação da distribuição temporal da precipitação, com períodos significativos de anomalias negativas e positivas, chegando a altas intensidades, além de ocorrerem praticamente o dobro de anomalias negativas mensais. No período analisado, foram avaliados quarenta e um anos, perfazendo-se 492 meses. Deste total, 66,06% (325 meses) apresentaram anomalias negativas enquanto 33,94% (167 meses) anomalias positivas. Em relação ao IAC anual, observou-se um comportamento similar aos IACs mensais, com uma grande variação da distribuição das anomalias, tanto positivas quanto negativas. No entanto, dos quarenta e um anos analisados, 46,34% (19 anos) apresentaram anomalias negativas e 53,66% (22 anos) anomalias positivas. Assim, conclui-se que a região de Barreiras-BA, apresenta grande variabilidade temporal de precipitação, com significativos períodos de anomalias negativas e positivas.

PALAVRAS-CHAVE: chuvas, variabilidade climática, disponibilidade hídrica.

ANALYSIS OF THE TEMPORARY VARIABILITY OF PRECIPITATION IN THE MUNICIPALITY OF BARREIRAS-BA THROUGH RAI

ABSTRACT: The region of Barreiras (BA) has its economy depends mainly on agriculture, in which despite the great advances in recent years, the agricultural activity and the profitability of crops are dependent on occurrence of precipitation. In this context, the objective of this work was to analyze the temporal variability of the

precipitations in the Barreiras-BA region, through the Rainfall Anomaly Index (RAI). A series of monthly rainfall data from 1975-2015 from the conventional Barreiras-BA meteorological station, obtained from the Meteorological Database for Teaching and Research (MDTR), was used on the National Institute of Meteorology (NIMET) website. The RAI was calculated and its values were ordered in a classification scheme of eight categories, ranging from extremely humid to extremely dry. In the analyzed period, a great variation of the temporal distribution of the precipitation was observed, with significant periods of negative and positive anomalies reaching high intensities, in addition to practically double negative monthly anomalies. In the analyzed period, forty-one years were evaluated, for 492 months. Of this total, 66.06% (325 months) presented negative- anomalies while 33.94% (167 months) presented positive anomalies. For the annual RAI, a similar behavior was observed to the monthly RAIs, with a great variation of the distribution of the anomalies, both positive and negative. However, of the forty-one years analyzed, 46.34% (19 years) presented negative anomalies and 53.66% (22 years) had positive anomalies. Thus, it is concluded that the Barreiras region presents great temporal variability of precipitation, with significant periods of negative and positive anomalies.

KEY-WORDS: rainfall, climate variability, water availability.

INTRODUÇÃO

A região Oeste da Bahia, apesar de ser uma área de fronteira agrícola com altas produtividades, é caracterizada pela má distribuição espacial e temporal da precipitação, com longos períodos de estiagem, sendo é um fator determinante no sistema produtivo. Um período anormal de baixa precipitação pluvial é suficiente para causar um grande desequilíbrio hidrológico, que por sua vez interfere, de forma direta ou indireta, em várias atividades do setor econômico, social e ambiental (SILVA et al., 2014).

Na agricultura, a acumulação de déficits de pluviosidade pode desencadear, de forma rápida, grandes perdas na produtividade das culturas agrícolas, principalmente quando falta umidade e há baixos índices de água no solo, em momentos decisivos para a produção, como nos períodos de floração e enchimento de grãos.

Várias são as vantagens do conhecimento sobre a intensidade e período de duração dos eventos naturais de estiagem, pois ajudam na execução de medidas preventivas visando à minimização dos danos e prejuízos, e principalmente em adequados sistemas de alerta, havendo a possibilidade de direcionar ações de mitigação dos efeitos do fenômeno climático sobre as comunidades e as atividades econômicas por elas desenvolvidas, de maneira mais efetiva, mas para isto, faz-se necessário o monitoramento constante (SILVA et al., 2008).

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) surge como uma ferramenta alternativa com benefícios imensuráveis para este cenário, pois além de medir as intensidades e períodos de duração, o estudo da frequência dos eventos de déficit pluviométrico pode indicar quais as áreas preferenciais à instalação do sistema agrícola ou de recorrência do fenômeno, fatores de grande importância no planejamento agrícola e na tomada de decisão.

A facilidade de acesso aos dados de precipitação mensais em tempo real é um fator importante e faz do índice uma ferramenta potencial para a análise das precipitações, considerando-se sua simplicidade procedimental (REPELLI et al., 1998; SANCHES; VERDUM; FISCH, 2014). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi

analisar a variabilidade temporal das precipitações no município de Barreiras-BA, através do Índice de Anomalia de Chuva (IAC).

MATERIAL E MÉTODOS

O local de estudo foi o município de Barreiras-BA, que se localiza geograficamente na latitude $12^{\circ}09'10''$ S e longitude $44^{\circ}59'24''$ O (Figura 1). O município possui uma variação de úmido a subúmido e de seco a subúmido, conforme a classificação climática de Köppen, sendo seu clima do tipo AW, isto é, típico das savanas, com inverno seco e temperatura média do ar do mês mais frio superior a 22°C .

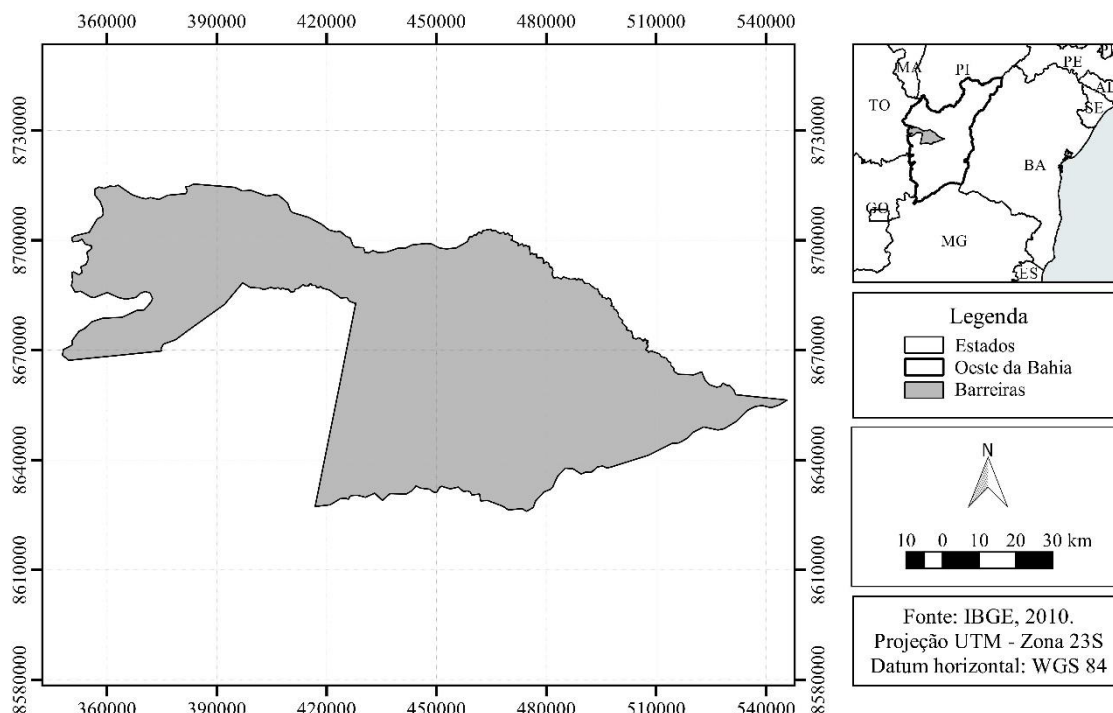


Figura 1. Localização do município de Barreiras-BA.

Os dados mensais de precipitação (1975-2015) utilizados neste estudo são oriundos da estação meteorológica convencional do município de Barreiras-BA, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do INMET. Após a obtenção dos dados, o ajuste dos mesmos e análise de consistência, realizou-se o preenchimento de falhas dos dados. O preenchimento foi realizado através do software estatístico R, versão 3.1.3, utilizando a imputação múltipla dos dados faltantes considerando o método da média preditiva ou *Predictive Mean Matching* (PMM) (BUUREN; OUDSHOORN, 2011).

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) mensal e anual foi calculado de acordo com as equações 1 e 2. Para anomalias de precipitação positivas, o parâmetro M é a média dos dez valores mais elevados de precipitação do período estudado; para as anomalias negativas, o parâmetro X representa os dez valores mais baixos de precipitação do mesmo período.

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \text{ Para anomalias positivas} \quad (\text{eq. 1})$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \text{ Para anomalias negativas} \quad (\text{eq. 2})$$

Onde:

N = precipitação (mm) observada atual ou do mês que será calculado o IAC;

\bar{N} = precipitação média da série histórica (mm)

\bar{M} = média dos dez valores mensais ou anuais mais altos;

\bar{X} = média dos dez valores mensais ou anuais mais baixos.

Os valores do índice foram ordenados em um esquema de classificação de oito categorias, variando de extremamente úmido a extremamente seco, segundo a metodologia de Rooy (1965), adaptada por Araújo et al. (2009) (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação da intensidade do Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Faixa do IAC	Classificação
$\geq 4,00$	Umidade extremamente alta
3,00 a 3,99	Umidade alta
2,00 a 2,99	Umidade moderada
0,50 a 1,99	Umidade baixa
-0,49 a 0,49	Normal
-1,99 a -0,5	Seca suave
-2,00 a -2,99	Seca moderada
-3,00 a -3,99	Seca alta
$\leq -4,00$	Seca extremamente alta

Fonte: Adaptado de Araújo et al. (2009).

Com os valores médios do IAC mensais e anuais foram feitas verificações de períodos em meses consecutivos de anomalias negativas e positivas de precipitação e suas intensidades de acordo com a classificação apresentada na Tabela 1. Além disso, efetuou-se a verificação dos períodos secos e úmidos em meses consecutivos de duração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todo o período analisado, de 1975 a 2015, foram avaliados 41 anos de dados, totalizando 492 meses. Deste total, 66,06% (325 meses) apresentaram anomalias negativas e 33,94% (167 meses) anomalias positivas (Figura 2). O maior valor negativo

(-4,47) do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi verificado em novembro dos anos de 1982, 1983 e 1997 e o maior índice positivo (13,93), em julho de 2002, sendo estes classificados como seca extremamente alta e umidade extremamente alta, respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Goos e Cassol (2015), analisando a ocorrência de IAC no estado do Rio Grande do Sul, onde foi verificado, além de um maior número de meses com anomalias negativas de precipitação, também um aumento destas a partir do terceiro sextênio do período analisado.

O maior índice positivo está associado à ocorrência de precipitação de 14,8 mm, em um mês que praticamente não chove. Para o maior valor negativo do IAC, está relacionado à ocorrência de precipitação de apenas 32,7 mm, em um mês dentro da estação chuvosa, que apresenta altos valores de totais pluviométricos.

Os períodos de duração das anomalias negativas mensais de precipitação, em meses consecutivos, predominaram sobre os úmidos (Figura 2). A maioria dos meses com ocorrência de anomalias positivas de precipitação apresentaram-se agrupados em períodos de, no máximo, três meses consecutivos. Os meses secos, em sua maioria, ocorreram agrupados em períodos de duração, a partir de quatro meses consecutivos, sendo que os maiores foram verificados de novembro de 1997 a março de 1999.

Os anos de 1978, 1988, 2013, 2014 e 2015 apresentaram uma maior quantidade de anomalias positivas (valores de IAC positivos), durante o período analisado, sendo 8 meses em 1978 e 7 meses para os demais respectivamente. Já os anos de 1998 e 2000, não apresentaram anomalias positivas, sendo caracterizados como os anos mais secos do período analisado (Figura 3).

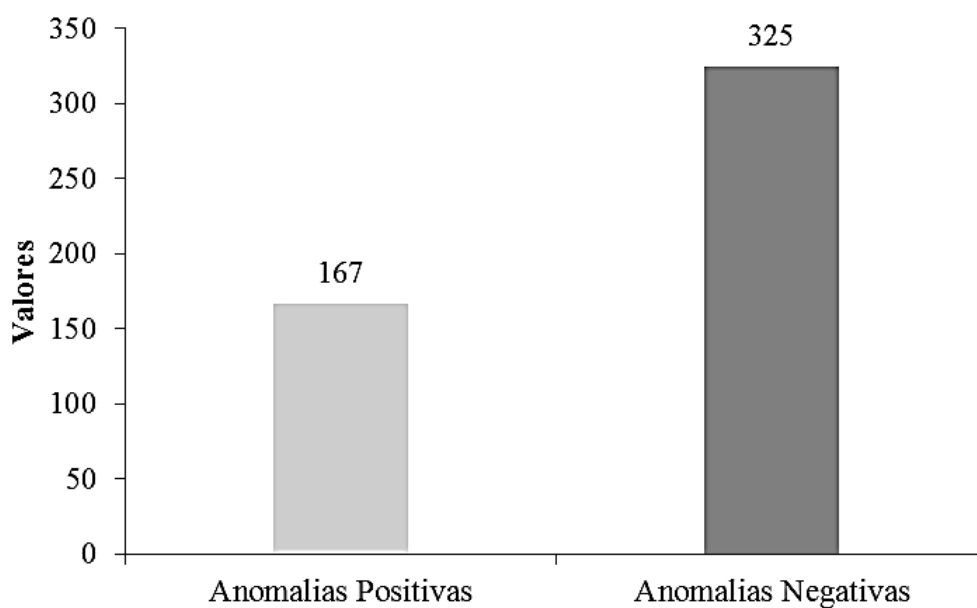


Figura 2. Números de anomalias positivas e negativas de precipitação no período de 1975 a 2015, no município de Barreiras-BA.

Em relação às anomalias negativas, observa-se na figura 4, que o ano de 1978, 1988, 2013, 2014 e 2015 apresentaram o menor quantitativo, sendo 4 meses para o ano de 1978 e 5 meses para os demais anos respectivamente.

Observa-se ainda, que os anos de 1998 e 2000 tiveram os 12 meses classificados como anomalias negativas. Além disso, a média anual de anomalias negativas, do período avaliado, ficou em torno de 7,9 meses (Figura 4).

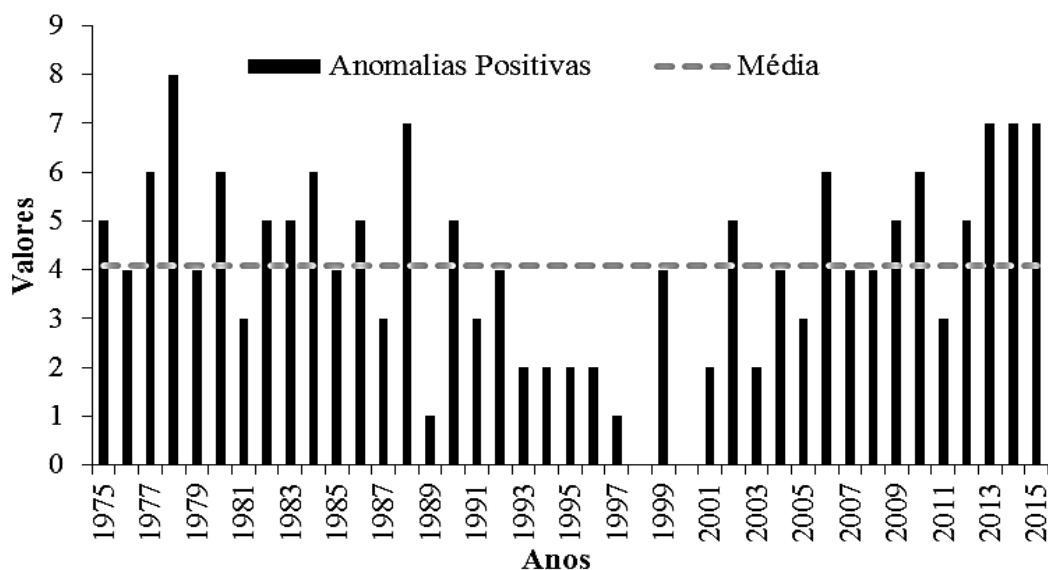


Figura 3. Número de meses com anomalias positivas de precipitação por ano, no município de Barreiras-BA, no período de 1975 a 2015.

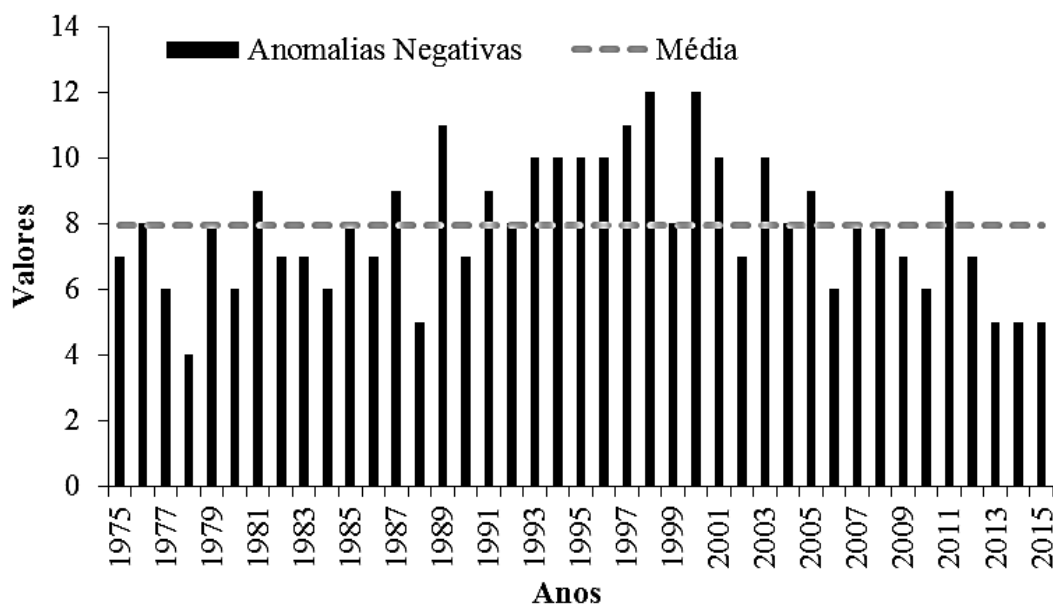


Figura 4. Número de meses com anomalias negativas de precipitação por ano, no município de Barreiras-BA, no período de 1975 a 2015.

Na tabela 2 tem-se a frequência absoluta e os percentuais, de ocorrência das classes de IAC mensal. Observa-se que 44% dos anos analisados, foram classificados como seca suave e umidade baixa, sendo 24% para seca suave e 20%. Além disso, a classe seca moderada apresentou o maior percentual de ocorrência, 33%, em relação as demais classes.

Em relação a seca extremamente alta, e umidade extremamente alta, a percentagem não ultrapassou 7%, sendo 1 e 7% respectivamente.

Tabela 2. Percentuais mensais de ocorrência das classes de IAC, no período de 1975 a 2015 no município de Barreiras-BA.

Classificação	Frequência Absoluta	%
Seca extremamente alta	7	1%
Seca alta	40	8%
Seca moderada	160	33%
Seca suave	118	24%
Umidade baixa	98	20%
Umidade moderada	19	4%
Umidade alta	15	3%
Umidade extremamente alta	35	7%

Em relação às anomalias anuais, observa-se na figura 5, que dos 41 anos analisados, 46,34% (19 anos) apresentaram anomalias negativas e 53,66% (22 anos) anomalias positivas. Gonçalves et al. (2006) obtiveram resultados semelhantes, na utilização do IAC para 15 estações localizadas no rio São Francisco, fato que mostrou que a ocorrência de anos secos é substancialmente maior na região analisada.

Os resultados anuais de anomalias, não apresenta o mesmo comportamento em relação aos valores mensais de anomalias, pois nos resultados mensais ocorreu um maior quantitativo de anomalias negativas. Além disso, as anomalias negativas representaram praticamente o dobro das anomalias positivas.

Esse comportamento de discrepância entre o quantitativo de anomalias mensais e anuais, certamente ocorreu em função da ocorrência de estiagens durante os meses da estação chuvosa, e conseqüentemente caracterizou esses meses em anomalias negativas, isto tendo vista que, o somatório de precipitação ficou muito abaixo da média de cada mês.

Apesar dos anos apresentarem um maior quantitativo de meses secos, em relação ao normal da região, não significa que obrigatoriamente o ano também será classificado como anomalia negativa, pois os meses que foram classificados como anomalia positiva, pode ter valores significativos de precipitação que permitem classificar o ano como anomalia positiva, ou seja, o somatório da precipitação desses meses atingiu a normal climatológica.

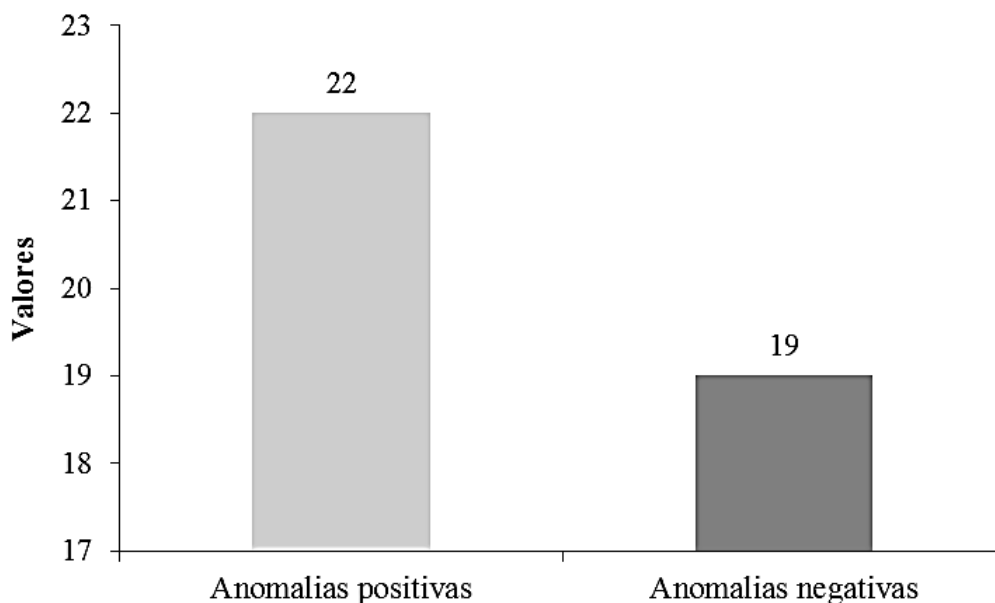


Figura 5. Números de anomalias positivas e negativas de precipitação de anual, no período de 1975 a 2015, no município de Barreiras-BA.

Na figura 6 observa-se o comportamento dos valores de IAC ao longo do período avaliado. O maior valor negativo (-4,6) do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi verificado no ano de 1992, e o maior índice positivo (6,35), no ano de 1970, sendo estes classificados como seca extremamente alta e umidade extremamente alta, respectivamente.

O maior período de anomalias negativas consecutivas ocorreu entre 1981 e 1985, perfazendo 5 anos. Para anomalias positivas, o maior período consecutivo ocorreu entre os anos de 1977 a 1980, perfazendo 4 anos (Figura 5). Cabral Júnior e Almeida (2012), em trabalho realizado no estado da Paraíba, observaram que esses períodos longos de seca, possivelmente estão associados à influência do El Niño. Esse é um fenômeno que quando atua no nordeste do Brasil pode provocar secas severas (MOLION; BERNARDO, 2000; SANTOS et al., 2011).

Observa-se ainda, na figura 6, um decréscimo nos valores das anomalias positivas, ao longo do período estudado, evidenciado, que apesar de ter sido classificados como chuvoso, apresenta valores próximo de zero.

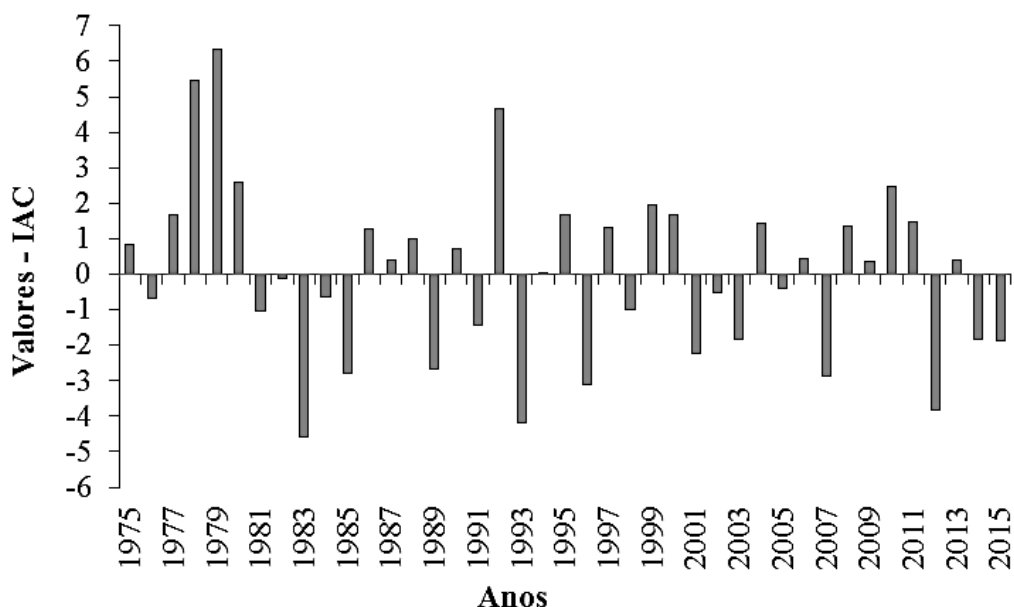


Figura 5. Comportamento do Índice de Anomalias de Chuva (IAC) para a série de totais anuais no município de Barreiras-BA, no período de 1975 a 2015.

A tabela 3, apresenta a frequência absoluta e os percentuais, de ocorrência das classes de IAC anual. Observa-se que 68% dos anos analisados, foram classificados como seca suave e umidade baixa, sendo 27% para seca suave e 41% para umidade baixa, evidenciando o que já foi relatado anteriormente, onde foi detectado um decréscimo temporal dos valores positivos de IAC.

Em relação a seca extremamente alta, e umidade extremamente alta, a percentagem não ultrapassou 7%, sendo 5 e 7% respectivamente.

Tabela 3. Percentuais anuais de ocorrência das classes de IAC, no período de 1975 a 2015 no município de Barreiras-BA.

Classificação	Frequência Absoluta	%
Seca extremamente alta	2	5%
Seca alta	2	5%
Seca moderada	4	10%
Seca suave	11	27%
Umidade baixa	17	41%
Umidade moderada	2	5%
Umidade alta	0	0%
Umidade extremamente alta	3	7%

Observa-se que a utilização do IAC no município de Barreiras – BA, permitiu realizar uma comparação de dados atuais de precipitação com dados históricos, e consequentemente descrever a variabilidade temporal da precipitação do município, o que concorda com resultados encontrados para os estados do Ceará, São Paulo e Tocantins, em pesquisas realizadas por Freitas (2005), Blaini e Brunini (2007), e Marcuzzo e Goularte (2012), respectivamente.

CONCLUSÕES

O município de Barreiras-BA, apresenta grande variabilidade temporal da precipitação, com períodos significativos de anomalias mensais negativas.

O índice de anomalia da chuva (IAC) mostrou ser um bom indicador da variabilidade do regime pluvial, além de detectar períodos secos ou chuvosos e estabelecer as categorias de seca meteorológica.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M. de; SOUSA, F. de A. S. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista Ambiente & Água** - Na Interdisciplinary Journal of Applied Science: v.4, n.3, p.93-110, 2009.

BLAINI, G. C., BRUNINI, O. Análise da escola temporal de monitoramento das secas agrícolas e meteorológicas no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia** v.22, n.2 p. 255-261, 2007.

BUUREN .V, S., OUDSHOORN , K.G. MICE: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. **Journal of Statistical Software**, v.45, n.3, 1-67, 2011.

CABRAL JÚNIOR, J. B.; ALMEIDA, H. A. de. Influência do fenômeno el-niño sobre o regime pluvial na Microrregião de Sousa, PB. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.2, n.4, p.904-915, 2012.

FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95, 2005.

GONÇALVES, W. A.; CORREIA, M. F.; ARAÚJO, L. E.; da SILVA, D. F.; ARAÚJO, H. A. Vulnerabilidade Climática do Nordeste Brasileiro: Uma análise de eventos extremos na Zona Semi-árida da bacia hidrográfica do São Francisco. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais...** 2006.

GROSS, J. A.; CASSOL, R. Índice de anomalia de chuva do estado o Rio Grande do Sul. **Ambiência** Guarapuava (PR) v.11 n.3 p. 529 - 543 Set./Dez. 2015.

MARCUZZO, F. F. N; GOULARTE, E. R. P. Índice de anomalia de chuvas do estado do Tocantins. **Geoambiente** On-line, n.19, p. 55-71, 2012.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, p. 1334-1342, 2000.

REPELLI, C. A.; FERREIRA, N. S.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, C. A. Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA E VIII CONGRESSO DA FLISMET, 1998, Brasília DF. **Anais...** 1998.

ROOY, M. P. A **Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**. *Notos*, v.14, 43p. 1965.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 15, n. 51, p.73-73, 2014.

SANTOS, E. P.; CORREIA, M. F.; ARAGÃO, M. R. S.; SILVA, F. D. S. Eventos extremos de chuva e alterações no regime hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Uma aplicação do índice RAI (Rainfall Anomaly Index). **Engenharia Ambiental**, v.8, p.315-330, 2011.

SILVA, D. F. de; PRELO-PANTANO, A.; SANT'ANNA NETO, J. L. Variabilidade da precipitação e produtividade agrícola na região do médio Paranapanema, SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 4, v. 3/4, p. 101- 116, 2008.

SILVA, M. A. V.; SANTANA, C. C.; SILVA, A. N.; ALMEIDA, R. B. S.; PASSOS, F. M. Avaliação da precipitação no Oeste da Bahia considerando as mudanças climáticas. In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, **Anais...** 2014.

ANÁLISE DA ESTIAGEM NO MUNICÍPIO DE PINHEIROS/ES ENTRE JANEIRO DE 2014 E ABRIL DE 2017

Ivaniel Foro Maia¹, José Geraldo Ferreira da Silva², Bruce Francisco Pontes da Silva³,
Hugo Ely dos Anjos Ramos⁴, Thábata Teixeira Brito de Medeiros⁵

¹BSc. Meteorologia, ivaniel.maia@incaper.es.gov.br; Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Vitória, ES, ²DSc. Engenharia Agrícola, Incaper, Vitória, ES, jgeraldo@incaper.es.gov.br; ³MSc. Meteorologia, brucepontes@incaper.es.gov.br; Incaper, Vitória, ES, ⁴BSc. Meteorologia, hugoely@incaper.es.gov.br ⁵ MSc. Biossistemas, Incaper, Vitória, ES, thabata.brito@incaper.es.gov.br

RESUMO: Uma intensa estiagem, que teve início em janeiro de 2014, desencadeou uma série de prejuízos materiais e sociais no Estado do Espírito Santo, culminando numa crise hídrica sem precedentes na história moderna capixaba. Pela primeira vez na história, a região metropolitana de Vitória teve que se render a um racionamento de água no último quadrimestre de 2016. O município de Pinheiros/ES, um dos maiores nomes na produção de café conilon do Espírito Santo, teve um dos piores momentos nesse contexto, declarando situação de emergência por causa da falta d'água. Para analisar o impacto da seca na região, foi feita uma análise temporal da intensidade das anomalias de chuva utilizando-se dados pluviométricos de um posto da Agência Nacional de Águas (ANA) situado no município de Pinheiros. O resultado evidenciou que a estiagem poucas vezes intercalou com semanas chuvosas, sendo a mais intensa e mais longa já registrada na cidade. O ano de 2015 e o triênio 2014-2016 foram os mais secos já observados em Pinheiros/ES desde o início da série história (1970) do pluviômetro utilizado para a análise. Para piorar a situação, os 4 primeiros meses de 2017 continuaram secos. O período de transição da estação chuvosa à estação seca tem seu início exatamente no mês de abril.

PALAVRAS-CHAVE: seca, Espírito Santo, precipitação, crise hídrica, anomalia.

DROUGHT ANALYSIS OF THE PINHEIROS/ES' COUNTY BETWEEN JANUARY 2014 AND APRIL 2017

ABSTRACT: An intense drought, which began in January 2014, triggered a series of material and social damages in the State of Espírito Santo, culminating in an unprecedented water crisis in the modern history of Espírito Santo. For the first time in history, the metropolitan region of Vitória had to surrender to water rationing in the last four months of 2016. The municipality of Pinheiros / ES, one of the biggest names in the production of conilon coffee from Espírito Santo, had one of the worst Moments in this context, declaring emergency situation because of lack of water. In order to analyze the impact of the drought in the region, a temporal analysis of the intensity of rainfall anomalies was performed using rainfall data from a National Water Agency located in the municipality. The result showed that drought seldom interspersed with rainy weeks, being the most intense and longest recorded in the city. The year 2015 and the triennium 2014-2016 were the driest ever observed in Pinheiros / ES since the beginning of the series (1970) of the rain gauge used for the analysis. To make matters worse, the first 4 months of 2017 were still dry. The transition period from the driest to the driest season begins exactly in April.

KEY-WORDS: drought, Espirito Santo State, precipitation, anomalies, water crisis.

INTRODUÇÃO

O estado do Espírito Santo vem sofrendo com um período de estiagem, que se prolonga desde janeiro de 2014 (SILVA, 2016). A irregularidade das chuvas, assim com a falta de chuvas significativas do ponto de vista agrônomo, configurou numa crise hídrica que se iniciaria ainda no ano de 2014 em praticamente todos os municípios capixabas, com destaque para o norte do Espírito Santo, região do estado que naturalmente já enfrenta problemas com a estiagem (SILVA, 2013). A seca que prolongada obrigou diversos municípios a declararem situação de emergência devido à forte estiagem. A crise hídrica atingiu inclusive a capital do estado Vitória, que pela primeira vez na história, precisou utilizar-se de mecanismos de gestão e a um racionamento de água no último quadrimestre de 2016. Neste contexto, é feita uma análise temporal da intensidade da estiagem que vem provocando prejuízos durante os últimos 3 anos (inclusive racionamentos de água) no município de Pinheiros/ES (que é um dos grandes produtores de café Conilon do Espírito Santo, e apesar do acentuado déficit hídrico, esta região do Espírito Santo, atraiu grandes projetos de agricultura desde o fim dos anos 1980, e com auxílio da inovação tecnológica a irrigação garantiu o sustento das lavouras com pivôs centrais e outras tecnologias destinadas a irrigação. (DADALTO et al., 2016).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados diários de precipitação utilizados (em mm) foram obtidos a partir dos registros de leitura em um posto pluviométrico instalado no município de Pinheiros/ES, pertencente à Agência Nacional de Águas – ANA, entre janeiro de 1970 e abril de 2017. O equipamento de medição de referência é um pluviômetro do tipo Ville de Paris, e está localizado sob as seguintes coordenadas geográficas: latitude: 19° 22' 44,40" S e longitude: 40° 14' 96,00" W a uma altitude de 122 m. Os dados foram acessados através do portal da ANA na internet - <http://www.ana.gov.br>.

Os dados foram compilados para análise de consistência, e foram calculados os acumulados mensais e anuais de precipitação para toda a série histórica do posto pluviométrico (1970 a 2017) e a média mensal e anual (climatologia) utilizando o período de 1970 a 2014, conforme a normal climatológica para os postos pluviométricos do Espírito Santo e entorno deste estado elaborado pelo Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). A partir destas médias foram calculadas as anomalias de precipitação mensal e anual para o período 2014-2017 (até abril). A partir desses cálculos, foram gerados gráficos para facilitar a análise da situação pluviométrica no município de Pinheiros/ES.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o gráfico do comparativo anual dos valores de precipitação. Os valores médios de referência da série histórica compreendem o período de 1970 a 2014 observados na estação da ANA. Observa-se que, entre janeiro de 2014 até abril de 2017, a maior parte dos acumulados de precipitação mensal mantiveram-se abaixo da média histórica em Pinheiros/ES, resultando num período de estiagem prolongado no município. Os acumulados em 2014, 2015 e 2016 foram, respectivamente, 890,8 mm, 638,4 mm e 860,9 mm, quando o esperado é de 1072,6mm.

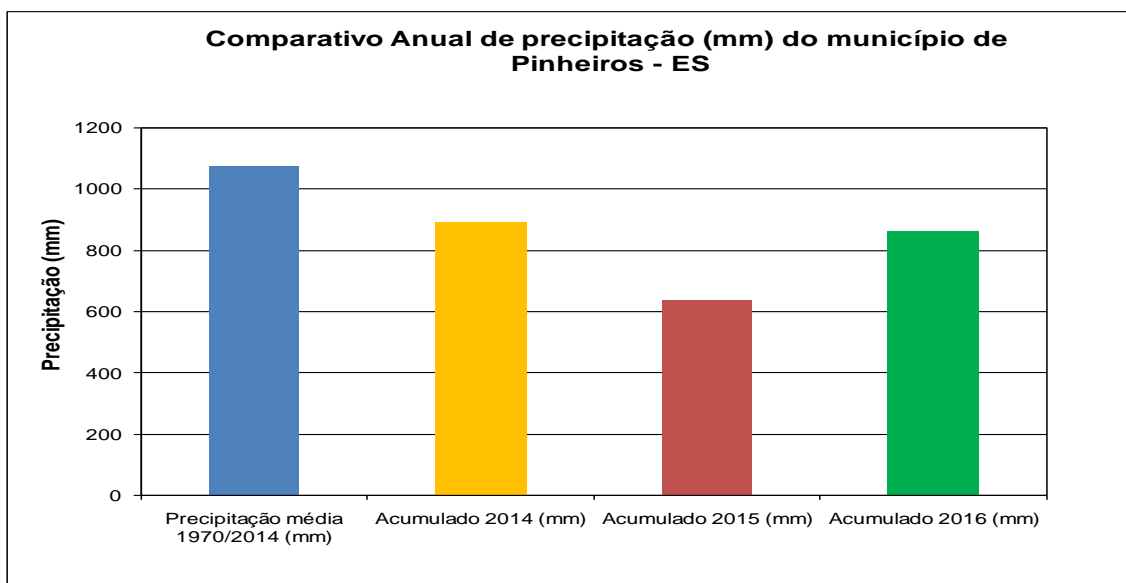


Figura 1.Gráfico do comparativo anual de precipitação (mm) em relação à média histórica em Pinheiros/ES.

A Figura 2 quantifica o desvio médio anual de precipitação nos anos de 2014, 2015 e 2016. Em 2014, 2015 e em 2016, os totais acumulados de chuva tiveram valores de 181,8; 434,2 e 211,7mm, respectivamente, inferiores à referência climatológica de 1072,6mm, e que até abril de 2017 acumulava uma deficiência de 247,6mm.

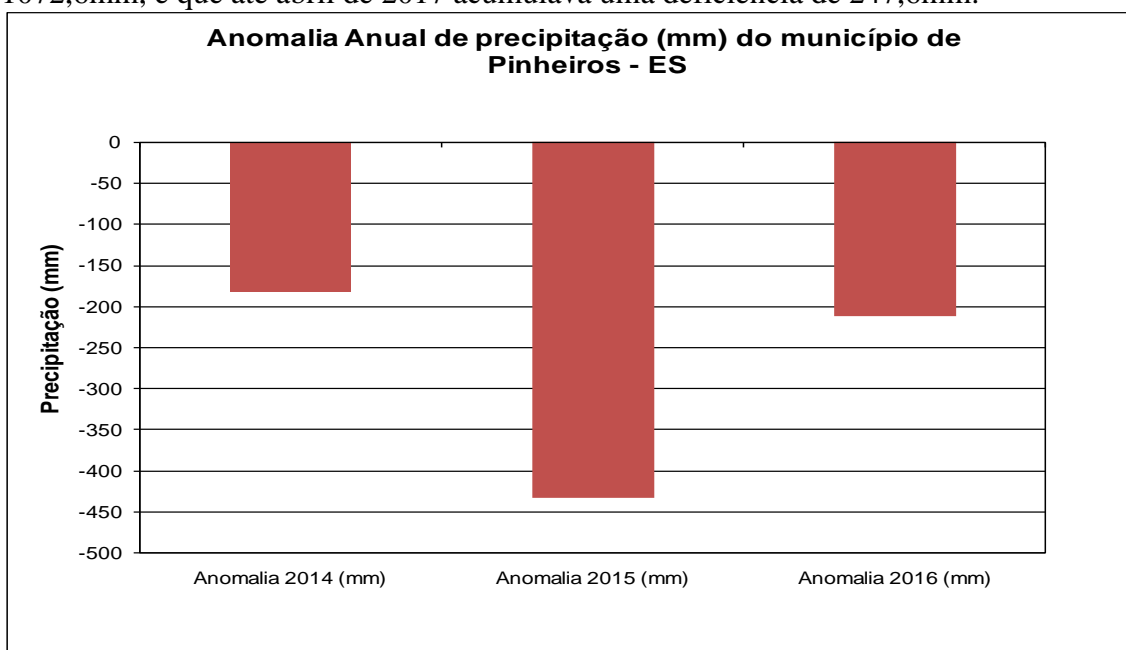


Figura 2.Gráfico do desvio médio (anomalia) anual de precipitação (mm) em relação à média histórica em Pinheiros/ES.

Apesar da anomalia ter sido relativamente pequena em 2014, a distribuição temporal da chuva foi bastante irregular, conforme mostra a Figura 3 (colunas vermelhas). Ao compararmos os valores mensais, a Figura 13 apresenta o comportamento mensal das chuvas entre 2014 e 2016, sendo que 2014 teve precipitação abaixo do normal (linha azul que corresponde à média do período) na maioria dos

meses, com exceção dos meses de junho e agosto (período seco), outubro (início do período chuvoso), os quais registraram valores de 54,6 mm ,57,1 mm e 153,9mm acima da média, respectivamente. Apesar de observarem-se alguns valores acima da média, estes valores não se mostraram suficientes para manter e/ou recarregar a quantidade de água de forma significativa no solo.

A escassez hídrica percorreu por praticamente todo ano de 2015, com exceção do mês junho que registrou chuva ligeiramente acima da média climatológica, a precipitação permaneceu abaixo da média nos demais meses deste ano. Observaram-se no período chuvoso (novembro, dezembro, Janeiro, Março), os maiores registros de anomalias negativas, com valores entre 70,3 e 116,9 mm abaixo da média histórica, estabelecendo um cenário de deficiência hídrica naquele ano.

Em 2015, o cenário de estiagem já se encontrava estabelecida no Espírito Santo, e se estendeu por todo ano de 2016, conforme observamos nas colunas roxas da Figura 3, o regime pluviométrico com anomalias negativas neste ano. Alguns sistemas meteorológicos atuaram por determinado período em 2016, e resultou em acumulado significativo de chuva em virtude de um episódio de ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), o que contribuiu para que no mês de janeiro, o acumulado de chuva ficasse 87,8 mm acima do normal. Outro período com anomalia positiva ocorreu durante o período chuvoso seguinte, no mês de novembro, quando a anomalia foi de 34,1 mm. Os demais meses fecharam o ano com chuva abaixo da média ou, no máximo, perto do normal.

O primeiro quadrimestre de 2017 teve anomalias negativas, com valores 139,8mm em Janeiro, 11,8mm em fevereiro, 43,3mm em março e 52,7mm em abril.

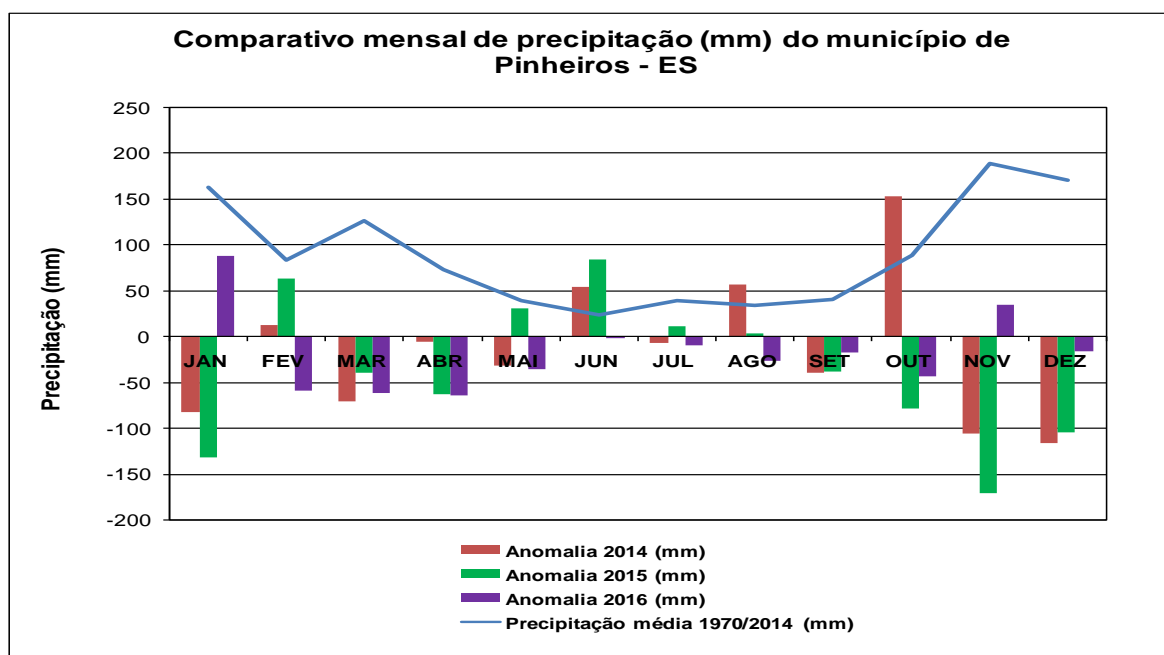


Figura 3.Gráfico da climatologia (linha) e da anomalia (barras) mensais de precipitação (mm) no posto pluviométrico da ANA em Pinheiros/ES.

O Quadro 1 apresenta, de forma resumida, os valores médios mensais e anuais de precipitação, os comparativos de janeiro de 2014 a abril de 2017 em relação à média (período de 1970 a 2014) e a diferença entre os acumulados mensais e anuais em relação à média histórica (anomalias).

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Anual
Prec. média 1970/2014 (mm)	162,8	83,8	125,9	73,7	39,3	24,2	40,3	34,7	41,2	88,5	188,5	169,9	1072,6
Acumulado 2014 (mm)	80,0	97,0	55,6	67,4	7,0	78,8	33,8	91,8	2,0	242,4	82,0	53,0	890,8
Anomalia 2014 (mm)	-82,8	13,2	-70,3	-6,3	-32,3	54,6	-6,5	57,1	-39,2	153,9	-106,5	-116,9	-181,8
Acumulado 2015 (mm)	30,4	147,8	86,6	11,2	69,8	109,0	51,2	37,8	2,8	9,6	17,2	65,0	638,4
Anomalia 2015 (mm)	-132,4	64,0	-39,3	-62,5	30,5	84,8	10,9	3,1	-38,4	-78,9	-171,3	-104,9	-434,2
Acumulado 2016 (mm)	250,6	24,5	64,3	8,8	3,9	24,2	31,1	8,2	24,1	45,0	222,6	153,6	860,9
Anomalia 2016 (mm)	87,8	-59,3	-61,6	-64,9	-35,4	0,0	-9,2	-26,5	-17,1	-43,5	34,1	-16,3	-211,7
Acumulado 2017 (mm) ¹	23,0	72,0	82,6	21,0									198,6
Anomalia 2017 (mm) ¹	-139,8	-11,8	-43,3	-52,7									-247,6

CONCLUSÕES

A região produtora de café Conilon foi seriamente prejudicada pelo processo de estiagem no estado, sendo que o período de seca foi poucas vezes intercalado por dias/semanas chuvosas, mesmo assim, não foram suficientes para amenizar a escassez de água no solo, fazendo desta estiagem a mais intensa e mais longa já registrada na cidade de Pinheiros/ES. Os anos entre 2014 e 2016 foram os mais secos já observados no município desde o início da série histórica (1970) do pluviômetro utilizado para a análise. A situação de estiagem se prolongou pelo primeiro quadrimestre de 2017, deixando a situação mais preocupante frente escassez hídrica que o município vem passando e também devido ao estado entrar em seu período seco climatológico no segundo quadrimestre do ano. Mesmo quando ocorrem anomalias muito positivas durante o período seco, os valores absolutos não se comparam àqueles observados durante o período chuvoso, climatologicamente normal, o que não supriu a necessidade de água do município de Pinheiros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Projeto Embrapa-Café o apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

DADALTO, et al. **Transformação da Agricultura Capixaba 50**. Vitória, ES: Cedagro - Centro de Desenvolvimento do Agronegócio. p. 57, 2016.

SILVA, B. F. P. et al. Evento extremo de chuva em dezembro de 2013 nos Estados do Espírito Santo e Minas Gerais. In: BRASIL. Ministério de Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013. Brasília. **CENAD**. p.87, 2014.

SILVA, J. G. F. et al. Balanço das chuvas de 2015 e perspectivas para o trimestre fevereiro/abril. **Revista Procampo**, Linhares/ES, n. 60, p. 12-15, 2016.

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DA REGIÃO OESTE DA BAHIA

Letícia da Silva Menezes¹, Marcos Antonio Vanderlei Silva², Silas Alves Souza¹, Charles Cardoso Santana¹, Weslei Pereira Oliveira¹

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: leticia-menezes@live.com; ² Professor Dr. da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: maavsilva@uneb.br

RESUMO: A região Oeste da Bahia é conhecida pela sua produção agrícola e pecuária, destacando-se na produção de grãos, principalmente soja, milho e algodão. A deficiência hídrica é uma das principais causas da queda de produção da agricultura na região, uma vez que o excesso ou falta de água afeta diretamente o sistema solo-planta-atmosfera. Sendo assim, o estudo teve como objetivo caracterizar o balanço hídrico climatológico para as condições climáticas (BCH) da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015. O BCH é um método contábil que fornece o saldo de água disponível no solo, determinando a entrada e saída de água numa região. O trabalho foi elaborado a partir de dados obtidos na rede de estações meteorológicas convencionais do INMET, e a partir do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). O balanço hídrico climatológico foi determinado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955). Para a caracterização espacial do balanço hídrico da região realizou-se a espacialização dos dados médios mensais do déficit/excesso do período analisado, através da interpolação espacial pelo método do peso pelo inverso da distância (IDW) disponível no programa computacional QGIS. Por meio do balanço hídrico, na região Oeste da Bahia, os excedentes hídricos ocorrem nos meses de novembro a março. Nos meses de abril a outubro tem-se a deficiência hídrica, evidenciando a necessidade de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Deficiência hídrica, excedente hídrico, caracterização climática.

CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE OF THE WEST REGION OF BAHIA

ABSTRACT: The western region of Bahia is known for its agricultural and livestock production, especially in the production of grains, mainly soy, corn and cotton. Water deficiency is one of the main causes of the fall in agricultural production in the region, since excess or lack of water directly affects the soil-plant-atmosphere system. The aim of the study was to characterize the climatic water balance for the climatic conditions (BCH) of the western region of Bahia from 1975 to 2015. The BCH is an accounting method that provides the balance of available water in the soil, determining the entry and exit of water in a region. The work was based on data obtained from INMET network of conventional meteorological stations and from the National Water Agency (NWA) database. The climatological water balance was obtained by the method of Thornthwaite and Mather (1955). The initiation of the water balance followed the method proposed by Mendonça (1958). For the spatial characterization of the water balance of the region, we performed spatialization of the average monthly deficit /

excess data of the analyzed period through spatial interpolation using the inverse distance weight (IDW) method available in the QGIS software. Through the water balance, in the West region of Bahia, the water surpluses occur in the months of november to march. In the months of april to october there is a water deficit, evidencing the need for irrigation.

KEY-WORDS: Water deficiency, water surplus, climatic characterization.

INTRODUÇÃO

A região Oeste da Bahia é bastante conhecida pela sua produção agrícola e pecuária, destacando-se na produção de grãos, principalmente soja, milho e algodão, além da pecuária extensiva de corte e de leite. Sendo assim, é imprescindível que se conheça as condições climáticas da região, pois, as práticas agrícolas são extremamente dependentes das variações atmosféricas. A deficiência hídrica é uma das principais causas responsáveis pela queda de produção na agricultura, uma vez que o excesso ou falta de água afeta diretamente o sistema solo-planta-atmosfera e reduz a produtividade agrícola. O conhecimento da época que tal deficiência ocorre é importante para que o impacto na agricultura seja minimizado.

O balanço hídrico climatológico (BCH) é um método contábil que fornece o saldo de água disponível no solo, ou seja, determina a entrada e saída de água numa região, permitindo o monitoramento do armazenamento de água no solo. Segundo Camargo e Camargo (1993), o balanço hídrico climatológico é uma ferramenta agrometeorológica útil e prático para o planejamento agrícola, sendo sua utilização indispensável na caracterização climática (OMETTO, 1981) como também, na definição da aptidão agrícola da região estudada.

O BCH tem sido muito utilizado na verificação da necessidade de irrigação ou drenagem. Assim, com base no método Thornthwaite e Mather (1955), a partir de dados de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e capacidade de água disponível (CAD) é possível contabilizar o balanço de água no solo e chegar a valores de disponibilidade de água no solo, alteração do armazenamento de água do solo, evapotranspiração real (ETR), deficiência hídrica e excedente hídrico, oferecendo um indicativo de excesso ou grau de estresse por déficit que uma planta pode estar submetida.

O presente estudo teve como objetivo caracterizar o balanço hídrico climatológico para as condições climáticas da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi elaborado a partir de dados obtidos na rede de estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e a partir do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) – Hidroweb, situadas nos municípios da região Oeste da Bahia (Figura 1).

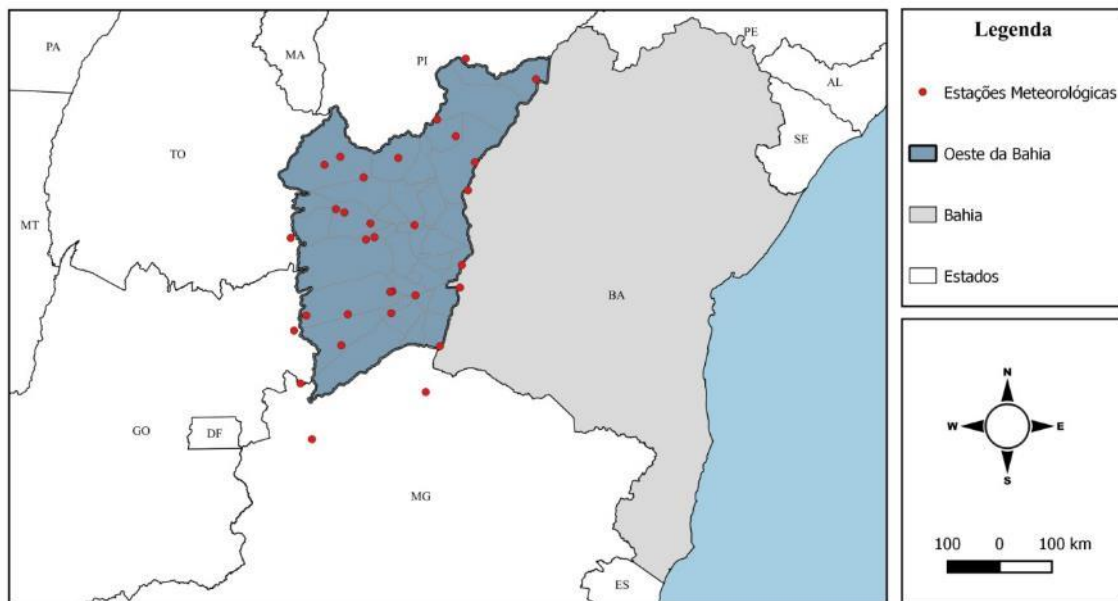


Figura 1 – Localização da região Oeste da Bahia e das Estações meteorológicas utilizadas.

A tabela 1 mostra a localidade dos municípios utilizados no estudo para realizar a caracterização da variabilidade da Precipitação para a região. Foram obtidos dados médios mensais de precipitação e temperatura do ar, compreendendo o período de 1975 a 2015. Além da utilização de dados das estações situadas na região Oeste da Bahia, utilizou-se dados de estações de municípios adjacentes, objetivando melhorar a caracterização da variabilidade da temperatura, uma vez que, apenas as estações localizadas na região são insuficientes para caracterizar esta variabilidade com uma boa acurácia.

Após a obtenção e ajuste dos dados e análise de consistência, realizou-se o preenchimento das falhas dos dados. O preenchimento de falhas foi realizado através do software estatístico R, versão 3.1.3, utilizando a imputação múltipla dos dados faltantes considerando o método da média preditiva ou Predictive Mean Matching (PMM) (BUUREN; OUDSHOORN, 2001).

Tabela 1 – Estações convencionais utilizadas para caracterização do balanço hídrico na região Oeste da Bahia.

ESTAÇÃO	ESTADO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
Arinos	MG	16° 05' 60" S	47° 57' 00" W	519,00 m
Barra	BA	12° 55' 12" S	44° 50' 24" W	401,58 m
Fazenda Boa Esperança - Barra	BA	10° 38' 00" S	43° 30' 00" W	430,00 m
Boqueirão - Barra	BA	11° 20' 34" S	43° 49' 30" W	450,00 m
Barreiras	BA	13° 50' 60" S	45° 00' 00" W	439,29 m
Fazenda São Roque - Barreiras	BA	11° 57' 24" S	45° 27' 23" W	622,00 m
Nova Vida - Montante - Barreiras	BA	11° 21' 08" S	45° 07' 20" W	458,00 m
Fazenda Johá - Barreiras	BA	11° 07' 31" S	45° 48' 39" W	725,00 m
Ponte Serafim - Montante - Barreiras	BA	11° 53' 46" S	45° 36' 43" W	713,00 m
Bom Jesus da Lapa	BA	14° 44' 24" S	44° 35' 24" W	439,96 m
Caracol	PI	10° 43' 12" S	44° 40' 12" W	522,77 m
Carinhanha	BA	15° 43' 12" S	44° 14' 24" W	450,18 m
Correntina	BA	14° 40' 12" S	45° 23' 24" W	459,47 m
Fazenda Planalto - Correntina	BA	13° 45' 01" S	46° 08' 30" W	947,00 m
Arrojolândia - Correntina	BA	13° 44' 03" S	45° 24' 12" W	679,00 m
Formoso	MG	15° 04' 12" S	47° 45' 00" W	840,00 m
Mocambinho	MG	16° 55' 12" S	45° 59' 24" W	452,00 m
Posse	GO	15° 59' 24" S	47° 38' 24" W	825,64 m
Remanso	BA	10° 22' 12" S	43° 53' 60" W	400,51 m
Santa Rita de Cássia	BA	12° 59' 24" S	45° 29' 24" W	450,30 m
Taguatinga	TO	13° 35' 60" S	47° 35' 24" W	603,59 m
Bom Jardim - Formosa do Rio Preto	BA	10° 59' 33" S	45° 31' 36" W	451,00 m
Fazenda Porto Alegre - Cocos	BA	11° 16' 06" S	45° 31' 20" W	500,00 m
Gatos - Jaborandí	BA	13° 42' 38" S	44° 37' 57" W	610,00 m
Fazenda Coqueiro - São Desidério	BA	12° 23' 21" S	44° 55' 56" W	502,00 m
Sítio Grande - São Desidério	BA	12° 26' 00" S	45° 05' 00" W	536,00 m
Santa Maria da Vitória	BA	13° 24' 00" S	44° 12' 00" W	431,00 m
Ibotirama	BA	12° 10' 50" S	44° 13' 24" W	420,00 m
Gameleira - Sítio do Mato	BA	12° 52' 00" S	43° 23' 00" W	415,00 m
Morpará	BA	11° 34' 00" S	43° 17' 00" W	415,00 m

- Municípios do Oeste da Bahia
 Municípios adjacentes

O balanço hídrico climatológico foi obtido pelo método de Thornthwaite e Mather (1955). A inicialização do balanço hídrico seguiu o método proposto por Mendonça (1958).

A capacidade de água disponível no solo (CAD) foi considerada 100 mm. A evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948) seguindo as considerações realizadas por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002):

Quando: $0 < T_n < 26,5 \text{ }^\circ\text{C}$

$$ET_p = 16 \left(10 \frac{T_n}{i}\right)^a \quad (1)$$

Quando: $T_n \geq 26,5 \text{ }^\circ\text{C}$

$$ET_p = -415,85 + 32,24 T_n - 0,42 T_n^2 \quad (2)$$

em que: T_n é a temperatura média do mês n , em $^\circ\text{C}$; I é um índice que expressa o nível de calor da região. O subscrito n representa o mês, ou seja, $n=1$ é janeiro; $n=2$ é fevereiro; etc. O valor de I depende do ritmo anual da temperatura, integrando o efeito térmico de cada mês, sendo calculado pela equação:

$$I = 12 (0,2 T_a)^{1,514} \quad (3)$$

em que: T_a é a temperatura média anual normal. O expoente “ a ”, sendo uma função de I , também é um índice térmico regional, e é calculado pela expressão:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,72 \times 10^{-2} I + 0,49 \quad (4)$$

O valor de ETP representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria nas condições térmicas de um mês padrão de 30 dias, e cada dia com 12 horas de fotoperíodo (N). Portanto, a ETP deve ser corrigida em função de N e do número de dias do período (NDP).

$$COR = \left(\frac{N}{12}\right) \left(\frac{NDP}{31}\right) \quad (5)$$

Para a caracterização espacial do balanço hídrico da região realizou-se a espacialização dos dados médios mensais do déficit/excesso do período analisado, através do Sistema de Informação Geográfica (SIG) Quantum GIS (QGIS), versão 2.14 - Essen, por meio da técnica de interpolação IDW (peso pelo inverso da distância).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 representa a caracterização estatística da variabilidade da precipitação média mensal do Oeste da Bahia, durante o período estudado. Em análise, percebe-se que o comportamento da precipitação para a região segue a caracterização de uma estação chuvosa e uma estação seca. O mês de maior volume de chuvas na região é dezembro, e o de menor volume é julho (Figura 3).

O volume de precipitação acumulada média ao ano para a região Oeste da Bahia é de 5100,9 mm/ano, enquanto que a média anual dos municípios é de 850,1 mm/ano.

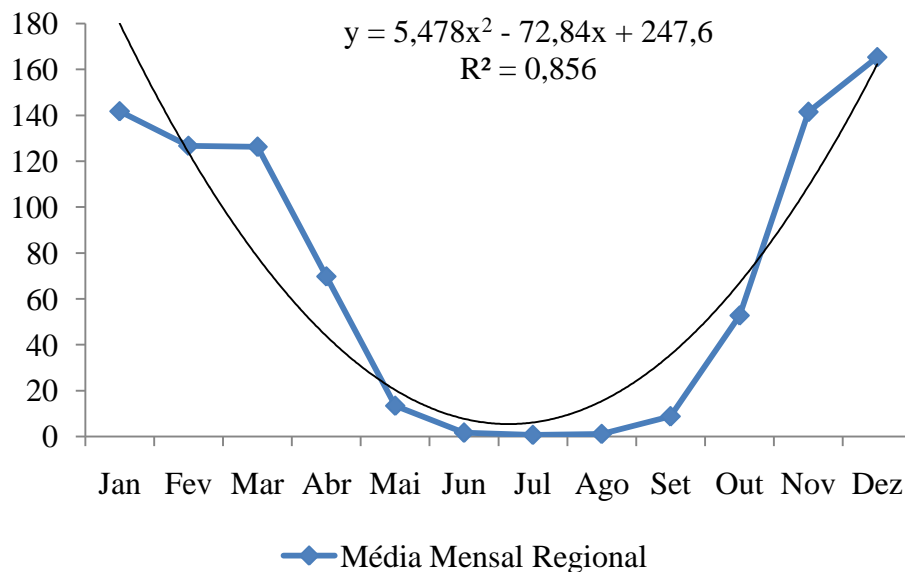


Figura 2 – Comportamento da variabilidade da precipitação média mensal da região Oeste da Bahia, no período de 1975 a 2015.

A Figura 3 apresenta as médias mensais da temperatura média do período analisado. Os meses de dezembro a abril, a temperatura permaneceram basicamente que constantes por compreender o período dentro da estação chuvosa, e, dessa forma, inexistência de alta discrepância da temperatura ao longo desses meses.

Ao final desta estação, observou-se uma queda na temperatura média. Isto ocorreu devido ao final da precipitação, fazendo com que os dias fossem mais quentes e as noites mais frias, razão pela qual a amplitude térmica desses meses apresentaram-se maiores que os demais. As maiores temperaturas média aconteceram no mês de outubro, 27,61°C. As menores temperaturas foram nos meses de junho e julho, em decorrência da estação de inverno. Destas, a menor temperatura média, aconteceu no mês de julho, correspondendo a 23,59°C.

Dentre os meses, observa-se a tendência de temperaturas superiores a 25°C entre setembro e maio e temperaturas inferiores nos meses de junho, julho e agosto.

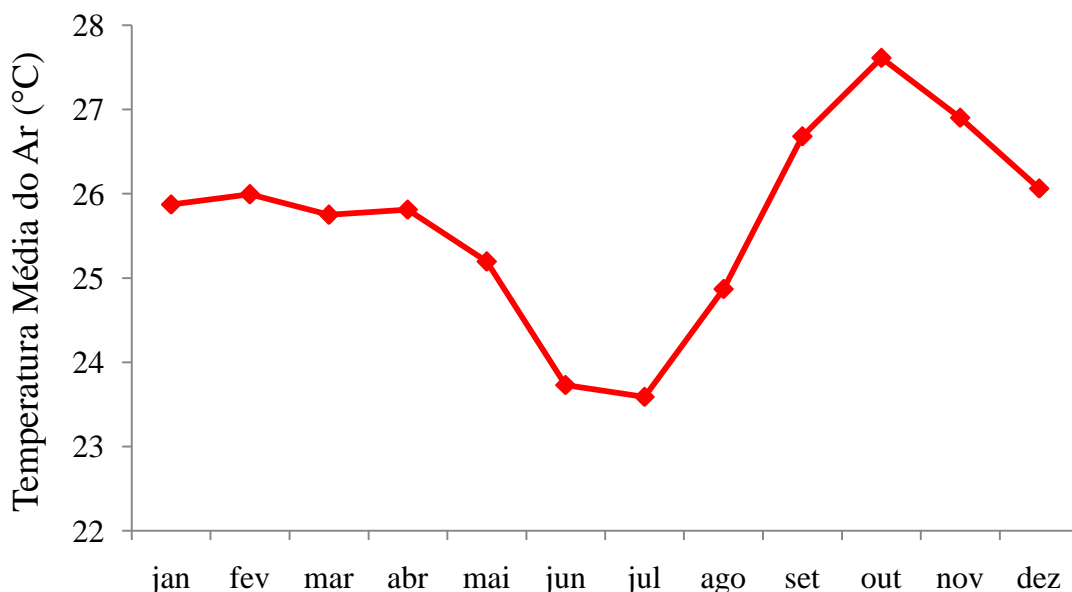


Figura 3 - Comportamento da variabilidade da temperatura média mensal da região Oeste da Bahia, no período de 1975 a 2015.

A variação de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real médias ao longo dos 40 anos em estudo estão na figura 4, pode ser observado que ambos apresentam comportamento semelhante ao longo dos meses. Como visto a precipitação na região se concentra dos meses de outubro a abril, e os menores volumes de chuva se concentraram do mês de maio a setembro. O comportamento da evapotranspiração real e potencial acompanham a sazonalidade da precipitação, ou seja, ocorre maior evapotranspiração onde a oferta hídrica é maior. O BCH evidencia as variações sazonais dos excedentes e deficiências hídricas, relacionando principalmente a precipitação e a evapotranspiração (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

A evapotranspiração, tanto real como potencial, é diretamente relacionada a temperatura, sendo observado altos valores de evapotranspiração nos meses de setembro a abril (figura 4), seguindo o comportamento da variabilidade da temperatura média mensal da figura 3. Ou seja, com o aumento térmico, consequentemente as evapotranspirações aumentam, assim, a planta passa a consumir mais água e passa por estresse hídrico nos meses da estação seca. De maneira geral, a precipitação e a evapotranspiração, aliados a temperatura do ar, podem ser consideradas como os principais elementos do clima, pois indicam os níveis energéticos, bem como a disponibilidade hídrica de uma região de interesse (ROLIM et al., 2007).

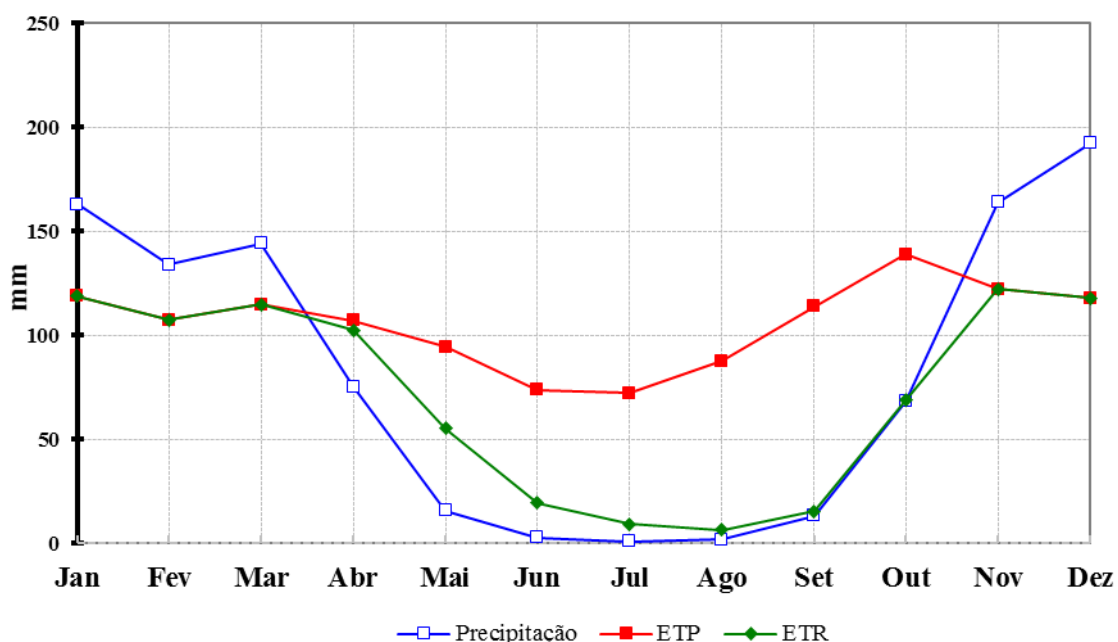


Figura 4. Variação dos dados médios mensais de precipitação (Prec), evapotranspiração potencial (ETP) e real (ETR), da região Oeste da Bahia, no período de 1975 a 2015.

Através do balanço hídrico mensal, pode se determinar um planejamento integrado dos recursos hídricos da região. Dessa forma, na figura 5, temos uma representação geral do comportamento de excedente hídrico e déficit hídrico na região Oeste da Bahia no período em estudo. Observa-se que os meses de dezembro, janeiro,

fevereiro e março são os com o maior excedente hídrico com um acumulado em torno de até 40mm, enquanto que do mês de abril a novembro apresentam-se com déficit hídrico, sendo o mês de setembro com maior déficit, em torno de -100 mm.

O período de déficit hídrico, fica mais bem caracterizada em meados do mês de maio a outubro, com início de reposição da água no solo a partir do mês de novembro. Tendo em vista estes dados, pode-se considerar esse, um período mais crítico para a atividade agrícola, fator esse que pode ser prejudicial ao desenvolvimento de diversas culturas. Com base nisso, é necessário ser feito o planejamento da época de plantio das culturas a serem cultivadas na região, de modo que as fases de máxima exigência hídrica não coincidam com os meses de máxima deficiência de água no solo.

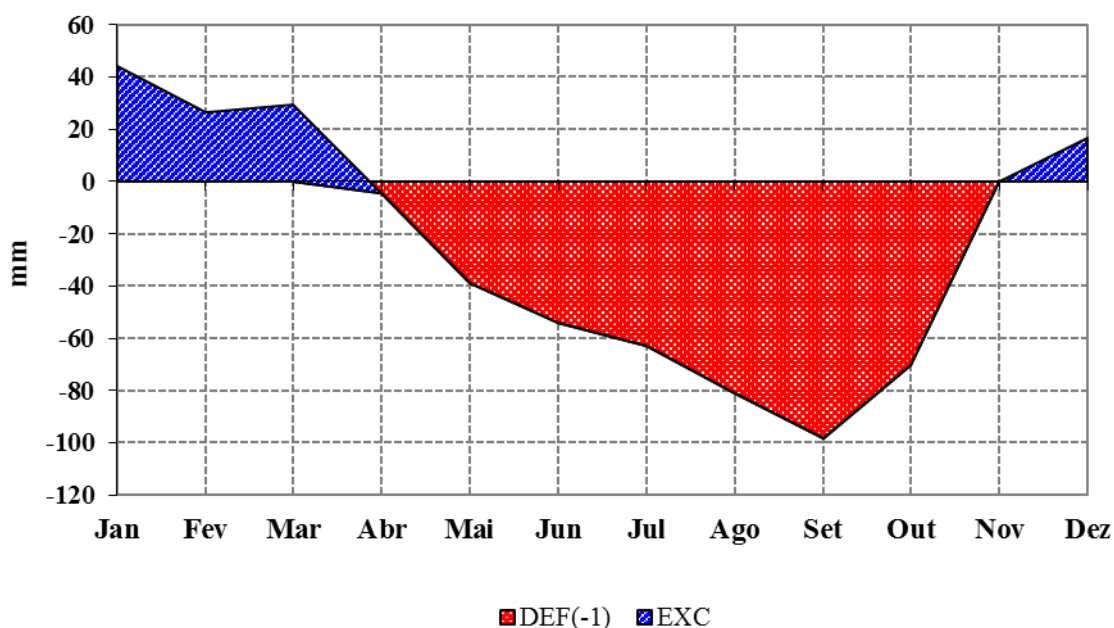


Figura 5. Variação dos dados médios mensais de déficit (DEF) e excesso (EXC), da região Oeste da Bahia, no período de 1975 a 2015.

Conforme a figura 6, o balanço hídrico apresentou 7 meses com déficit hídrico (de abril a outubro). Assim, a fim de assegurar a produção agrícola na região, o uso da irrigação é indispensável. A análise do gráfico mostra que a partir de abril, começa a ocorrer retirada hídrica, sendo que o déficit hídrico começa neste mesmo período, durando em todo o período de déficit hídrico na região. De novembro a dezembro há reposição hídrica, e o excedente hídrico vai de novembro até o mês de março. Logo, estes aspectos nos evidenciam que tanto durante o período de excedente hídrico quanto no período de déficit hídrico são necessárias atenções especiais na região.

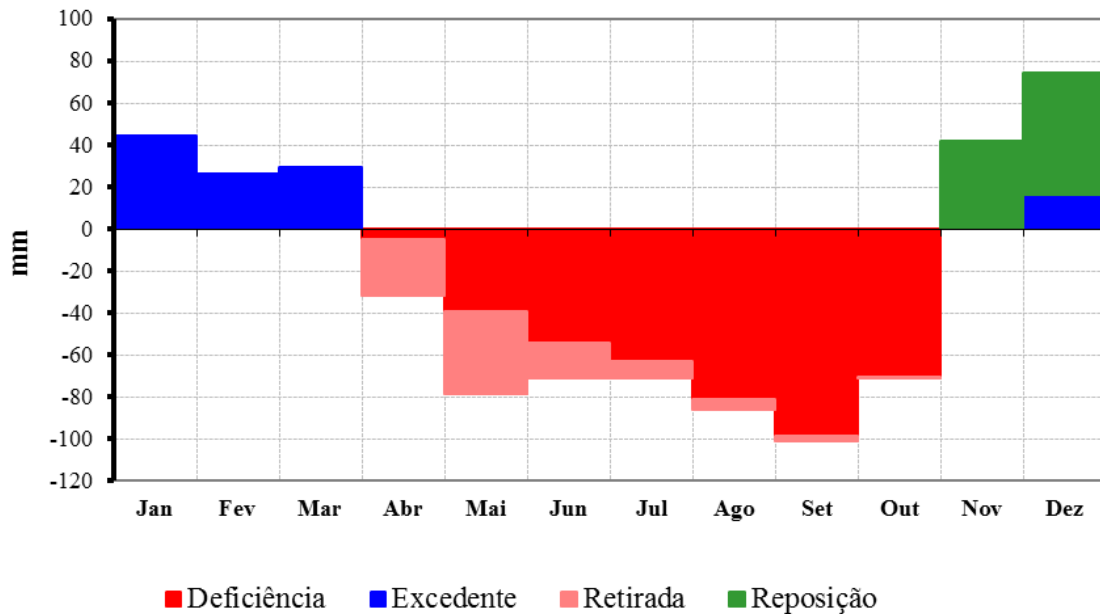


Figura 6. Comportamento dos dados médios mensais de deficiência, excedente, retirada e reposição, da região Oeste da Bahia, no período de 1975 a 2015.

Conforme visto nos mapas das figuras 7 e 8 observa-se que os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro apresentam-se com maiores excedentes hídricos. No mês de março, ocorre um período de transição, onde inicia-se o processo de retirada de água do solo. Observa-se neste mês a deficiência hídrica se iniciando nas cidades de Remanso, Pilão Arcado, Barra e Muquém do São Francisco. Nas figuras 8 e 9, a região Oeste da Bahia apresenta-se em total déficit hídrico nos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro. No aspecto geral, a irrigação é uma forma de suprir as necessidades hídricas das culturas e do agropecuário nos períodos de déficit.

A partir do mês de novembro, inicia-se o processo de reposição de água, principalmente na região dos municípios de Formosa do Rio Preto, Riação das Neves, Barreiras, Luís Eduardo Magalhães e São Desidério. Os municípios de Remanso e Pilão Arcado apresentaram-se em déficit hídrico em praticamente todos os meses, indicando esta região desfavorável para a atividade agrícola, sem uso de lâminas totais de irrigação.

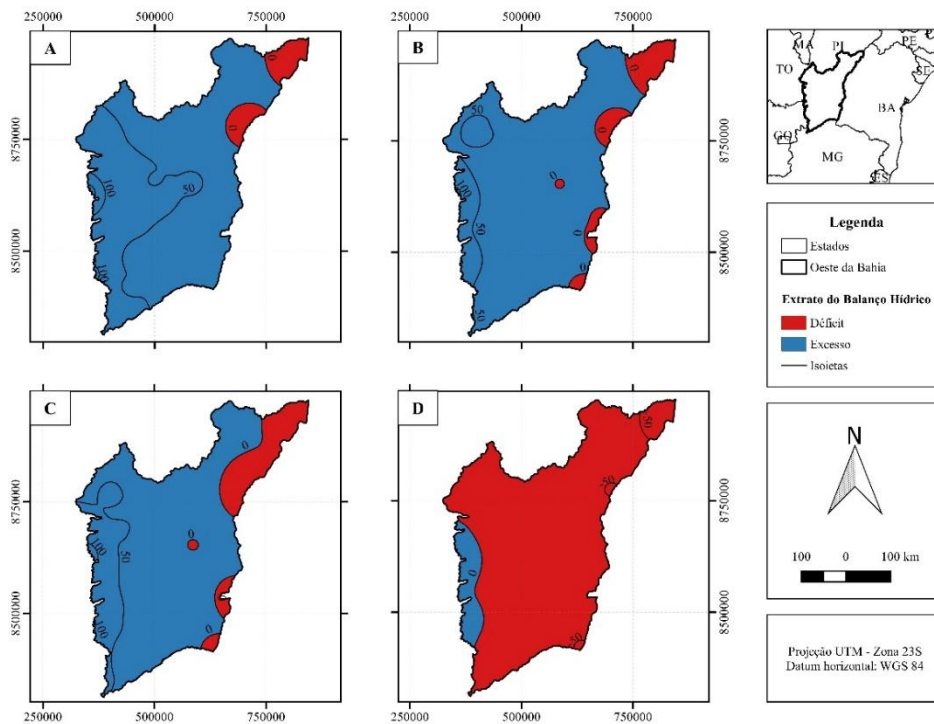


Figura 7. Extrato do balanço hídrico climatológico dos meses: a) janeiro, b) fevereiro, c) março, d) abril, da região Oeste da Bahia, no período de 1975 a 2015.

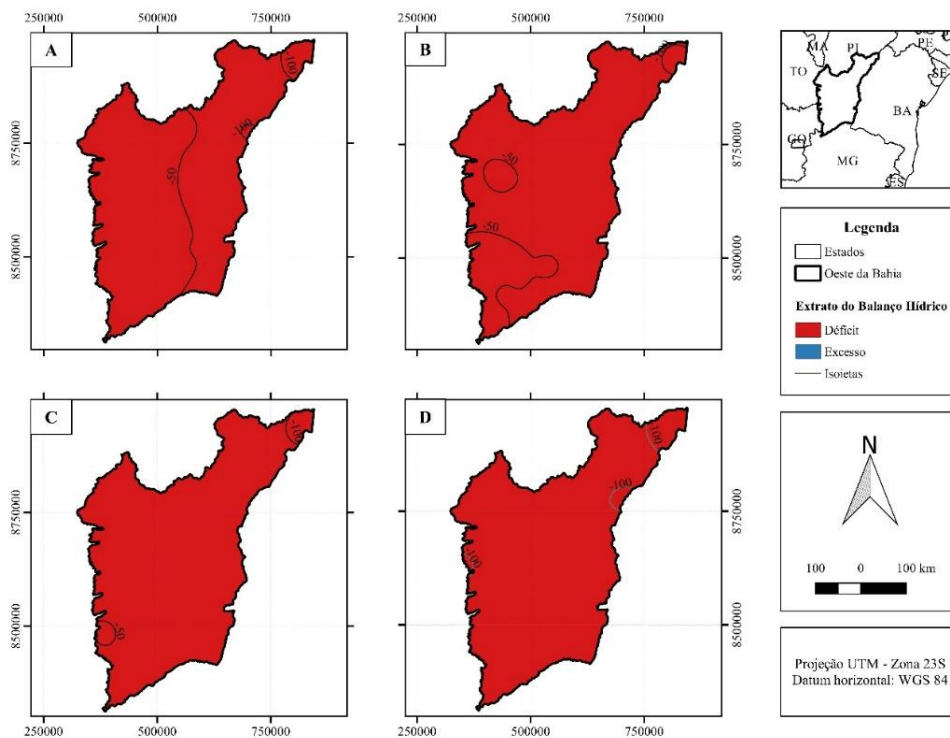


Figura 8. Extrato do balanço hídrico climatológico dos meses: a) maio, b) junho, c) julho, d) agosto, da região Oeste da Bahia, no período de 1975 a 2015.

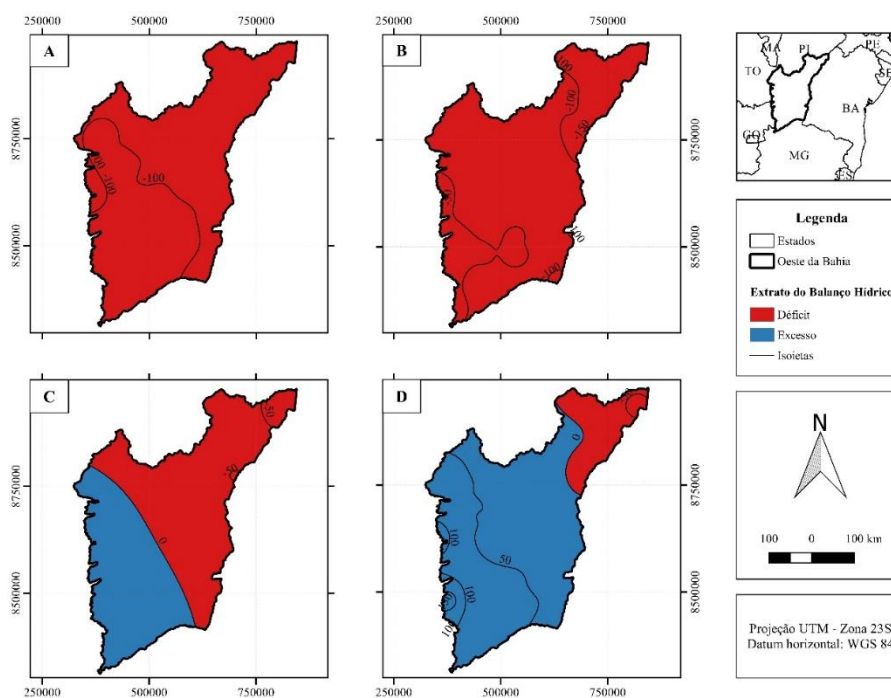


Figura 9. Extrato do balanço hídrico climatológico dos meses: a) setembro, b) outubro, c) novembro, d) dezembro, da região Oeste da Bahia, no período de 1975 a 2015.

Para o setor agropecuário de todos os municípios da região Oeste, o balanço hídrico é fundamental para o estabelecimento de estratégias que visem minimizar perdas e aumentar a sua produção. O uso do balanço hídrico climatológico surge como uma ferramenta útil para uma melhor avaliação de épocas adequadas ao cultivo de culturas agrícolas tendo em vista que procura associar dados de precipitação, temperatura, evapotranspiração e capacidade de água disponível no solo. Assim, através do balanço hídrico mensal, pode se determinar um planejamento integrado dos recursos hídricos da região, que inclui a decisão pela aquisição de sistemas de irrigação e o dimensionamento da lâmina líquida do sistema.

CONCLUSÕES

Por meio do balanço hídrico, na região Oeste da Bahia, os excedentes hídricos ocorrem nos meses de novembro a março. Nos meses de abril a outubro tem-se a deficiência hídrica, evidenciando a necessidade de irrigação.

REFERÊNCIAS

BUUREN, V. S., OUDSHOORN, C.G.M. **Multivariate imputation by chained equations**. MICE V1.0 user's manual. Leiden: TNO Preventie en Gezondheid; 2001.

CAMARGO, A.P. **Balanço hídrico no Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1971. 28p.

CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. **Bragantia**, Campinas, v.52, p.169-172, 1993.

MENDONÇA, P.V. **Sobre o novo método de balanço hídrico de Thornthwaite & Mather**.In: Congresso Luso-Espanhol para o Programa das Ciências, 24. p.271-282, 1958.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Agronômico Ceres. 440p. 1981.

PEREIRA, A. R. et al. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

ROLIM, G. S. et al. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v.66, p.711-720, 2007.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance: publications in climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

SISTEMA DE ALERTA FITOSSANITÁRIO PARA FERRUGEM DO CAFEIEIRO – ESTUDO DE CASO EM MINAS GERAIS

Karlmer Abel Bueno Corrêa¹, Fernando Dill Hinnah², Paulo Cesar Sentelhas³, Dalilla Carvalho Rezende⁴, Thulio César Ferreira Serafini⁵

¹Estudante de Agronomia, IFSULDEMINAS, Machado, Minas Gerais, karlmerabc@gmail.com; ²Doutorando, ESALQ, Piracicaba, São Paulo, fhinnah@usp.br; ³Professor, ESALQ, Piracicaba, São Paulo, pcsentel.esalq@usp.br; ⁴Professora, IFSULDEMINAS, Machado, Minas Gerais, dalilla.rezende@ifsuldeminas.edu.br; ⁵Estudante de Agronomia, IFSULDEMINAS, Machado, Minas Gerais, thulioserafini@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo testar diferentes momentos de aplicação de fungicida foliar para o controle da ferrugem do cafeeiro, baseado num sistema de alerta fitossanitário (SAF). Para tanto, foi conduzido um experimento de campo com delineamento blocos casualizados, com seis tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram: T1 - Testemunha; T2 – Padrão de mercado; T3 - SAF com limiar conservador; T4 - SAF com limiar duplo; T5 - SAF limiar duplo e duas aplicações, e T6 - SAF com limiar conservador e sem aplicação no solo. As avaliações de incidência foram realizadas mensalmente no período de dezembro de 2016 a abril de 2017. Com esses dados determinou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Os tratamentos T3 e T6, ambos com o SAF, mostraram-se mais eficientes no controle da doença. O tratamento T2, resultou em um controle bom, porém com AACPD maior do que quando o SAF foi utilizado com limiar conservador. O tratamento T1 resultou em maior AACPD, devido à ausência de controle. Os tratamentos T4 e T5 apresentaram maior AACPD, seguidos pelo tratamento T1. A incidência final observada resultou no mesmo padrão, com melhor controle para os tratamentos T3 e T6. Desse modo, observou-se que o SAF teve bom desempenho na recomendação do controle da ferrugem do cafeeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Café, AACPD, epidemiologia, *Hemileia vastatrix*, *Coffea arabica*.

FORECAST SYSTEM FOR COFFEE RUST – CASE STUDY

ABSTRACT: The present study had as objective to test different moments of foliar fungicide application for coffee rust control based on a disease warning system (SAF). For that, a field experiment was carried out considering blocks in a completely randomized design with six treatments and six replicates. The treatments were: T1-Control; T2-Commercial schedule; T3 - SAF with conservative threshold; T4 - SAF with double threshold; T5 – SAF with double threshold and two sprays, and T6 – SAF with conservative threshold and without soil drench. The incidence evaluations were performed every month from December 2016 to April 2017. With this data for each treatment the area under the disease progress curve (AUDPC) was calculated. T3 and T6, both considering the SAF were more efficient. T2 resulted in a good control, however with AUDPC higher than when SAF was used at conservative threshold. T1 resulted in higher AUDPC due to the absence of control. Treatments T4 and T5 showed high AUDPC, followed by treatment T1. The final incidence followed the same pattern with T3 and T6 with the best control. The SAF showed good performance for controlling coffee rust.

KEY-WORDS: Coffee, AUDPC, epidemiology, *Hemileia vastatrix*, *Coffea arabica*.

INTRODUÇÃO

A utilização de informações meteorológicas na cafeicultura é uma realidade ainda pouco difundida. Poucos produtores fazem uso dessa nova realidade, mesmo que existam trabalhos mostrando grandes benefícios no uso de tais tecnologias. Atualmente, o controle integrado de pragas e doenças, pode ser favorecido com a aplicação programada de defensivos agrícolas, principalmente, fungicidas.

Dentre as principais doenças que afetam o cafeeiro, destaca-se a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.), que causa prejuízos que variam de acordo com a intensidade da doença. Os sintomas da ferrugem reduzem a área foliar fotossinteticamente ativa e levam à desfolha precoce nas plantas, principalmente pela produção de etileno nas folhas lesionadas, podendo diminuir consideravelmente a produção de café (ZAMBOLIM et al., 1997). Devido aos elevados custos de produção da cafeicultura e a um mercado cada dia mais competitivo, há a necessidade de evitar quaisquer formas de perda (SALGADO et al., 2007).

Um modelo para cálculo da taxa de progresso da doença em função das variáveis meteorológicas foi desenvolvido, com base em dados de campo (HINNAH et al., 2015). Este modelo associado com curvas de progresso de diversas safras resultou em um Sistema de Alerta Fitossanitário (SAF), que utiliza como *input* dados meteorológicos, e resulta como *output* as datas mais apropriadas para aplicação de fungicidas foliares na lavouras. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho do sistema de previsão da ferrugem do cafeeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi conduzido em um cafezal comercial localizado em Machado, Minas Gerais. O SAF desenvolvido é decorrente de cálculos diários da taxa de progresso da ferrugem do cafeeiro. Quando o somatório destes cálculos diários atinge limiares denominados conservador ou brando, ainda em testes, o sistema irá emitir um aviso de data de aplicação. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com seis repetições e seis tratamentos. Os seguintes tratamentos foram aplicados:

T1 (testemunha) - sem controle de ferrugem;

T2 (tradicional) - uma aplicação de solo, mais três foliares, em dezembro, fevereiro e abril;

T3 (SAF com limiar conservador) - aplicação de solo, e três foliares baseadas em limiar conservador para emissão do alerta;

T4 (SAF com limiar duplo) - aplicação de solo, uma aplicação foliar em dezembro, baseada em limiar conservador, e duas demais baseadas em limiar brando;

T5 (SAF, duas aplicações, limiar duplo) - aplicação de solo, duas aplicações foliares, a primeira baseada em limiar conservador, a segunda em limiar brando;

T6 (SAF, limiar conservador, sem aplicação no solo) - três aplicações foliares em limiar conservador, sem aplicação de fungicida no solo.

Dados de incidência da ferrugem do cafeeiro foram coletadas em 21/12/2016, 10/02/2017, 15/03/2017 e 20/04/2017. A incidência final observada (IFO) e a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) foram determinadas e analisadas. Nos tratamentos T3, T4 e T6, em que três pulverizações eram agendadas, apenas duas foram realizadas, devido a data de colheita precoce da área experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As aplicações de fungicidas foliares foram realizadas nas datas apresentadas na Tabela 1, conforme os cálculos obtidos no *output* do sistema de alerta.

Tabela 1. Datas de pulverização de fungicidas nos tratamentos.

Pulverização	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Primeira	-	20/12/2016	16/12/2016	16/12/2016	16/12/2016	16/12/2016
Segunda	-	17/02/2017	01/03/2017	15/03/2017	15/03/2017	01/03/2017
Terceira	-	-	-	-	-	-

Conforme os dados de AACPD demonstrados na Tabela 2, o SAF com limiar conservador resultou no melhor controle da doença, seguido pelo tratamento tradicional. Os limiares brandos resultaram em maiores AACPD, com controle deficiente da doença neste local. O tratamento controle apresentou a maior AACPD, demonstrando a necessidade do uso de métodos para manter a ferrugem do cafeeiro em baixos níveis na região.

Tabela 2 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença.

Tratamento	AACPD
3	2109,0
6	2185,5
2	2358,0
5	2418,0
4	3486,0
1	3880,0

A incidência final observada foi menor nos tratamentos T3, T6 e T2. As curvas de progresso da doença (Figura 2) são menores durante o ciclo para os mesmos tratamentos demonstrando o melhor controle nestes três casos. Verifica-se que o tratamento tradicional possui controle considerado bom, porém este pode ser melhorado quando lança-se mão de uma ferramenta que considera as condições ambientais para definição da data de aplicação, como o SAF proposto. Além disto, o sistema carece de orientação em lavouras individuais para evitar perdas, pois as datas de aplicação são definidas pelo *feeling* do produtor ou responsável pela fazenda. Em algumas situações a aplicação não ocorre na data mais adequada, ocasionando prejuízos ao produtor.

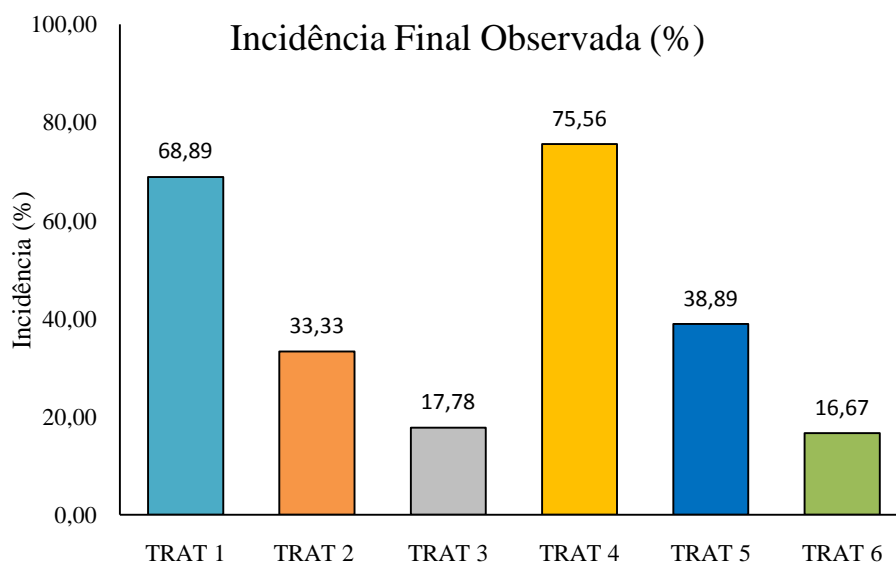


Figura 1 – Incidência final observada da ferrugem do cafeeiro.

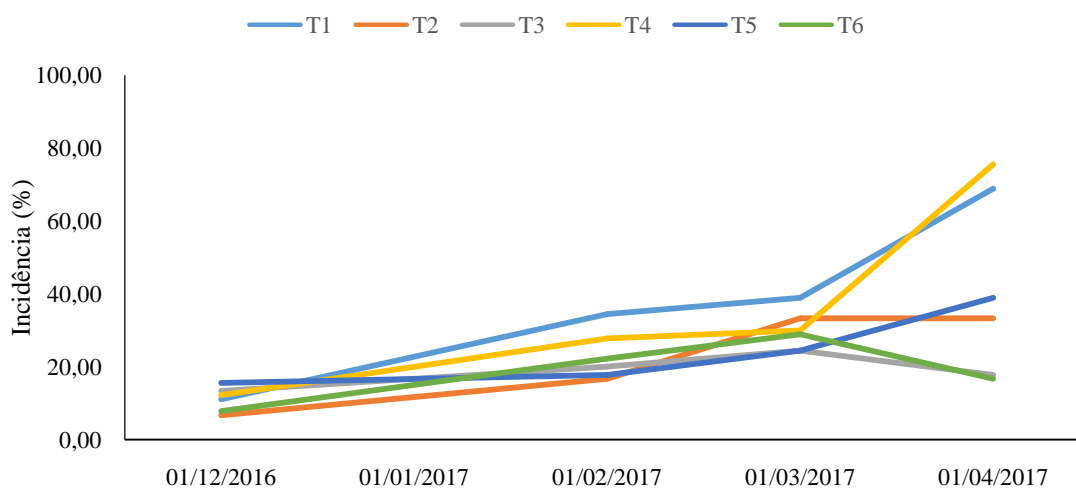


Figura 2 – Curva de progresso da ferrugem do cafeeiro.

O SAF é uma ferramenta útil ao produtor devido à sua praticidade, podendo ser administrado por uma pessoa para grandes áreas. Como o sistema emite a data adequada para pulverização com antecedência de 30 dias, o produtor possui tempo suficiente para planejar as atividades na lavoura, e a falta de controle torna-se um problema difícil de ocorrer.

CONCLUSÕES

O SAF apresentou bom desempenho quando utilizado em limiar conservador. Sua fácil utilização e pouca possibilidade de falta de controle é um benefício aos produtores de café, em grande ou pequena escala.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (processo nº 2014/17781-8) pelas bolsas de estudos e financiamentos à pesquisa. Aos pesquisadores do Instituto Biológico, EMBRAPA Informática e Fundação Procafé pelo apoio e colaboração em todas as etapas deste trabalho.

REFERÊNCIAS

HINNAH, F.D. et al. Correlações entre taxa de crescimento da ferrugem do cafeeiro e variáveis meteorológicas. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, v.19, 2015, Lavras. Anais... Lavras: CBAGRO, 2015. p.799-803.

SALGADO, B.G. da et al. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com gravílea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras – MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1067-1074, jul./ago., 2007.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R. do; PEREIRA, A.A.; CHAVES, G.M. Café (*Coffea arabica* L.) controle de doenças. In: VALE, F.X.R. do; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa: UFV; Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Abastecimento, v.2, p.83-179, 1997.

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA O MUNICÍPIO DE TOMÉ AÇU-PA

Jamilly Leite Dias¹, Nilza Araujo Pacheco², Allison Reynaldo da Costa Castro³,
Jeymison Margado Bezerra⁴, Alailson Venceslau Santiago⁵

¹Mestranda em Meteorologia, UFCG, Campina Grande Paraiba, jamillyleited@gmail.com, ² MSc Agrometeorologia, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará, nilza.pacheco@embrapa.br; ³ MSc Geografia, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará allison.castro@embrapa.br; ⁴ MSc Meteorologia, Belem, Pará, jeymison.margado@gmail.com, ⁵

¹PhD Meteorologia, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará, alailson.santiago@embrapa.br

RESUMO: O balanço hídrico climatológico (BHC) criado por Thornthwaite e Mather (1955) foi desenvolvido para determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo. Ele permite avaliar a quantidade de água no solo que pode estar disponível às plantas, além de indicar períodos muito úmidos ou secos, dentro de um determinado espaço de tempo. O trabalho tem como objetivo determinar o balanço hídrico normal para região de Tomé-Açu, PA, considerando a média de dados do período 1985 a 2015. Foi utilizado o método de Thornthwaite e Mather (1955) com recurso da planilha “BHnorm”. Adotou-se uma capacidade de campo de 125 mm. Os resultados mostraram que de janeiro a maio os totais mensais de chuva (1838,7 mm) excederam a evapotranspiração potencial em 1200 mm. De junho a novembro ocorreu déficit hídrico variando entre 0,2 mm (junho) e 72,5 mm (outubro). 2 mm)

PALAVRAS-CHAVE: balanço hídrico, deficiência hídrica, excedente hídrico.

CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE FOR THE MUNICIPALITY OF TOME ACU-PA

ABSTRACT: The climatological water balance (BHC) created by Thornthwaite and Mather (1955) was developed to determine the water scheme from one location without the need for direct measures of soil conditions. It allows you to assess the amount of water in the soil that might be available to plants, in addition to indicate very humid or dry periods, within a certain period of time. The study aims to determine the normal water balance for the region of Tomé-Açu, PA, considering the average data of the period 1985 to 2015. We used the method of Thornthwaite and Mather (1955) with the "BHnorm" feature. It took a capacity of 125 mm field. Results showed that from January to may monthly rain totals (1838.7 mm) exceeded the potential evapotranspiration in 1200 mm. From June to November hydric deficit occurred ranging from 0.2 mm (June) and 72.5 mm (October). 2 mm)

KEY-WORDS: water balance, water deficiency, excess hydride

INTRODUÇÃO

Tomé-Açu é um município brasileiro do estado do Pará, pertencente à Mesorregião do Nordeste Paraense, possui 61095 habitantes, distribuídos em 5145325 km². A atividade predominante na economia da região é agricultura, cuja fonte principal de renda na região, inicialmente e por muitos anos foi representada pelo cultivo de pimenta-do-reino (*Piper nigrum L*). Após o declínio do monocultivo da pimenta, devido o aparecimento de doenças e dos baixos preços no mercado internacional, novas alternativas surgiram, destacando-se as culturas perenes de valor comercial, inseridas por agricultores nipo-brasileiros, os quais introduziram diversos sistemas agroflorestais, formados basicamente, por cultivos de pimenta do reino, cacau, açaí e cupuaçu, (KONAGANO, et al., 2016).

Além de aspectos econômicos, sociais e agrônômicos é de grande importância se conhecer os períodos em que ocorre naturalmente disponibilidade de água para plantas e déficit hídricos. Neste sentido o Balanço hídrico normal pode ser considerado uma ferramenta para o planejamento agrícola de uma região, servindo de subsídio para a determinação da melhor época e tipo de manejo da exploração agrícola. O presente trabalho tem por objetivo apresentar o estudo do balanço hídrico proposto por THORNTHWAITE E MATHER (1955), para o município de Tomé Açu.

MATERIAL E MÉTODOS

Para estimar os excedentes, déficit, armazenamento e reposição de água no solo, utilizou-se o método de balanço hídrico climatológico, segundo o critério adotado por THORNTHWAITE E MATHER, citado em (BASTO; PACHECO, 1999), o qual se refere à contabilização da entrada e saída de água no sistema planta-solo-atmosfera, para fins agrícolas. Para a realização do balanço hídrico utilizou-se a planilha eletrônica (ROLIM; SENTELHAS; BARBARIERI, 1999) adotando-se retenção hídrica de 125 mm, considerando que esta capacidade abrange diferentes profundidades do sistema radicular das plantas.

Foram utilizados no balanço hídrico, dados de temperatura média do ar e precipitação acumulada mensal do período de 1985 a 2015. Os dados foram obtidos na estação agrometeorológica da Embrapa Amazônia Oriental, localizada à 02° 31' de latitude sul, 48° 22' de longitude a oeste de Greenwich e altitude de 45 m acima do nível do mar, instalada no município de Tomé-Açu.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 se observa a variação média das temperaturas e das chuvas mensais ocorridas no período de 1985 a 2015 onde se visualiza que o município de Tomé – Açu apresenta temperatura média anual de 26,4 °C e médias mensais variando entre 25,8 °C (Fevereiro) e 27,1 °C (novembro). O total médio anual de chuva atingiu 2468,7 mm sendo que os valores dos totais mensais acima de 125 mm se concentram entre janeiro e maio, correspondendo a 70% do acumulado anual. Os menores índices de chuva foram registrados entre junho e novembro, representando 19 % e dezembro apenas com 7% da chuva ocorrida durante o ano.

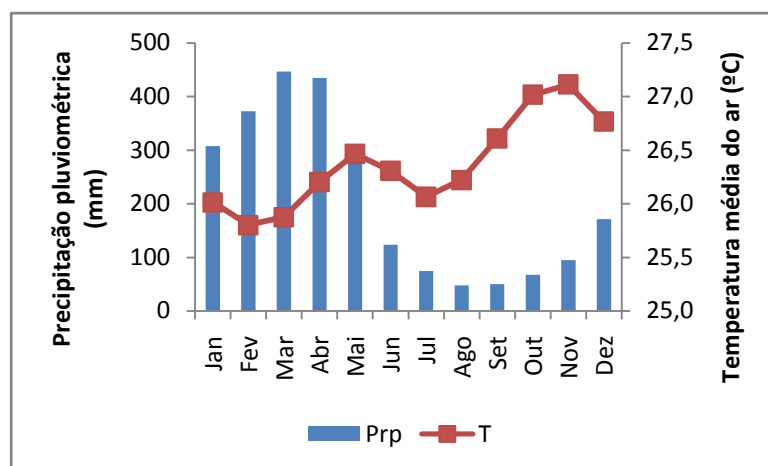


Figura 1. Variação média da precipitação pluviométrica (Prp) e temperatura média (T) do ar ocorridos em Tomé-Açu, no período 1985 – 2015.

Através da precipitação pluviométrica e dos componentes resultantes do balanço (excedente e deficiência hídrica) foi possível visualizar aspectos climáticos importantes na produtividade agrícola. Nas figuras 2 e 3 se observa a variação média mensal de excedente, deficiência, retirada e reposição de água no solo no período estudado. De janeiro a maio os totais mensais acumulados de chuva (1838,7 mm) variaram entre 276,8 mm e 446,5 mm, observados, respectivamente, em maio e março. Neste período as chuvas excederam a evapotranspiração potencial em 1200,1 mm, produzindo excedentes variando entre 87,0 mm (janeiro) e 319,4 mm (março), totalizando no período 1109,9 mm. Os déficits hídricos e as retiradas de água no solo foram registrados de junho a novembro com totais mensais de deficiência variando entre 0,2 mm em junho e 72,5 mm em outubro, produzindo no período, deficiência de 249,6 mm. As retiradas de água no solo variaram entre 0,2mm (junho) e 72,5mm (outubro) e totalizaram 118,4 mm. As reposições hídricas foram registradas em janeiro (91,2 mm) e dezembro (27,3) mm.

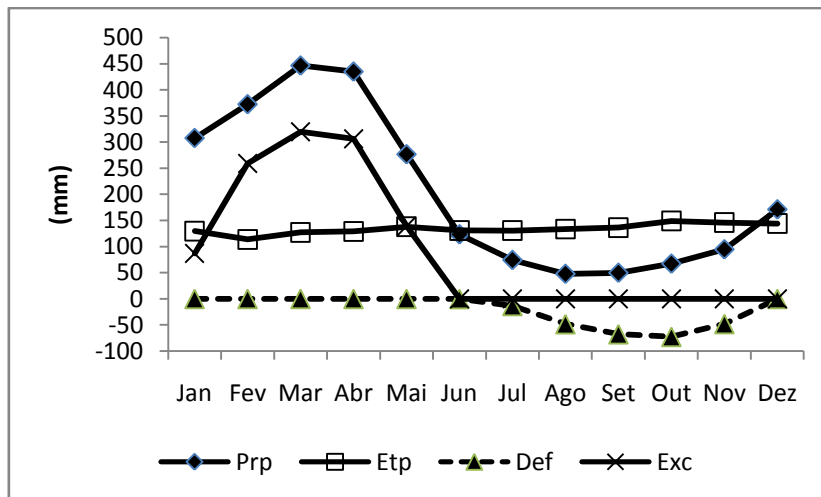


Figura 2. Balanço hídrico mensal, considerando-se retenção hídrica de água no solo de 125mm, para região de Tomé-Açu, PA, onde Prp é a precipitação pluviométrica; Etp a evapotranspiração potencial; Def, deficiência de água e Exc, excedente de água. Período: 1985 – 2015.

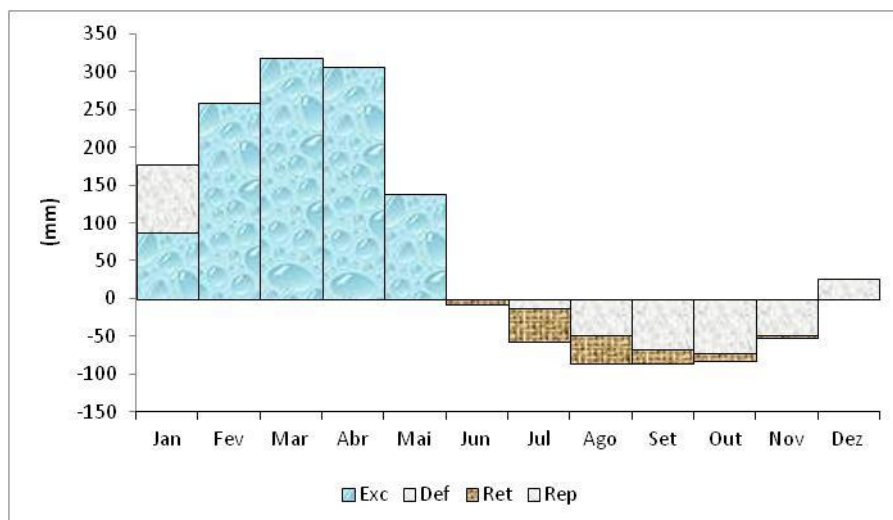


Figura 3. Variação de excedente de água (Exc), deficiência de água (Def), retirada de água (Ret) e Reposição de água (Rep) para região de Tomé-Açu. Período: 1985 – 2015.

CONCLUSÕES

Os dados analisados mostraram que as condições de disponibilidade água em Tomé Açu, no período de janeiro a maio, caracterizado como chuvoso e de maior excedente hídrico, indicam que podem ser implantadas e conduzidas diversas culturas na região sem utilização de recurso da irrigação. No período de déficit hídrico (junho a novembro) é recomendada a adoção de diversas práticas agrícolas incluindo o uso de cobertura morta para reduzir a evaporação, variedades resistentes ao estresse hídrico e a prática de irrigação adotando-se uma quantidade de água necessária ao suprimento da planta.

REFERÊNCIAS

BASTOS, T.X.; PACHECO, N.A. **Características agroclimatológicas de Igarapé-Açu, PA e suas implicações para as culturas anuais: feijão caupi, milho, arroz e mandioca.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 25)

KONAGANO, M.; SUGAYA, C; SANTOS, D.A. dos; SÁ, N.M. e; MOURA, M.S; SILVA, P.P. da, 2016). Sistemas Agroflorestais de Tomé-Açu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS – SAF: aprendizados, desafios e perspectivas, 10. 2016. Cuiaba-Mato Grosso. Disponível em: www.tmeventos.com.br/agrof2016.pdfs/Resumo_palestra_mesa_redonda2_Michinori_Konagano.pdf

ROLIM, G. de s.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de culturas e produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.1, p.133-137, 1998.

THORNTHWAITE, C. W.; MATTHER, J. R. 1955. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Techonology, 104p.

PRODUTIVIDADE E TEOR DE ÓLEO DE HÍBRIDO DE CANOLA CULTIVADA NO NOROESTE DO RS

Tais Carine Trada², Cleusa Adriane Menegassi Bianchi Krüger², Izaura Pazinato³, Roberto Carbonera⁵, José Antonio Gonzalez da Silva⁴

²Acadêmica do curso Agronomia, DEAg/UNIJUÍ, Ijuí, RS, taiskarinetrada@hotmail.com; ²Profª. Drª. do Curso de Agronomia DEAg/UNIJUÍ, Ijuí, RS, cleusa_bianchi@yahoo.com.br; ³Acadêmica do curso Agronomia, DEAg/UNIJUÍ, Ijuí, RS, izaura.pazinato@hotmail.com; ⁴Prof Dr. do Curso de Agronomia DEAg/UNIJUÍ, Ijuí, RS, carbonera@unijui.edu.br; ⁵Prof Dr. do DEAg/UNIJUÍ, Ijuí, RS, jagsfaem@yahoo.com.br

RESUMO: A canola foi introduzida no Brasil em 1974 pela Cooperativa Tritícola de Ijuí, RS, tornando-se uma alternativa de cultivo para o inverno. O trabalho tem como objetivo avaliar a produtividade de grãos e o teor de óleo de distintos híbridos de canola em função das condições meteorológicas proporcionada por distintas datas e anos de semeadura no Noroeste de Rio Grande do Sul. Os experimentos foram desenvolvidos nos anos de 2014 e 2015 em esquema fatorial com 3 repetições. Em 2014 os fatores de tratamento foram os híbridos Hyola 443 e Hyola 61 e datas de semeadura em 09 de maio, 29 de maio e 12 junho. Já em 2015, os híbridos utilizados foram o Hyola 433 e Hyola 50 semeados nas datas de 08 e 22 de maio. O rendimento de grãos e o teor de óleo não são alterados por cultivares híbridas. Na produtividade, os melhores rendimentos ocorreram em datas iniciais independentemente do ano agrícola. O teor de óleo evidencia alteração pelas alterações pelas datas de semeadura, principalmente em 2015 com maior teor na primeira data de semeadura.

PALAVRAS-CHAVES: *Brassica napus*; oleaginosas; rendimento de grãos; épocas de semeadura.

YIELD AND OIL CONTENT OF CANOLA HIBRIDS CULTIVATED IN THE NORTHWEST OF RS

ABSTRACT: Canola was introduced in Brazil in 1974 by the Cooperativa Tritícola de Ijuí, RS, becoming an alternative crop for winter. The objective of this study was to evaluate the grain yield and oil content of different hybrids of canola as a function of the meteorological conditions provided by different dates and years of sowing in the Northwest of Rio Grande do Sul. The experiments were carried out in the years of 2014 and 2015 in a factorial scheme with 3 replicates. In 2014 the treatment factors were hybrids Hyola 443 and Hyola 61 and dates of sowing on May 9, May 29 and June 12. As early as 2015, the hybrids used were the Hyola 433 and Hyola 50 seeded on the dates of 08 and 22 May. Grain yield and oil content are not altered by hybrid cultivars. In productivity, the best yields occurred on initial dates regardless of the agricultural year. The oil content is altered by changes in sowing dates, especially in 2015 with a higher content on the first sowing date.

KEYWORDS: *Brassica napus*; oilseeds; grain yield, sowing time.

INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L.) é uma oleaginosa que apresenta elevados teores de óleo em torno de 40%, muito acima da média de outras culturas, como por exemplo, a soja, o milho e o algodão (TOMM, 2009).

O baixo teor de ácido erúico é necessário para que o produto possa ser destinado ao consumo humano sem riscos de intoxicação, enquanto, que o teor de glucosinolatos afeta o sabor da proteína, e os animais tendem a rejeitá-la, caso seu nível seja elevado (CHRIST et al., 1997). O óleo de canola também pode ser utilizado na produção de biodiesel, tendo como mercado principal a Europa, visto que, o biodiesel tem excelente desempenho em climas frios, além de reduzir em 90% a emissão de gases de efeito estufa em comparação aos combustíveis fósseis (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2016). No Brasil a produção de biodiesel ainda está em processo de avanço.

No Brasil os principais estados produtores de canola são Paraná e Rio Grande do Sul. No RS a produção de 2016 ultrapassou os 47,5 mil hectares, com produtividade média de 1.514 kg ha⁻¹. As distintas condições meteorológicas dos últimos anos tem mostrado fortes variações na produtividade (KRÜGER et al., 2014). Torna-se importante verificar qual a resposta da espécie quanto à produtividade e teor de óleo em função dos anos de cultivo e datas de semeadura, visando atender a demanda crescente do mercado.

Portanto, objetivou-se avaliar o teor de óleo e produtividade de grãos de distintos híbridos de canola em função de anos e datas de semeadura no Noroeste do Rio Grande do Sul.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) pertencente ao Departamento de Estudos Agrário (DEAg) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), no município de Augusto Pestana - RS, localizado a 28°26'30" de latitude S e 54°00'58" de longitude W, com altitude de 280 metros. O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho distroférico típico (STRECK et al., 2008). O clima da região, segundo a classificação de Köppen é Cfa, ou seja, clima subtropical úmido, com verão quente sem estiagem típica e prolongada.

A canola foi cultivada a campo em delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial, considerando os fatores de tratamento: genótipos e datas de semeadura, nos anos de cultivo de 2014 e 2015. Os híbridos utilizados foram o Hyola 433 e Hyola 61 e as datas de semeaduras foram 09 de maio (data 1), 29 de maio (data 2) e 12 junho (data 3), no ano de 2014. Em 2015, os híbridos utilizados foram o Hyola 433 e Hyola 50 semeados nas datas de 08 e 22 de maio (data 1 e 2, respectivamente). Cada parcela experimental constituiu-se de cinco linhas com cinco metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,20 m e densidade de semeadura de 40 plantas m⁻². A adubação de solo foi realizada de acordo a análise química. Aplicando-se em semeadura no ano de 2014, 200 kg de 5-20-20 e 60 kg de N em cobertura, nas datas de 20/06, 11/07 e 30/07. Em 2015 150 kg de 5-20-20 e 60 kg de N em cobertura nas datas de 10 e 25 de junho, considerando a primeira e, segunda data de semeadura, respectivamente.

Durante todo o crescimento e desenvolvimento da canola, nos diferentes anos foram monitoradas as condições meteorológicas de temperatura e precipitação pluvial, principalmente. Ao final do ciclo o rendimento de grãos foi obtido pela colheita total de

todas as plantas nas 5 linhas de cada parcela, corrigidos a 10% de umidade e extrapolando esse valor para a área de um hectare. Das amostras do rendimento de grãos foram realizadas sub-amostras de aproximadamente, 2 g, com três repetições para a realização da determinação do teor de óleo. Os dados foram submetidos à análise da variância utilizando o programa genes as médias dos fatores comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de grãos não diferiu em relação às cultivares Hyola 433 e a Hyola 61, porém houve influência da data de semeadura (Tabela 1). Destaca-se que o híbrido Hyola 433 se caracteriza como de ciclo precoce, no mesmo momento que a Hyola 61 se caracteriza por ser de ciclo médio-tardio.

Tabela 1: Produtividade do rendimento de grãos de canola em função das datas de semeadura.

Ano	Rendimento de grãos	
	2014	2015
Data 1	1719a	1788a
Data 2	1533ab	595b
Data 3	921b	---

As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O fator de interferência no rendimento de grãos é decorrente da elevada precipitação que ocorreram nos meses de maio e junho (412 mm, em ambos os meses), muito acima da média (149 e 162 mm para maio e junho, respectivamente). E a baixa precipitação ocorrente no mês de agosto e novamente elevada média pluviométrica nos meses de setembro e outubro. Fato semelhante ocorreu em 2015, quando as precipitações também foram elevadas em maio e junho (181 mm em maio e 228 mm em junho), no entanto, no mês de agosto, a precipitação ficou abaixo da média histórica, com um volume de 86 mm. Esse fato, proporcionou alteração na produtividade da canola, principalmente relativo a segunda data de semeadura em 2015.

Para o teor de óleo, foi observado efeito significativo para as datas de semeadura (Tabela 2), com resposta distinta para os anos de cultivo. Em 2014, maior teor de óleo foi obtido na segunda data de semeadura. Em 2015, as datas mais precoces determinam maior teor de óleo. Esse fato pode ser justificado pelo efeito da temperatura do ar durante a fase reprodutiva da canola, onde é definido o teor de óleo. Larrosa (2009, apud MELGAREJO, 2014) afirma que temperaturas do ar superiores a 21 °C geram quedas bruscas no conteúdo de óleo dos grãos, além de grãos deformados, aparentemente produzidos por estresse térmico.

Destaca-se que as médias mensais de temperatura do ar, durante o ciclo da canola, nos dois anos de cultivo foram superior a 21 °C (Tabela 3). Além disso, o teor de óleo apresentou percentuais muito abaixo do esperado para a cultura, independente do ano de avaliação que é de 40%.

Tabela 2: Teor médio de óleo em canola em função da época de semeadura e dos anos.

Ano	Médias	
	2014	2015
Data 1	29,88 b	35,6 a
Data 2	36,9 a	26,54b
Data 3	26,86 c	---

As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O desenvolvimento de uma cultura é regulado por diversos fatores, sendo que o efeito do ambiente (A), sobre genótipos (G) interfere no seu desempenho. Portanto, a interação genótipo e ambiente interfere no comportamento dos híbridos produzidos em distintas condições ambientais (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004), compreende-se que os principais fatores que interferem no ciclo da canola são: temperatura, fotoperíodo e vernalização (SCHWAB, 2010). Sendo a Tabela 3 representa as médias da precipitação e temperatura do ar ocorridas nos anos de 2014 e 2015, valores muito acima das normais climatológicas para a região noroeste do RS, o que comprometeu os resultados de produtividade e rendimento de grãos.

Tabela 3: Dados meteorológicos durante ciclo da cultura nos dois anos de cultivo, 2014 e 2015.

2014	Precipitação	Temp. ar	2015	Precipitação	Temp. ar
Meses			Meses		
Maio	103,5	26,63*	Maio	142,3	24,47
Junho	412,0	16,1*	Junho	228,3	20,29
Julho	144,0	15,70	Julho	211,5	19,88
Agosto	77,8	20,64	Agosto	86,8	25,39
Setembro	274,8	25,05	Setembro	127,3	16,3
Outubro	230,8	16,77	Outubro	161,8	20,95
Média	207,2	19,54	Média	159,7	21,21

** Representam as médias mensais obtidas na Estação Meteorológica de Cruz Alta – RS.

CONCLUSÃO

O rendimento de grãos difere em relação às cultivares Hyola 433 Hyola 50 e a Hyola 61, porém com intensa interferência das datas de semeadura.

A produção final de teor de óleo sofreu interferência direta do clima, decorrente da alternância pluviométrica e temperaturas acentuadas durante o ciclo vegetativo.

REFERÊNCIAS

CANOLA COUNCIL OF CANADA. Disponível em:

<<http://www.canolacouncil.org/canola-biodiesel/canola-biodiesel/>>. Acesso em: 25 de abril de 2017.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_08_14_28_08_canola_-_conjuntura_mensal_-_agosto_2016.pdf>. Acesso em: 25 de abril de 2017.

CHRIST, D.; CORRÊA, P. C.; ALVARENGA, E. M. Efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L. var. oleifera Metzg.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 19, n. 2, p. 150-154, 1997.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas. v. 1. **Viçosa: UFV**, 2004. 480 p.

KRÜGER, C. A. M. B. et al. Relações de variáveis ambientais e subperíodos na produtividade e teor de óleo em canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1664-1670, 2014.

SCHWAB, M. I. (2010). Comportamiento agronómico de Colza según fechas de siembra [en línea]. Trabajo final, Universidad Católica Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/comportamiento-agronomico-colza-fechas-siembra.pdf>>. Acesso em: 27 de abril de 2017.

STRECK, E. V. et al. **Solos de Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222 p.

TOMM, G. O. et al. Tecnologia para a produção de canola no Rio Grande do Sul. **Passo Fundo: Embrapa Trigo**, 2009. 41 p.

EFICIÊNCIA DO USO, TENSÃO DA ÁGUA NO SOLO EM FUNÇÃO DE MÉTODOS ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO.

Nathália Barbara Leonardo¹, Marcos Vinícios de Jesus², Márcio José de Santana³,
Letícia de Souza Leite⁴

¹Estudante de Engenharia Agrônômica, IFTM, Uberaba, MG, nathaliabarbara98@gmail.com; ²Eng. Agrônomo, IFTM *Campus* Uberaba, MG, marcos.jesus@agricultura.gov.br; ³Dr. Irrigação e Drenagem, Prof. IFTM, Uberaba, MG, marciosantana@iftm.edu.br; ⁴Estudante de Engenharia Agrônômica, bolsista CNPq, Uberaba, MG, leticialeite06@hotmail.com

RESUMO: O atual experimento foi conduzido em casa de vegetação do tipo arco no setor de Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* Uberaba), com objetivo de determinar a eficiência do uso da água e a tensão de água no solo em função dos métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura da alface americana. A cultivar utilizada foi a Tainá, do grupo repolhuda-crespa (americana). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 8 repetições, sendo cinco métodos de manejo da irrigação, perfazendo no total 40 parcelas, compostas de 2 plantas cada, totalizando 80 plantas. As lâminas de irrigação foram estabelecidas pelas equações de Hargreaves, Blaney-Criddle, tanque Classe A, tanque alternativo e drenos coletores de água de percolação. Dentre os resultados pode concluir que somente os tratamentos Hargreaves, Blaney-Criddle e drenos coletores apresentaram tensão de água no solo dentro da faixa adequada.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo de irrigação, *Lactuca sativa* L., evapotranspiração.

EFFICIENCY OF SOIL WATER USE AND TENSION WATER IN FUNCTION OF METHODS OF ESTIMATING EVAPOTRANSPIRATION.

ABSTRACT: The present experiment was conducted in a greenhouse of the arc type in the Vegetable sector of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* Uberaba), with the objective of determining the efficiency of water use and soil water tension in function to methods of estimating the evapotranspiration of the american lettuce crop. The cultivar used was Tainá, from the cabbage-headed group (american). The experimental design was a randomized complete block with 8 replicates, five irrigation management methods, totaling 40 plots, composed of 2 plants each, totaling 80 plants. The irrigation slides were established by the equations of Hargreaves, Blaney-Criddle, class A pan, alternative tank and percolation water collection drains. Among the results, it can be concluded that only the Hargreaves, Blaney-Criddle and drain collectors treatments showed soil water tension within the adequate range.

KEY-WORDS: Irrigation management, *Lactuca sativa* L., evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

A alface é uma cultura exigente em água, sendo o manejo adequado da irrigação importante não apenas por suprir as necessidades hídricas das plantas, mas também, por minimizar problemas com doenças e lixiviação de nutrientes, bem como gastos desnecessários com água e energia (KOETZ et al., 2006). O uso dessa tecnologia, no entanto, apresenta algumas limitações. Uma delas é a exigência em irrigação, já que esta é a única forma de repor a água consumida pela cultura, isto é, entrada de água, deve ser pela irrigação (LIMA JÚNIOR, 2008). A alface é uma das hortaliças mais exigentes em água durante o seu período de desenvolvimento, o que influencia de forma decisiva a produtividade e a qualidade comercial da cabeça (LIMA JÚNIOR, 2008). É importante definir a lâmina de água adequada para a cultura evitando desperdícios. Segundo Marinho (2013) na ausência de equipamentos de medidas de evapotranspiração da cultura, os pesquisadores, muitas vezes, lançam mão de estimativas baseadas na evapotranspiração de referência (ET_o) e no coeficiente de cultura (K_c). A ET_o se refere a uma cultura hipotética (similar a um gramado), mantida sob condições ideais de crescimento, podendo ser determinada por equações, desde as mais simples, Blaney-Criddle, como as baseadas na temperatura, Hargreaves e Samani, até as mais complexas, que envolvem o balanço de energia ao nível das plantas, Penman-Monteith e Priestley-Taylor. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho determinar a eficiência do uso da água e a tensão de água no solo em função de métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura da alface americana.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 13 dm³ de solo. A condução foi realizada em casa de vegetação do tipo arco no setor de Olericultura, localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* Uberaba), no município de Uberaba, MG. A cultivar utilizada no experimento foi a Tainá do tipo americana. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com cinco tratamentos e oito repetições. Cada parcela experimental era composta de 2 vasos (uma planta por vaso). Os vasos do bloco eram espaçados 0,40 m entre si, o espaçamento entre blocos foi 1,0 m. Os tratamentos utilizados constaram de cinco métodos para estimativa de evapotranspiração, sendo: tanque Classe A, tanque alternativo, equação de Blaney-Cridlle, equação de Hargreaves e método dos drenos coletores de água de percolação.

Para obtenção da ET_o pelo tanque classe A foi utilizada a equação 1.

$$ET_o = EV * k_p \quad (1)$$

em que: ET_o = evapotranspiração de referência, (mm dia⁻¹); EV = evaporação do tanque lida em mm no período desejado e k_p = coeficiente do tanque que corrige a evaporação.

O tanque alternativo instalado no experimento é constituído de aço, com aproximadamente 30 cm de altura e 56 cm de diâmetro, contendo ainda um dreno próximo a borda superior. Para obtenção da ET_o por este método realizou-se o seguinte procedimento: primeiramente o tanque foi totalmente preenchido com água, no dia posterior parte da água foi perdida por evaporação. Utilizando-se uma proveta completava-se o nível de água do tanque com um volume conhecido até que ocorresse a saída de água pelo dreno; esse volume de água era coletado e dessa forma era possível

verificar o volume de água perdido; sabendo-se a área do tanque realizou-se a conversão de volume para lâmina, obtendo-se assim a ETo.

Para obtenção da ETo utilizando a equação de Hargreaves (equação 2), foi instalado um termohigrômetro no interior da casa de vegetação para registro de temperatura máxima, média e mínima, além dos dados de umidade relativa do ar.

$$ETo = 0,0023 (T \text{ méd} + 17,8) \cdot (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,5} \cdot Ra \cdot 0,408 \quad (2)$$

em que: ETo = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); T_{mín} = Temperatura mínima (°C); T_{máx} = Temperatura máxima (°C) e T_{méd} = Temperatura média (°C) e Ra = Radiação no topo da atmosfera (MJ m⁻²dia⁻¹). Para obtenção da ETo utilizando a equação de Blaney-Criddle (equação 3), utilizaram-se os valores de temperatura e umidade relativa obtidos com o termohigrômetro, além dos valores de velocidade do vento.

$$ETo = a + b [f (0,46 T + 8,13)] \quad (3)$$

em que: a e b = fatores de ajuste em funções das variáveis climáticas (adimensionais); f = porcentagem mensal das horas de luz solar e T = temperatura média (em °C).

Para os drenos de coleta da água de percolação foi utilizada a equação 4.

$$ET = I - D \quad (4)$$

em que: ET = evapotranspiração diária; I = quantidade de água aplicada e D = quantidade de água drenada. O monitoramento da umidade do solo contido nos vasos foi realizado utilizando-se tensiômetros (instalados a 10 cm de profundidade), instalando-se duas hastes por tratamento. Para obter a eficiência do uso da água foi relacionada a produtividade em cada tratamento com as lâminas aplicadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tensões médias registradas durante a condução do experimento foram: tanque alternativo: 27,37 kPa, tanque classe A: 21,23 kPa, Blaney-Criddle: 17,30 kPa, Hargreaves: 14,50 kPa e drenos coletores: 12,99 kPa. Notou-se maiores valores de tensão de água no solo quando o manejo da irrigação foi efetuado com o tanque alternativo (Figura 1).

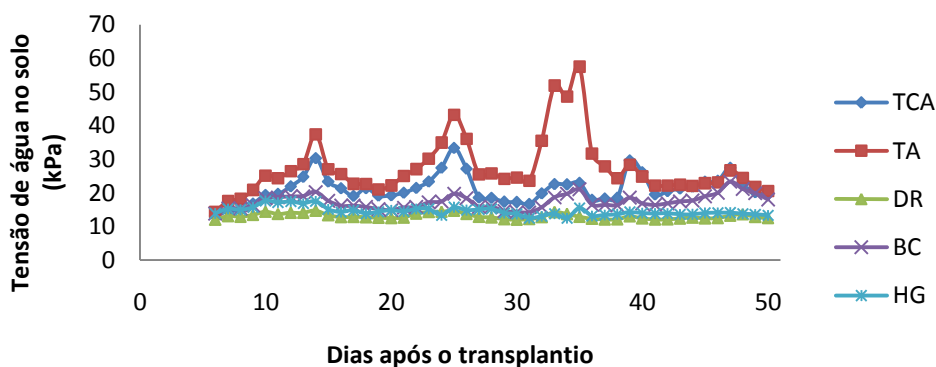


Figura 1. Tensão de água no solo (kPa) registradas diariamente nos tratamentos utilizados.

Santos e Pereira (2004) mencionaram que para a obtenção de plantas mais altas, com maior peso de matéria fresca da parte comercial (cabeça comercial) e plantas com folhas mais tenras, as irrigações devem ser realizadas quando as tensões de água no solo estiverem em torno de 15 kPa, obtidas por sensores instalados a 0,15 m de profundidade. De acordo com o referido autor é possível concluir que somente os tratamentos Hargreaves e Drenos coletores apresentaram tensão de água no solo dentro da faixa adequada. Tal fato contribuiu para o melhor desenvolvimento das plantas manejadas por esses tratamentos. Os resultados obtidos também estão de acordo com as recomendações de Carrijo et al (1999) que relataram que solos de textura média (franco argiloso ou franco arenoso), deve-se irrigar quando o tensiômetro indicar tensões entre 10 kPa a 15 kPa, para solos de textura fina (argilosos), entre 15 kPa a 20 kPa e para solos de textura grossa (arenosos), entre 5 kPa a 10 kPa. Nota-se na Tabela 1 que as plantas manejadas por meio das equações de Blaney-Criddle e Hargreaves, apresentaram maior eficiência do uso da água em relação aos demais tratamentos, apresentando valores de 0,67 e 0,64g mm⁻¹, respectivamente. No entanto, não houve diferença estatística entre os demais tratamentos, sendo que as plantas manejadas pelos drenos, tanque alternativo e tanque classe A apresentaram eficiência do uso da água de 0,54g mm⁻¹, 0,47g mm⁻¹ e 0,34g mm⁻¹, respectivamente.

Tabela 1. Eficiência do uso da água (EUA) para os diferentes tratamentos aplicados. Uberaba – MG.

Tratamentos	EUA (g mm⁻¹)
Blaney-Criddle	0,67a ¹
Hargreaves	0,64a
Drenos	0,54b
Tanque alternativo	0,47b
Tanque Classe A	0,34b

¹Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo o Teste Scott- Knott.

CONCLUSÕES

As maiores E.U.A. foram verificadas quando o manejo da irrigação foi realizado a partir dos métodos de Blaney-Criddle e Hargreaves. As tensões médias de água no solo foram: tanque alternativo: 27,37 kPa, tanque classe A: 21,23 kPa, Blaney-Criddle: 17,30 kPa, Hargreaves: 14,50 kPa e drenos coletores: 12,99 kPa.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio cedido aos autores e ao trabalho.

REFERÊNCIAS

CARRIJO, O.A.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. Manejo da água do solo na produção de hortaliças em cultivo protegido: cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: v.20, n. 200/201, p.45-51, 1999.

KOETZ, M.; COELHO, G.; COSTA, C. C. C.; LIMA, E. P.; SOUZA, R. J. Efeito de doses de potássio e da frequência de irrigação na produção da alface americana em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 730-737, 2006.

LIMA JÚNIOR, J. A. **Análise técnica e econômica da Produção de alface americana Irrigada por gotejamento**.. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 2008. 74 p.

MARINHO, E. C. S. **Comparação de equações que estimam a evapotranspiração de referência (ET_o) com o modelo de Penman-Monteith padrão FAO nas condições do município de Areia-PB**. Trabalho de conclusão de curso (graduação em agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2013.

SANTOS, S.R.; PEREIRA, G.M. Comportamento da alface americana sob diferentes tensões de água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 569-577, 2004.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DA ALFACE EM FUNÇÃO DE MÉTODOS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA

Karita Almeida Silva¹, Marcos Vinícios de Jesus², Márcio José de Santana³, Letícia de Souza Leite⁴

¹Estudante de Engenharia Agrônômica, bolsista PET/MEC, Uberaba, MG, karitaalmeidasilva@gmail.com; ²Eng. Agrônomo, IFTM *Campus* Uberaba, MG, marcos.jesus@agricultura.gov.br; ³Dr. Irrigação e Drenagem, Prof. IFTM, Uberaba, MG, marciosantana@iftm.edu.br; ⁴Estudante de Engenharia Agrônômica, bolsista CNPq, Uberaba, MG, leticialeite06@hotmail.com

RESUMO: A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma cultura dependente essencialmente de água e, a sua produção em ambiente protegido que aliada ao uso de práticas de irrigação, pode contribuir com aumento da produtividade e melhoria na qualidade da hortaliça. O atual experimento foi conduzido em casa de vegetação do tipo arco no setor de Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* Uberaba), com objetivo de determinar a evapotranspiração de referência e da cultura (ET_o e ET_c) em função de métodos de manejo da irrigação na cultura da alface. A cultivar utilizada foi a Tainá, do grupo repolhuda-crespa (americana). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 8 repetições, sendo cinco métodos de manejo da irrigação, perfazendo no total 40 parcelas, compostas de 2 plantas cada, totalizando 80 plantas. As lâminas de irrigação foram estabelecidas pelas equações de Hargreaves, Blaney-Criddle, tanque Classe A, tanque alternativo e drenos coletores de água de percolação. De acordo com as condições experimentais, observou-se que os métodos evaporímetros representados pelo tanque Classe A e tanque alternativo, subestimaram os valores de ET_c, provocando estresse hídrico nas plantas manejadas por esses tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: ambiente protegido, manejo irrigação, *Lactuca sativa* L.

EVAPROTRANSPARATION OF LETTUCE REFERENCE IN FUNCTION OF IRRIGATION MANAGEMENT METHODS IN CULTURE

ABSTRACT: Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is na essentially water dependent crop and its production in a protected environment, together with the use of irrigation practices, can contribute to na increase in productivity and na improvement in the quality of vegetables. The present experiment was carried out in a greenhouse of the arc type in the Vegetable sector of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* Uberaba), to determine the reference evapotranspiration and culture (ET_o and ET_c) in function of irrigation management methods in lettuce cultivation. The cultivar used was Tainá, from the cabbage-headed group (american). The experimental design was a randomized complete block with 8 replicates, Five irrigation management methods, totaling 40 plots, composed of 2 plants each, totaling 80 plants. The irrigation slides were established by the Hargreaves, Blaney-Criddle, pan Class A, alternate pan, and percolating water collection drains equations. According to the experimental conditions, evaporimeters represented by the

pan Class A and alternative tank, underestimated ETc values, provoking water stress in the plants managed by these treatments.

KEY-WORDS: protected environment, irrigation management, *Lactuca sativa* L.

INTRODUÇÃO

A alface é a principal hortaliça folhosa comercializada e consumida pelos brasileiros pela facilidade de aquisição e por ser produzida o ano inteiro (OLIVEIRA et al., 2004). O cultivo em ambiente protegido é uma ferramenta muito útil para a aquisição de alta produção e de produtos de excelente qualidade, por manter um clima mais propício ao desenvolvimento da cultura ao longo do ano (SEGOVIA et al., 1997).

A alface é uma cultura exigente em água, sendo o manejo adequado da irrigação importante para suprir as necessidades hídricas das plantas e por minimizar problemas com doenças e lixiviação de nutrientes (KOETZ et al., 2006).

O tanque Classe A se destaca dentre os métodos para se efetuar o manejo da água de irrigação devido a sua facilidade de operação e custo relativamente baixo; no entanto, visando diminuir o custo dele, tem-se adotado tanques de evaporação com dimensões reduzidas como alternativa para estimar a ETo (VOLPE; CHURATA-MASCA, 1988). Outra alternativa para realizar o manejo da água de irrigação é através de equações que utilizam variáveis climáticas. Podem-se destacar as equações de Hargreaves e Blaney-Cridlle que são relativamente fáceis de trabalhar e requerem pouco investimento.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho determinar a evapotranspiração de referência e da cultura em função de métodos de manejo da irrigação na cultura da alface.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 13 dm³ de solo em uma casa de vegetação do tipo arco no setor de Olericultura localizado IFTM em Uberaba, MG. Durante a condução do experimento foram coletadas as seguintes variáveis climáticas: temperatura, velocidade do vento, evaporação da água e umidade relativa do ar. A cultivar utilizada no experimento foi a Tainá do tipo americana. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com cinco tratamentos e oito repetições. Cada parcela experimental era composta de 2 vasos (uma planta por vaso). Os vasos do bloco eram espaçados 0,40 m entre si, o espaçamento entre blocos foi 1,0 m. Os tratamentos utilizados constaram de cinco métodos para estimativa da evapotranspiração, sendo: tanque Classe A (equação 1), tanque Alternativo, equação de Blaney-Cridlle (equação 2), equação de Hargreaves (equação 3) e método dos drenos coletores de água de percolação (equação 4). O tanque alternativo foi instalado no interior da casa de vegetação, constituído de aço, com aproximadamente 30 cm de altura e 56 cm de diâmetro, contendo ainda um dreno próximo a borda superior; a ETo foi considerada o valor da evaporação da água diretamente obtida no tanque. A ETc foi obtida conforme equação 5.

$$ET_o = EV \cdot k_p \quad (1)$$

$$ET_o = a + b [f (0,46 T + 8,13)] \quad (2)$$

$$ET_o = 0,0023 (T \text{ méd} + 17,8) \cdot (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,5} \cdot Ra \cdot 0,408 \quad (3)$$

$$ET = I - D \quad (4)$$

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (5)$$

em que: ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); EV = evaporação do tanque lida em mm no período desejado e k_p = coeficiente do tanque que corrige a evaporação (DOORENBOS; KASSAM, 1979); a e b = Fatores de ajuste em funções das variáveis climáticas (adimensionais, conforme DOORENBOS; PRUITT, 1975); f = porcentagem mensal das horas de luz solar e T = temperatura média (em $^{\circ}\text{C}$); $T_{\text{mín}}$ = temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$); $T_{\text{máx}}$ = temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$); $T_{\text{méd}}$ = temperatura média ($^{\circ}\text{C}$); Ra = Radiação no topo da atmosfera ($\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, conforme DOORENBOS; PRUITT, 1975); ET = evapotranspiração diária; I = quantidade de água aplicada e D = quantidade de água drenada e K_c = coeficiente de cultura (adimensional, MAROUELLI et al., 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes a ET_o e ET_c diárias são mostrados na Figura 1. A evapotranspiração média durante a condução do experimento foi superior nos métodos climáticos, em relação a evapotranspiração obtida utilizando os tanques evaporímetros. A equação de Hargreaves estimou uma ET_o média de 7,15 mm enquanto a equação de Blaney-Criddle estimou 6,21 mm ao longo do ciclo. A ET_o obtida com o tanque classe A e com o tanque alternativo foram 3,13 mm e 4,79 mm, respectivamente. Fernández et al. (2010) verificaram que a equação de Hargreaves superestimava a evapotranspiração no interior da estufa, no entanto produzia resultados aceitáveis quando se utilizava um fator de correção devido à transmitância da estufa. A ET_c média obtida pelo tanque classe A foi 2,84 mm, pelo tanque alternativo 4,34mm, pelo método dos drenos coletores de água de percolação 6,02 mm, pela equação de Blaney-Criddle 5,58 mm e pela equação de Hargreaves 6,44 mm.

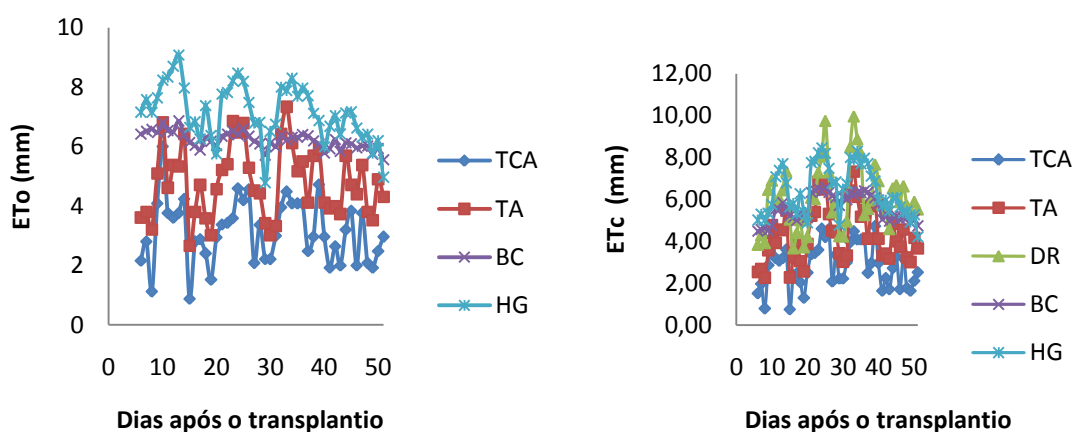


Figura 1. Valores diários de ET_o e ET_c .

Na Figura 2 está a relação entre os valores de ET_o diários obtidos por meio dos métodos climáticos de estimativa de ET_o e os tanques evaporímetros, os valores de R^2 foram todos considerados baixos. Guedes Filho et al. (2011) em experimento realizado

na cidade de Areia-PB, encontraram resultados semelhantes, quando compararam as equações de Hargreaves e Blaney-Criddle. Observaram que o R^2 foi da ordem de 0,895, também considerado satisfatório, isto é, aproximando-se do valor 0,9.

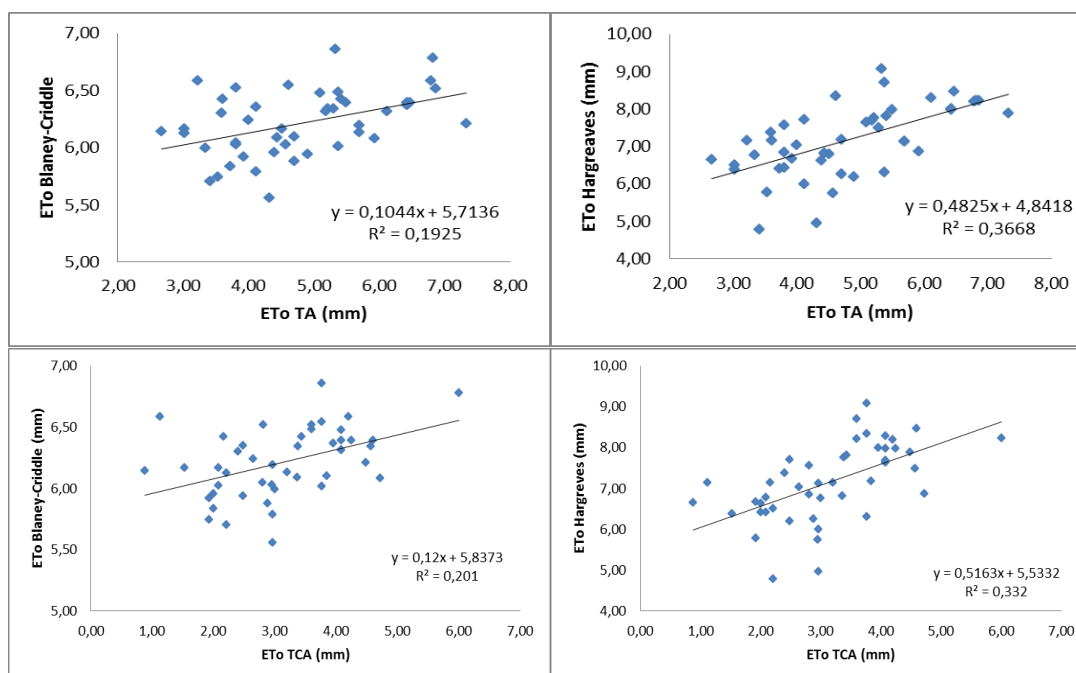


Figura 2. Relação entre os valores de ETo diários, obtidos através do Tanque Classe A, tanque alternativo e equações de Hargreaves e Blaney-Criddle.

CONCLUSÕES

Os métodos de manejo de irrigação Hargreaves e Blaney-Criddle mostraram satisfatórios para utilização em ambiente protegido na região de Uberaba, MG. Os métodos evaporímetros representados pelo tanque Classe A e tanque alternativo, subestimaram os valores de ETo, provocando estresse hídrico nas plantas manejadas por esses tratamentos.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio cedido aos autores e ao trabalho.

REFERÊNCIAS

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Roma: FAO, (Irrigation and Drainage Paper, 33), 1979. 306p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Roma: FAO, (Irrigation and drainage paper, 24). 1975. 178 p.

FERNÁNDEZ, M. D.; BONACHELA, S.; ORGAZ, F.; THOMPSON, R.; LÓPEZ, J. C.; GRANADOS, M. R.; GALLARDO, M.; FERERES, E. Measurement and estimation of plastic greenhouse reference evapotranspiration in a Mediterranean climate. Córdoba: **Irrigation Science**. p.497-509. 2010.

GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS JÚNIOR, S. A.; COSTA FILHO, J. F. da; FRANCISCO, P. R. M.; CAMPOS, V. B. Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Areia, Paraíba. **Revista brasileira de agricultura irrigada**. Fortaleza: inovagri, v.5, nº. 1, p.37-47, 2011.

KOETZ, M.; COELHO, G.; COSTA, C. C. C.; LIMA, E. P.; SOUZA, R. J. Efeito de doses de potássio e da frequência de irrigação na produção da alface americana em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 730-737, 2006.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C.; SILVA, H. R. da. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 72 p.

OLIVEIRA, A. C. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; GARCIA, N. C. P.; GARCIA, S. L. R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.26, n.2, p.211-217, 2004.

SEGOVIA, O. F. J.; ANDRIOLO, L. J.; BURIOL, A. G.; SCHNEIDER, M. F. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa*L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.27, n.1, p.37-41, 1997.

VOLPE, C. A.; CHURATA-MASCA, M. G. C. **Manejo da irrigação em hortaliças: método do tanque Classe A**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 19 p.

MODELAGEM DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO PERÍMETRO IRRIGADO PONTAL SUL

Leandro Moscôso Araujo¹, Antônio Heriberto de Castro Teixeira², Luís Henrique Bassoi³.

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem - FCA/UNESP, Botucatu, São Paulo, leandro_moscoso@hotmail.com; ²Pesquisador, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, São Paulo, heriberto.teixeira@embrapa.br; ³Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos, São Paulo, luis.bassoi@embrapa.br.

RESUMO: A agricultura irrigada no Nordeste brasileiro é fundamental para a economia da regional, e a expansão de suas áreas deve basear-se no uso racional da água para a produção de alimentos. Assim, o objetivo deste trabalho é modelar a evapotranspiração (ET) em larga escala, no Parímetro Irrigado Pontal Sul, em Petrolina-PE, por meio da associação de dados agro-meteorológicos e do algoritmo SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*), utilizando imagens MOD13Q1 para os anos de 2012 a 2015. O ano de 2012 apresentou maior média anual de ET com 0,77 mm dia⁻¹, enquanto a menor média de ET registrada em 2013 com 0,40 mm dia⁻¹. Apenas a área agrícola apresentou uma estabilidade da ET, devido as condições de umidade proporcionada pelo uso da irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: SAFER, MODIS, Sensoriamento Remoto.

EVAPOTRANSPIRATION MODELING IN THE PONTAL SUL IRRIGATION SCHEME

ABSTRACT: Irrigated agriculture in the Brazilian Northeast is fundamental to the regional economy, and the expansion of its area should be based on the rational use of water for food production. Thus, the objective of this work is to model large - scale evapotranspiration (ET) in the Pontal Sul Irrigation Scheme in Petrolina, State of Pernambuco, Brazil, through the association of agro - meteorological data and the Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving (SAFER) using MOD13Q1 images for the years 2012 to 2015. The 2012 year presented the highest annual mean of ET with 0.77 mm day⁻¹, while the lowest ET average was registered in 2013 with 0.40 mm day⁻¹. Only the agricultural area presented a stability of ET, due to the humidity conditions provided by the use of irrigation.

KEY-WORDS: SAFER, MODIS, Remote Sensing.

INTRODUÇÃO

A atividade agrícola na região Nordeste, mais especificamente no Semiárido, desempenha um papel de grande importância na economia da região, necessitando cada dia mais maximizar o uso da água na agricultura irrigada.

A quantificação da ET, além de ser de extrema importância na produção de alimentos, possibilita mensurar a quantidade de água disponível para o consumo humano e ecológico. No município de Petrolina (PE) a agricultura vem se destacando cada vez mais, principalmente na produção de espécies frutíferas, exigindo uma demanda maior de água e de áreas para a prática da irrigação (TEIXEIRA, LEIVAS; BAYMA-SILVA, 2016).

Apesar de haver estudos sobre balanço de energia em larga escala realizados no município de Petrolina (TEIXEIRA et al. 2014 e TEIXEIRA, LEIVAS; BAYMA-SILVA, 2016), há a necessidade de se realizar pesquisas mais específicas relacionadas a ET que viabilizem o uso de áreas irrigadas do Perímetro Irrigado Pontal Sul.

Assim, este trabalho tem por objetivo modelar a ET em larga escala com o auxílio de técnicas de sensoriamento remoto, interpolando e associando dados de estações agro-meteorológicas ao algoritmo SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*), utilizando imagens do sensor MODIS para as condições climáticas do Perímetro Irrigado Pontal Sul, no semiárido pernambucano.

MATERIAL E MÉTODOS

A Figura 1 mostra a localização exata do Perímetro Irrigado Pontal Sul, inserido no município de Petrolina (PE), estado de Pernambuco, coordenadas geográficas $8^{\circ}55'39,66''S$ e $40^{\circ}38'13,39''W$ na parte superior; $9^{\circ}07'33,20''S$ e $40^{\circ}25'47,45''W$, bem como as áreas agrícolas e as estações agro-meteorológicas das quais se utilizaram dados climáticos para o período de 2012 a 2015.

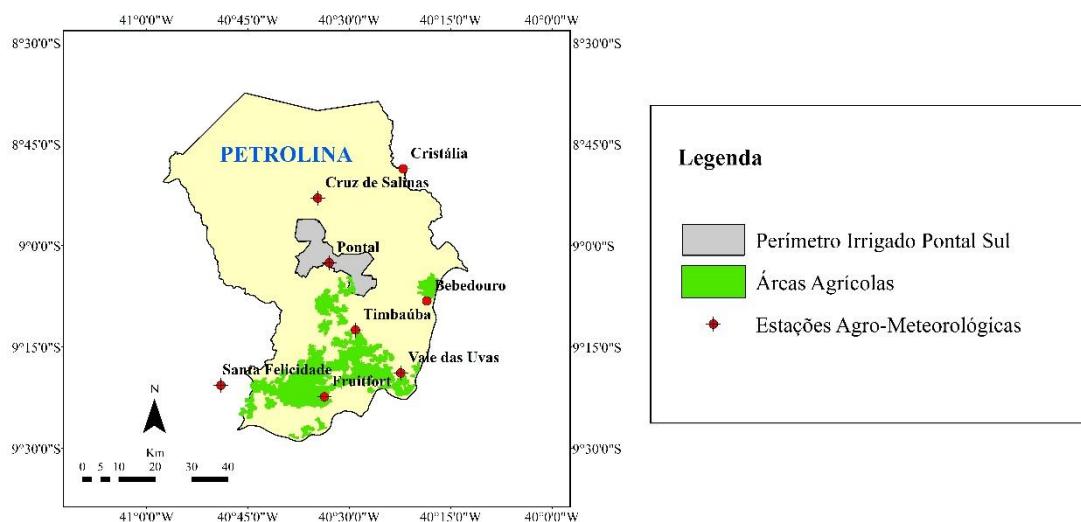


Figura 1. Localização do Perímetro Irrigado Pontal Sul e das estações agro-meteorológicas (alvos vermelhos) utilizadas para obtenção dos dados climáticos.

Utilizaram-se dados de radiação solar global (RG), temperatura do ar (T_a), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (u) para estimar a temperatura da

superfície (T_s) e a evapotranspiração de referencia (ET_0) em larga escala por meio do método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

O clima local é BSw^h, conforme a classificação de Köppen, tratando-se de uma região semiárida (TEIXEIRA et al., 2012), com precipitação média anual inferior a 600 mm e temperaturas variando entre 24 e 28 °C.

Neste trabalho foram utilizadas as bandas 1 e 2 do produto MOD13Q1 para os anos de 2012 a 2015 empregadas na caracterização dos períodos de estação chuvosa (janeiro a abril), o fim da estação chuvosa (maio a julho), o período seco (setembro a outubro) e o início da estação chuvosa (novembro a dezembro) no perímetro.

O albedo da superfície (α_0) foi obtido conforme a Equação 1 (TEIXEIRA et al., 2014):

$$\alpha_0 = a + b\alpha_1 + c\alpha_2 \quad (1)$$

onde a, b e c são os coeficientes de regressão com valores respectivos de 0,08, 0,41 e 0,14, para as condições climáticas do Semiárido (TEIXEIRA et al. 2014).

A estimativa da T_s foi realizada como resíduo no balanço de radiação diário, conforme a Equação 2 (TEIXEIRA et al., 2015):

$$T_s = \sqrt[4]{\frac{RG - \alpha_0 RG + \varepsilon_A \sigma T_a^4 - R_n}{\varepsilon_s \sigma}} \quad (2)$$

onde RG é a radiação solar global diária; T_a é a temperatura média diária do ar; ε_a e ε_s são as emissividades da atmosfera e da superfície, respectivamente.

O modelo representativo do algoritmo SAFER foi utilizado para estimar a ET em escala regional, descrito pela Equação 3:

$$\frac{ET}{ET_0} = \exp \left[d + f \left(\frac{T_0}{\alpha_0 \text{NDVI}} \right) \right] \quad (3)$$

onde d e f são os coeficientes de regressão específicos para as condições semiáridas locais, com valores respectivos de 1,8 e -0,008; e T_0 é a temperatura da superfície (K) (TEIXEIRA et al., 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 retrata a distribuição espacial da ET no Perímetro Irrigado Pontal Sul para os anos de 2012 a 2015.

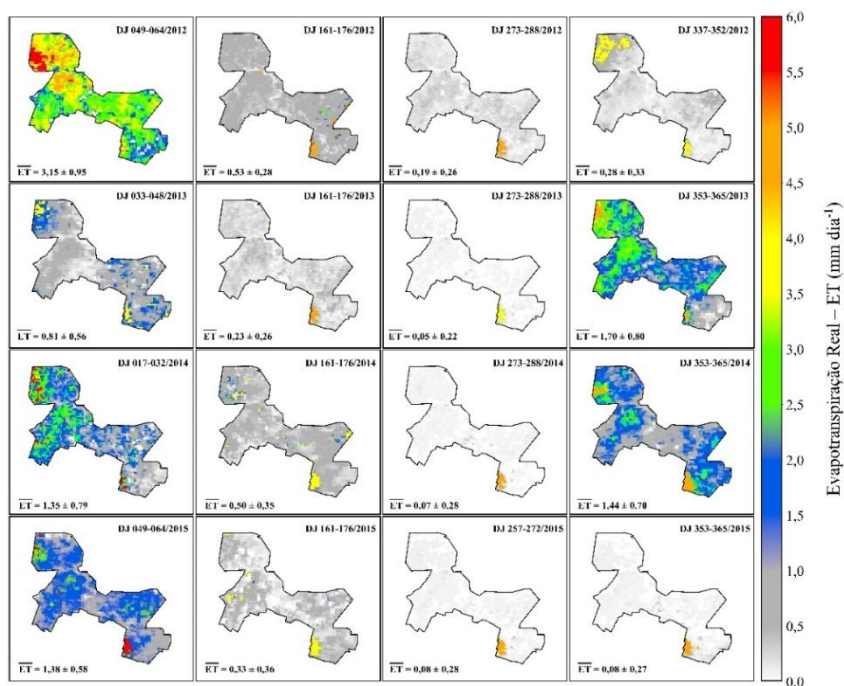


Figura 2. Distribuição espacial dos valores de evapotranspiração (ET) no Perímetro Irrigado Pontal Sul, município de Petrolina – PE, para o período de 16 dias das imagens MODIS representativas dos anos de 2012 a 2015.

Verifica-se no ano de 2012 índices elevados de ET nos primeiros meses do ano, provenientes da irregularidade de chuvas ao longo do ano. De acordo com Gutiérrez et al. (2014), o baixo índice pluviométrico registrado neste ano foi devido a variação da temperatura no Oceano Atlântico.

O ano de 2013 apresentou uma homogeneidade espacial maior da ET com relação ao ano de 2012, destacando-se o início das estações chuvosas representado pelos períodos de DJ 353-365/2013. O período entre os dias 273-288/2013 registrou as menores taxas de ET quando comparado aos demais anos, entretanto, as taxas de ET na área agrícola faram as maiores registradas para estes dias, alternado seus valores entre 0,75 a 3,40 mm dia⁻¹.

Com relação ao ano de 2014, este caracterizou-se homogeneidade da ET nos meses de janeiro e dezembro do ano de 2014 em que se concentram a maior parte das chuvas. No entanto, a estação seca apresentou uma das menores taxas para este período, tendo como exceção a área agrícola que apresentou um incremento nas taxas de ET oscilando entre 0,49 a 4,51 mm dia⁻¹.

Para o ano de 2015, as altas taxas de ET se concentraram nos primeiros meses, com valores máximos próximos a 6 mm, principalmente na área agrícola. Já a estação seca retratada pelos dias 257-272/2015 apresentou uma das menores médias de ET; em contrapartida, a área agrícola destacou-se com as maiores taxas de ET variando entre 0,38 e 4,59 mm dia⁻¹. O início da estação chuvosa representado pelos dias 353-365/2015, foi atípico tendo a disposição da ET de forma heterogênea, verificada pelo baixo DP. Teixeira, Leivas e Bayma-Silva (2016) destacaram a variação de espaço e tempo da ET para o ano de 2015, onde se acentuou as áreas irrigadas vizinhas ao rio São Francisco em comparação com as áreas de Caatinga.

CONCLUSÕES

O uso de imagens orbitais do sensor MODIS com o algoritmo SAFER em conjunto com dados das estações agro-meteorológicas proporcionaram maior detalhamento da evapotranspiração no Perímetro Irrigado Pontal Sul. A evapotranspiração demonstrou ser maior nos períodos chuvosos. Apenas a área agrícola apresentou uma estabilidade da ET, devido as condições de umidade proporcionada pelo uso da irrigação.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos do primeiro autor, a Rede AgroHidro da Embrapa, e a Embrapa Semiárido pela disponibilidade dos dados meteorológicos.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: **FAO**, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).

GUTIÉRREZ, A. P. A. et al. Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 95-106, 2014.

TEIXEIRA, A. H. de C. et al. A comparative study of techniques for modeling the spatiotemporal distribution of heat and moisture fluxes in different agroecosystems in Brazil. **Remote Sensing of Energy Fluxes and Soil Moisture Content**. 1ed. Boca Raton, Florida: **CRC Group, Taylor and Francis**, 2014. p. 169-191.

TEIXEIRA, A. H. de C. et al. Water balance indicators from MODIS images and agrometeorological data in Minas Gerais state, Brazil. In: **SPIE Remote Sensing**. International Society for Optics and Photonics, 2015. p. 963700-1 - 963700-14.

TEIXEIRA, A. H. de C. Modelling water productivity components in the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil. **Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brazil**. 1ed. Kassel: University of Kassel, 2012, p. 1077–1100.

TEIXEIRA, H. de C.; LEIVAS, J. F.; BAYMA-SILVA, G. Indicadores de balanço hídrico através de imagens MODIS e dados climáticos no Polo Agrícola Petrolina/Juazeiro. In: XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2016. Aracaju-SE. **Anais...** Aracaju: SRHN, 2016. p. 1 - 10.

DANO DE GEADA EM FORRAGEIRAS PERENES TROPICAIS EM UM SISTEMA SILVIPASTORIL DE *PINUS ELLIOTTII*

Tagliane Eloíse Walker¹, Cleusa Adriane Menegassi Bianchi Kruguer², Maiara do Nascimento da Ponte³, Osório Antônio Lucchese⁴, Valéria Escaio Bubans⁵

¹Acadêmica do curso de Agronomia, Bolsista PROBIC/FAPERGS, DEAg/UNIJUÍ, Ijuí-RS, tagli_walker@hotmail.com; ² Dra, Profa.do DEAg/UNIJUÍ, Ijuí-RS, cleusa.bianchi@unijui.edu.br;

³Acadêmica do curso de Agronomia, Bolsista PROBIC/FAPERGS, DEAg/UNIJUÍ, Ijuí-RS, maiatdp@hotmail.com; ⁴Mestre. Prof. do DEAG/UNIJUÍ, Ijuí-RS, osorio@unijui.edu.br; ⁵Acadêmica do curso de Agronomia, Bolsista PIBIC/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, Ijuí-RS, valeriabubans@hotmail.com;

RESUMO: A geada é um dos problemas limitantes à produção de alimentos para os animais no Rio Grande do Sul. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do dano da geada em espécies de forrageiras perenes tropicais implantadas em um sistema silvipastoril de *Pinus elliottii*, no Noroeste do Rio Grande do Sul. O estudo foi desenvolvido a campo em delineamento de blocos casualizados, com esquema fatorial (4x10) com três repetições, sendo quatro níveis do fator de radiação: “pleno sol”, 80, 60 e 40% e dez níveis do fator espécies forrageiras. As avaliações do dano por geada e a produção de massa seca após as geadas foram realizadas no outono de 2015 e 2016. No ano de 2015, não houve dano nas forragens. No ano de 2016 as forragens foram totalmente danificadas reduzindo a produção de massa seca durante o inverno.

PALAVRAS-CHAVE: Dano em forrageiras, microclima, temperatura.

EFFECT OF FROSTING ON TROPICAL FORENSIC FORENSICS IN A SILVIPASTORIL SYSTEM OF *PINUS ELLIOTTII*

ABSTRACT: Frost is one of the limiting problems for the production of animal feed in Rio Grande do Sul. The purpose of the study was to evaluate the effect of frost damage in tropical perennial forage species implanted in a silvopastoral system of *Pinus elliottii* in the Northwest (4x10) with three replications, four levels of the radiation factor: "full sun", 80, 60 and 40% and ten levels the forage species factor. Assessments of frost damage and dry mass production after frosts were conducted in the fall of 2015 and 2016. In the year 2015, there was no damage to fodder. In the year 2016 the fodder was totally damaged reducing the production of dry mass during the winter.

KEY-WORDS: Damage to forages, microclimate, temperature.

INTRODUÇÃO

A geada é um dos fenômenos meteorológicos que pode limitar a produção de forragem no Rio Grande do Sul, tanto para as espécies perenes de inverno quanto as de verão.

Nas condições de clima subtropical do Rio Grande do Sul, as geadas se concentram no inverno (HIGA; MORA; HIGA, 2011), no entanto, podem ocorrer geadas precoces (outonais) ou tardias (OLIVEIRA, 1997), que podem danificar as forrageiras cultivadas nesse período. Os efeitos da geada são dependentes da espécie, do estágio de ocorrência, bem como da sua intensidade. Com isso, a oferta de forragens pode se tornar restrita nos meses de inverno, reduzindo a produção leiteira.

Uma alternativa para minimizar estes efeitos pode ser o emprego do sistema de manejo silvipastoril. Esse sistema cria um microclima com temperaturas mínimas mais elevadas e máximas mais baixas, gerando maior estabilidade térmica abaixo da copa das árvores. Dessa forma, o componente arbóreo constitui uma barreira contra perdas de radiação de ondas longas durante a noite, dificultando a formação de geada (LARCHER, 1975; ABEL et al. 1997; JUNIOR et al., 2009). Portanto, as forrageiras cultivadas nesse sistema tendem a ter uma condição mais adequada ao seu crescimento, quando comparadas ao ambiente aberto. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito do dano da geada em dez forrageiras perenes tropicais implantadas em um sistema silvipastoril de *Pinus elliottii*, no Noroeste do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na área experimental do Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) pertencente ao Departamento de Estudos Agrário (DEAg) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ) no município de Augusto Pestana-RS, localizado a 28° 26' S e 54° 00' W, altitude de 280m. De acordo com a classificação climática de Köppen o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido.

O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema fatorial (4x10), com três repetições. Os níveis do fator de radiação foram “pleno sol”, 80, 60 e 40%, promovido pelo manejo de corte inicial do povoamento das árvores de pinus (BOTTON et al., 2014). Os níveis do fator espécies forrageiras perenes tropicais foram grama missioneira (*Axonopus jesuiticus*); braquiária brizanta cvs. Marandú e MG-5 (*Urochloa brizantha*); capim aruana e aires (*Panicum maximum*); capim elefante cvs. Mott e HB (*Pennisetum purpureum*); capim pojuca (*Paspalum atratum*); digitária (*Digitaria diversinervis*) e hermáttria (*Hermatiria altíssima*), implantadas em 2014.

Entre os anos de 2015 e 2016 foram realizados os cortes das forragens seguindo a altura de corte adaptada da literatura (FONTANELI et al., 2009). Os cortes indicaram a produção de massa seca por hectare nas distintas estações do ano.

O efeito da geada foi avaliado durante os meses do outono, considerando o início o mês que registrou a primeira geada, no caso, o mês de junho de 2015 e 2016, através de visualizações semanais a campo. Nesta avaliação foram atribuídas notas para os danos causados nas forragens: nota 1 é referente as forragens que não apresentaram danos de geada (NDG), considerando-as assim tolerantes a geada, nota 2: referente as forragens que foram parcialmente danificadas pela geada (PDG), considerando-as assim moderadamente resistente a geadas, nota 3: refere-se as forragens que foram totalmente danificadas pela geada (TDG), considerando-as assim susceptíveis a geadas. Além disso, foi avaliada a produção de massa seca de cada forragem nos cortes realizados no inverno. Os dados de massa seca foram submetidos à análise de variância pelo teste F e para as variáveis que apresentaram efeito significativo $P < 0,05$ realizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. O software utilizado foi o programa estatístico GENES (CRUZ, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os valores de temperatura do ar registrados na estação meteorológica no mês de junho, pode-se observar que em 2015 ocorreu somente uma data com temperatura mínima do ar abaixo de 0°C, já em 2016 foram nove dias (Figura 1). Visualmente, em 2015 foi observada a formação de geada em duas datas (16 e 19 de junho) quando a temperatura mínima registrada foi de 2,6°C.

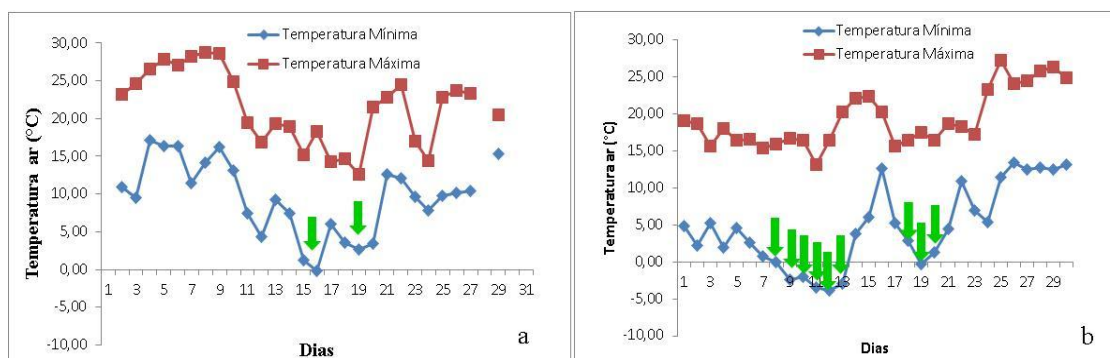


Figura 1: Temperaturas mínimas e máximas (°C) durante o mês de Junho de 2015 (a) e 2016 (b) registradas na Estação Meteorológica do IRDeR, Augusto, Pestana, RS.

Em junho de 2015, mesmo tendo ocorrido duas geadas a “pleno sol”, dentro do sistema silvipastoril não se verificou dano por geada nas forrageiras, o que resultou na produção de massa seca no período de inverno, avaliada de junho a setembro. Os melhores desempenhos foram observados para *P maximum* Aires e *U. brizantha* MG5 a pleno sol e a *Aruana* e *Áries*, dentro do sistema silvipastoril nas intensidades de 80 e 60%, respectivamente. Destaca-se que todas as forrageiras tiveram nota 1 para dano de geada, em todos os tratamento de sombra (dados não mostrados). Isso porque houve um efeito protetor promovido pela presença das árvores (RIBASKI et al., 2016) e também pelo fato que as duas geadas apresentaram temperatura do ar muito inferiores a 0°C. Estes resultados corroboram com as observações de Sartor et al. (2007), que observaram menor efeito de geada em sistema silvipastoril, em Santa Catarina.

Tabela 1: Dano de geada em 2015 e 2016 e Massa Seca Total (MST) produzida na estação do inverno de 2015 em forrageiras perenes tropicais implantadas em um sistema silvipastoril no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Nome científico	Nota – 2016 ¹				MST (Kg ha ⁻¹) ² 2015			
	40	60	80	100	40	60	80	100
<i>Axonopus jesuiticum</i>	2	2	2	3	137.6cdC	392.0deB	786.6deA	660.0cA
<i>Digitaria diversinervis</i>	3	3	3	3	464.3bA	614.0cdA	451.6fA	17.3eB
<i>Hermarthria altíssima</i>	3	3	3	3	13.3dA	13.3fA	13.3gA	14.6eA
<i>P. maximum - Aruana</i>	3	3	3	3	1384.3aB	1244.6bB	3076.3aA	747.3bcC
<i>P. maximum - Áries</i>	3	3	3	3	1417.6aB	2649.0aA	2787.6bA	903.3abC
<i>P. atratum - Pojuca</i>	3	3	3	3	13.3dC	739.3cA	769.0deA	328.0dB
<i>P. purpureum - BRS</i>	3	3	3	3	205.6cdB	303.3eB	634.6efA	15.6eC
<i>P. purpureum - HB</i>	3	3	3	3	364.0bcC	2726.3aB	3143.3aA	21.0eD
<i>U. brizantha - Marandú</i>	3	3	3	3	13.3dC	606.3cdB	1501.3cA	788.6abcB
<i>U. brizantha - MG5</i>	3	3	3	3	13.3dB	169.0efB	886.3dA	1006.6aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. ⁽¹⁾ Nota atribuída ao dano de geada: 1-tolerantes (não danificadas pela geada, NDG); 2-moderadamente tolerantes (parcialmente danificada pela geada, PDG); 3- susceptíveis (totalmente danificada pela geada, TDG). ⁽²⁾ Massa seca total (MST).

No ano de 2016, a produção de massa seca das forrageiras foi totalmente comprometida devido aos danos promovidos pela geada. A primeira geada ocorreu em 08 de junho, e no dia 09 foi realizada a primeira visualização dos danos. Nesta avaliação não foi registrado efeito de dano de geada dentro do sistema silvipastoril, no entanto, as forrageiras a “pleno sol”, aprestaram-se totalmente danificadas recebendo nota 3 (Tabela

1). Na avaliação seguinte, em 19 de junho, após o registro de sete geadas, as plantas dentro do sistema silvipastoril estavam totalmente danificadas (Tabela 1), dessa forma, não houve brotação e, portanto, oferta de massa seca até o mês de novembro de 2016, quando as forrageiras apresentaram as primeiras brotações.

CONCLUSÕES

A geada não promoveu danos as forrageiras em sistema silvipastoril no ano de 2015 quando ocorreu somente dois eventos de geada no outono.

Em 2016, as plantas forrageiras em sistema silvipastoril foram totalmente danificadas pelo efeito da geada.

AGRADECIMENTOS

A FAPERGS pela concessão da bolsa de iniciação científica e ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABEL, N. et al. **Design principles for farm forestry: a guide to assist farmers to decide where to place trees and farm plantations on farms.** Barton: Rural Industries Research and Development Corporation, 1997, 102p.

BOTTON, R. P. et al. Manejo de área florestal de *Pinus elliotti* visando a implantação de um sistema agroflorestal com forrageiras perenes de verão em distintos níveis de sombreamento. **Salão do Conhecimento**, v. 2, n. 01, 2014.

CRUZ, C. D. . **Programa Genes - Diversidade Genética.** 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. v. 1. 278 p.

JÚNIOR, M. D.; HIGA, A. R.; SEITZ, R. A. Efeito da cobertura de *Pinus taeda* L. na proteção contra geadas e no crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Floresta**, v. 39, n. 4, 2009.

FONTANELI, R. S. F.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira.** Embrapa Trigo, 2009, 1. Ed. Passo Fundo, Embrapa Trigo. 340p .

HIGA, R. C. V.; MORA, A. L.; HIGA, A. R. **Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural.** 2. Ed. Colombo: Embrapa Floresta, 2011.

LARCHER, W. **Physiological Plant Ecology.** Berlin: Springer-Verlag, 252 p., 1975.

OLIVEIRA, HT de. Climatologia das temperaturas mínimas e probabilidade de ocorrência de geada no Estado do Rio Grande do Sul. **Porto Alegre-RS**, 1997.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHER, H. R. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**, v. 22, p. 61-67, 2016.

SARTOR, Laércio Ricardo et al. Efeito de diferentes densidades arbóreas nas variáveis microclimáticas em um sistema silvipastoril. **Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária-Ciências Agrárias, Animais e Florestais**, p. 86-88, 2007.

MÉTODOS DE GRAUS-DIA E FILOCRONO NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE MUDAS DE URUCUZEIRO

Gabriel Wilson Lorena Florêncio¹, Mábele de Cássia Ferreira², Fabrina Bolzan Martins³

¹Graduando em Ciências Atmosféricas, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, gabrielflorenco1797@gmail.com; ²Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, mabeleferreira@yahoo.com.br; ³ Professora Adjunto III, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, fabrina@unifei.edu.br.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar três métodos de cálculo de graus-dia e determinar o filocrono de urucuzeiro (*Bixa orellana* L) durante o desenvolvimento vegetativo da fase de muda. O experimento foi conduzido sob o delineamento inteiramente casualizado no período de maio de 2015 a abril de 2016, com a instalação de doze épocas de semeadura e cinco unidades experimentais (U.E) por época. Foram utilizados três métodos de cálculo de graus-dia (GD), baseado em combinações entre a temperatura do ar e as temperaturas cardinais da espécie. A escolha do método de GD foi feita a partir daquele que forneceu menor desvio padrão para o filocrono. O filocrono foi determinado para cada tratamento e U.E através do inverso do coeficiente angular da regressão linear entre o número de folhas e soma térmica acumulada. O método de GD que melhor representou a necessidade térmica de mudas de urucuzeiro foi o que considera as três temperaturas cardinais e as compara com a temperatura média do ar (método 3). Houve diferença entre os valores de filocrono para as diferentes épocas de semeadura, o que demonstra que o desenvolvimento vegetativo de urucuzeiro é influenciado pela temperatura do ar.

PALAVRAS-CHAVE: emissão foliar; temperatura do ar; *Bixa orellana* L

DEGREE DAYS AND PHYLLOCHRON FOR URUCUZEIRO SEEDLINGS LEAF DEVELOPMENT

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate and compare three degree days methods and estimate the phyllochron of urucuzeiro (*Bixa orellana* L) during the seedling phase. A field experiment was carried out in a completely randomized design, from may 2015 to april 2016, with twelve sowing dates and five experimental units (U.E). The degree days methods were used, based on combinations between air temperature and cardinal temperatures. The degree day method chosed was the one that provided lower standard deviation for phyllochron. The phyllochron was estimate for each treatment and U.E through the inverse of the slope of the linear regression between the number of leaves accumulated and degree day. The best degree day method was the one that considers the three cardinal temperatures and compare then to the mean air temperature (3 method). There was a difference between the phyllochron values for differents sowing dates, what proves that the vegetative development is influenced by air temperature.

KEY-WORDS: emission of leaves; air temperature; *Bixa orellana* L.

INTRODUÇÃO

Dentre os fatores abióticos a temperatura do ar é considerada o principal fator que afeta o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da maioria das espécies vegetais, com destaque para o desenvolvimento foliar através da variável emissão de folhas (MARTINS et al., 2012; SOLTANI; SINCLAIR, 2012).

O efeito da temperatura do ar nas espécies vegetais pode ser expresso pela medida de tempo fisiológico denominada graus-dia ($^{\circ}\text{C dia}$), que representa o acúmulo térmico diário, baseado na relação entre temperatura do ar e as temperaturas cardinais (basal inferior, ótima e superior), necessários para completar uma determinada fase do ciclo de vida da planta (COCCO et al., 2016).

Existem vários métodos de cálculo dos graus-dia que podem resultar em valores distintos, principalmente em épocas do ano em que há ocorrência de temperaturas abaixo ou acima das temperaturas cardinais de desenvolvimento da cultura (SOLTANI; SINCLAIR, 2012). Uma das maneiras para relacionar os graus-dia com o desenvolvimento foliar é por meio do filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$), que é o intervalo de tempo necessário para a emissão de folhas consecutivas na haste principal (FREITAS et al., 2017). São comuns estudos fenológicos para culturas agrícolas anuais (ROSA et al., 2009), no entanto, são escassos para espécies arbóreas, como na fase de muda.

Diante desses aspectos, objetivou-se avaliar três métodos de cálculo de graus-dia e identificar a resposta do filocrono na emissão de folhas do desenvolvimento vegetativo, representado na fase de muda, do urucuzeiro (*Bixa orellana* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

Foi instalado um experimento na área experimental da Universidade Federal de Itajubá ($22^{\circ}24'46.43''$ S $45^{\circ}26'48.94''$ O, 1.050m de altitude), Itajubá (MG), conduzido de maio de 2015 a abril de 2016, sob o delineamento inteiramente casualizado, considerando doze épocas de semeadura, instaladas em intervalos de aproximadamente trinta dias e cinco unidades experimentais (U.E), totalizando sessenta U.E, com duas plantas de urucuzeiro por U.E.

Foram considerados três métodos de graus-dia (TOMAZETTI et al., 2015):

Método 1: $\text{GD}_d = T_{\text{med}} - T_b$. 1dia; quando $T_{\text{med}} < T_b$, considera-se: $T_{\text{med}} = T_b$, $\text{GD}_d = 0$

Método 2: $\text{GD}_d = T_{\text{med}} - T_b$. 1dia; quando $T_{\text{med}} < T_b$, considera-se: $T_{\text{med}} = T_b$, e se $T_{\text{med}} > T_{\text{tot}}$ considera-se: $T_{\text{med}} = T_{\text{tot}}$.

Método 3: quando $T_b \leq T_{\text{med}} \leq T_{\text{tot}}$: $\text{GD}_d = T_{\text{med}} - T_b$. 1dia; quando $T_{\text{tot}} < T_{\text{med}} \leq T_b$, considera-se $\text{GD}_d = (T_{\text{tot}} - T_b) \cdot [(T_b - T_{\text{med}}) / (T_b - T_{\text{tot}})] \cdot 1$ dia. Se $T_{\text{med}} < T_b$ então $T_{\text{med}} = T_b$; se $T_{\text{med}} > T_b$ então: $T_{\text{med}} = T_b$, em que: $\text{GD}_d = \text{graus-dia } (^{\circ}\text{C dia})$, $T_{\text{med}} = \text{temperatura média do ar, obtida pela média aritmética das temperaturas máximas } (T_{\text{max}})$ e mínimas (T_{min}) da estação meteorológica automática ($^{\circ}\text{C}$), T_b , T_{tot} e $T_b = \text{temperatura basal inferior ótima e basal superior } (^{\circ}\text{C})$, respectivamente. Os valores de T_b , T_{tot} e T_b foram 12°C , $18,4^{\circ}\text{C}$ e $46,4^{\circ}\text{C}$ (FERREIRA, 2017).

A escolha do melhor método de graus-dia foi baseada no menor valor de desvio padrão (DP) para o filocrono, conforme sugere Rosa et al. (2009). Para cada método de GD_d e U.E foi estimado o filocrono, pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear (LISBOA et al., 2012): $\text{NF} = a \cdot \text{GD} + b$, em que $\text{NF} = \text{número de folhas emitidas}$, $\text{GD} = \text{graus-dia acumulados a partir da data de emergência até o término da fase de muda de cada U.E } (^{\circ}\text{C dia})$ $a = \text{coeficiente angular}$ e $b = \text{coeficiente linear}$.

Após selecionar o melhor método de graus-dia, as médias do filocrono foram submetidas ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$) e em seguida realizou-se a análise de variância (ANOVA) para verificar o efeito da fonte de variação época de

semeadura, seguida da comparação de médias pelo teste Tukey ($\alpha=0,05$) através do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes condições ambientais durante o cultivo em diferentes épocas de semeadura (Tabela 1) afetaram a velocidade de emissão de folhas na haste principal e consequentemente a taxa de desenvolvimento foliar da planta. Nas épocas com temperaturas do ar baixas, a velocidade da emissão de folhas também foi baixa. O contrário ocorreu com as temperaturas mais elevadas, em que a velocidade de emissão de folhas foi maior, mesmo padrão observado para o eucalipto (FREITAS et al., 2017).

Tabela 1. Duração das doze épocas de semeadura correspondentes à fase de muda, caracterização da temperatura do ar durante a condução do experimento a campo para urucuzeiro. Itajubá (MG), 2015/2016.

Épocas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
Duração (dias)*	209	197	184	170	153	172	168	144	198	189	176	157
T_{med} (°C)**	20,5	21,2	21,7	22,5	23	22,9	22,2	21,8	19,3	18,6	18,1	17,5
T_{max} (°C)**	27,6	28,2	28,7	29,3	29,4	29,4	28,9	28,5	27	26,5	26,4	26
T_{min} (°C)**	15,2	16	16,4	17,5	18,3	18,1	17,3	16,8	13,5	12,6	11,6	10,9

* período que se estende desde a data da emergência, considerada o dia em que 50% das plântulas estavam visíveis acima do solo, e término da fase de muda, considerada o dia em que as plantas de cada época atingiram, em média, 20 folhas acumuladas na haste principal. ** Valores obtidos pelas médias aritméticas da temperatura média, máxima e mínima do ar.

Valores diários de temperatura do ar próximos a T_b foram observados nas E1 e E2, as quais apresentaram a maior duração. Não foram registradas temperaturas iguais ou superiores a T_B do urucuzeiro. Valores diários de temperatura do ar próximo a T_{ot} foram registrados principalmente na E8, a qual teve duração menor que as demais épocas, demonstrando que a temperatura do ar é a principal variável que governa o desenvolvimento foliar (ERPEN et al., 2013).

A média e o desvio padrão do filocrono ($^{\circ}\text{C dia.folha}^{-1}$) variaram entre os três métodos de GD, sendo $82,61 \pm 6,45$; $53,56 \pm 4,30$ e $47,03 \pm 3,82$, para os métodos 1, 2 e 3 respectivamente, apresentando decréscimo do método 1 para o método 3.

O método 3, que compara a T_{med} com as temperaturas cardinais (T_b , T_{ot} e T_B) resultou no menor valor médio de DP, sendo indicado o método mais eficiente no cômputo da energia necessária para que uma folha seja emitida pela planta. Resultado semelhante foi obtido por Tomazetti et al. (2015) para cultivares de videira.

De posse do melhor método de GD, procedeu-se a estimativa do filocrono nas doze épocas de semeadura e todas as U.E. Valores representativos do ajuste do método 3 para as E7 e E12 são apresentados na Figura 1.

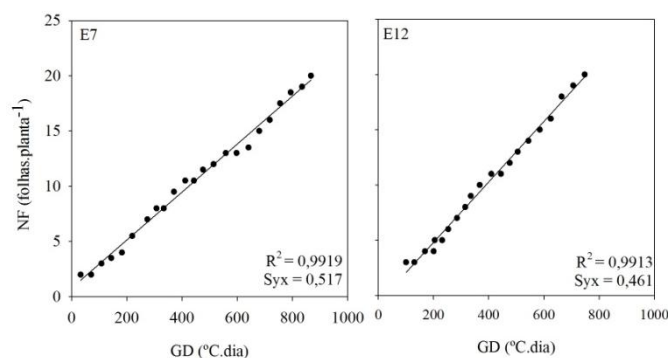


Figura 1. Representação da relação entre o número de folhas emitidas na haste principal (NF) e graus-dia acumulado (GD), pelo método 3, utilizado na estimativa do filocrono para urucuzeiro, nas épocas de semeadura E7 e E12. Os dados de cada painel correspondem a uma unidade experimental. Itajubá (MG), 2015/2016.

O teste de normalidade Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$) realizado para a variável filocrono, mostrou que os dados seguiram o pressuposto de normalidade. A ANOVA mostrou efeito significativo para a fonte de variação época de semeadura, sendo realizada a comparação de médias pelo teste Tukey ($\alpha=0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Médias do filocrono ($^{\circ}\text{C dia.folha}^{-1}$), calculado pelo método de graus-dia 3, para urucuzeiro nas doze épocas de semeadura. Itajubá (MG), 2015/2016.

Época de Semeadura	Filocrono médio
E1	57,57 d*
E2	52,45 cd
E3	48,92 bcd
E4	41,19 ab
E5	49,94 bcd
E6	47,67 bc
E7	51,56 cd
E8	41,12 ab
E9	49,48 bcd
E10	48,29 bcd
E11	40,84 ab
E12	35,27 a
Média geral	47,02

* Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey ($\alpha=0,05$).

As épocas que apresentaram menor valor do filocrono e conseqüente maior desenvolvimento foram: E4, E8, E11 e E12, demonstrando que o maior desenvolvimento das mudas ocorre de maio a setembro, período em que as temperaturas estão mais amenas, padrão semelhante ao observado por Lisboa et al. (2012) para oliveira cv. MSG ASC315.

Analisando o sentido prático do graus-dia, verifica-se que o urucuzeiro necessita de $914,1^{\circ}\text{C dia}$ para atingir a fase de muda e o ponto de transplante. Estes valores são maiores aos encontrados para completar a fase de muda das espécies tropicais de *Eucalyptus grandis* (640°C dia) e *Eucalyptus saligna* (614°C dia) (MARTINS et al., 2007), e menores que as exigências de espécies temperadas e subtropicais como a oliveira cv. MGS ASC 315 (entre $949,6$ a $1052,6^{\circ}\text{C dia}$) (MARTINS et al., 2012).

CONCLUSÕES

O melhor método de cálculo de graus-dia foi aquele que considera as três temperaturas cardinais e as compara com a temperatura média do ar (método 3). A espécie desenvolveu-se diferentemente em função das épocas de semeadura, indicando influência da temperatura do ar no desenvolvimento vegetativo. Épocas com temperaturas do ar mais amenas (E4 e E12) apresentaram menor valor de filocrono.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- COCCO, SCHMIDT D.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; FONTANA, D. C.; PAULA, G. M. Estimated phyllochron in low tunnel cultivated strawberry cultivars. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.9, p.1546-1552, 2016.
- ERPEN, L.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; LANGNER, J. A.; WINCK, J. E. M.; GABRIEL, L. F. Estimativa das temperaturas cardinais e modelagem do desenvolvimento vegetativo em batata-doce. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1230-1238, 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FERREIRA, M. C. **Desenvolvimento vegetativo de três espécies arbóreas**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, 2017.
- FREITAS, C. H.; MARTINS, F. B.; ABREU, M. C. Temperaturas cardinais no desenvolvimento foliar de duas espécies de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. XX, n. XX, p. xxx – xxx, 2017. (no prelo).
- LISBOA, P. M. M.; MARTINS, F. B.; ALVARENGA, M. I. N.; NETO, J. V.; REIS, D. F. Desenvolvimento vegetativo de duas cultivares de oliveira na fase de muda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, p.1556-1562, 2012.
- MARTINS, F. B.; REIS, D.F.; PINHEIRO, M.V. M. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p. 1975-1981, 2012.
- MARTINS, F. B.; SILVA, J. C.; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31 n. 3, p. 373-381, 2007.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA MAMONA (*Ricinus communis* L.), BRS ENERGIA, EM CRUZ DAS ALMAS-BA

Juliana Alcântara Costa¹, Francisco Adriano de Carvalho Pereira², Hans Raj Gheyi³,
Lucas dos Santos Batista⁴, Gerlange Soares da Silva⁵

¹ Mestranda em Eng. Agrícola, NEAS/UFRB, Cruz das Almas, Bahia, juliana-alcantara-
costa@hotmail.com; ² Professor Dr., NEAS/UFRB, Cruz das Almas, Bahia, fadriano64@gmail.com; ³
Professor Dr., NEAS/UFRB, Cruz das Almas, Bahia, hans@agriambi.com; ⁴ Doutorando, NEAS/UFRB,
Cruz das Almas, Bahia, lucasbaptistaufbr@gmail.com; ⁵ Doutorando, NEAS/UFRB, Cruz das Almas,
Bahia, gerlangesoares@hotmail.com

RESUMO: Este trabalho objetivou determinar a evapotranspiração da mamona (*Ricinus communis* L.), cultivar BRS Energia, sob as condições edafoclimáticas de Cruz das Almas-BA, utilizando lisímetros de drenagem e de lençol freático constante. O estudo foi realizado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, localizada no município de Cruz das Almas – BA, com início aos 30 dias após o plantio (DAP) da mamona e final aos 120 DAP. Foram utilizados quatro lisímetros, dois de drenagem e dois de lençol freático constante, instalados em uma área de 815,85 m². A evapotranspiração da mamona apresentou comportamento semelhante ao longo do ciclo nos dois tipos de lisímetros, acompanhando a taxa de crescimento e desenvolvimento da cultura, porém o lisímetro de drenagem apresentou evapotranspiração total acumulada de 821,24 mm, enquanto que a mensurada pelo lisímetro de lençol freático constante foi de 458,93 mm. Tal discrepância ocorreu devido ao manejo da irrigação no lisímetro de drenagem.

PALAVRAS-CHAVE: lisímetro, necessidade hídrica, oleaginosa

EVAPOTRANSPIRATION OF CASTOR BEAN (*Ricinus communis* L.), BRS ENERGIA, IN CRUZ DAS ALMAS-BA

ABSTRACT: This work aimed to determine the evapotranspiration of castor bean (*Ricinus communis* L.), cultivar BRS Energia, under soil and climate conditions of Cruz das Almas-BA, using drainage lysimeters and constant water table. The study was carried out at the Federal University of Recôncavo da Bahia - UFRB, located in the city of Cruz das Almas - BA. It began 30 days after planting (DAP) of castor bean at 120 DAP. It was conducted in four lysimeters, two of drainage and two of constant water table installed in an area of 815.85 m². The evapotranspiration of castor bean presented a similar behavior along the cycle in both types of lysimeters, following the growth rate and development of the crop. However, the drainage lysimeter presented total accumulated evapotranspiration of 821.24 mm, while that measured by the constant water table lysimeter was 458.93 mm. Such discrepancy occurred due to irrigation management in the drainage lysimeter.

KEY-WORDS: lysimeter, water requirement, oleaginous

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Governo Brasileiro vem incentivando a produção de culturas oleaginosas para a produção de biodiesel. No Nordeste, a cultura elencada foi a mamona (*Ricinus communis* L.), devido às condições climáticas e edáficas da região.

A mamona, assim como as demais culturas comerciais, requer condições edafoclimáticas favoráveis, onde a presença de água e nutrientes é exigida em momentos e em quantidades apropriadas.

A evapotranspiração, importante indicador da necessidade hídrica das culturas, representa a transferência total de água, na forma de vapor, pela superfície de uma área vegetada (PEREIRA; SEDIYAMA; VILLA NOVA, 2013), podendo ser dividida entre os processos de evaporação do solo e transpiração pelas plantas (AFANDI; ABDRAHMO, 2015) e o seu volume depende principalmente das características da cultura, como espécie e estágio de crescimento, das condições meteorológicas e climáticas, como a disponibilidade de energia solar, além de fatores de manejo, dentre outros (ALLEN et al., 1998; AFANDI; ABDRAHMO, 2015).

Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006) o lisímetro é um método que permite a determinação direta da evapotranspiração conforme as condições reais de campo, desde que instalados e operados corretamente.

Dessa forma, objetivou-se nesse trabalho determinar a evapotranspiração da mamona (*Ricinus communis* L.), cultivar BRS Energia, sob as condições de Cruz das Almas-BA, utilizando lisímetros de drenagem e de lençol freático constante.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, localizada no município de Cruz das Almas – BA (12°40'19" S, 39°06'23" O e altitude média de 220 m). Teve início aos 30 dias após o plantio (DAP) da mamona (26/10/2016) e foi finalizado aos 120 DAP (24/01/2017).

O experimento foi conduzido em quatro lisímetros, sendo dois de drenagem e dois de lençol freático constante, instalados em uma área de 815,85 m². Cada lisímetro foi constituído de uma caixa de cimento amianto com uma área de cultivo de 1,43 m². Em sua parte inferior foi instalada uma tubulação ramificada, para condução da água percolada dos lisímetros de drenagem até um reservatório coletor.

Aos tanques que constituíram os lisímetros de lençol freático constante foram conectados individualmente a dois reservatórios: um reservatório intermediário, cuja função é manter a profundidade do lençol constante, mediante utilização de uma boia e um extravasador para a drenagem da água excedente, e um reservatório de abastecimento, que permite a recarga do lençol freático e a aferição da água evapotranspirada.

A profundidade do lençol freático adotada foi de 55 cm, e foi estabelecida e acompanhada por meio do poço de observação instalado em ambos os lisímetros de lençol freático constante.

Em cada lisímetro instalou-se três sondas TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo), a 0,15; 0,30 e 0,45m de profundidade, visando acompanhar a umidade do solo, mantendo-a em uma faixa adequada à evapotranspiração potencial pela planta. Na área externa aos lisímetros instalou-se um pluviômetro tipo paulista.

O preparo do solo para a implantação da cultura foi realizado manualmente com uso de enxada para não afetar a estrutura dos lisímetros. Utilizou-se a cultivar BRS Energia, que foi semeada em covas espaçadas de 1 x 1 m, com duas sementes por cova,

tendo sido necessário posterior desbaste, que ocorreu aos 19 dias após plantio. Cada lisímetro ficou com uma planta.

Foram utilizadas as Equações 1 e 2, adaptadas de Bernardo, Soares e Mantovani (2006), para determinação da evapotranspiração nos lisímetros.

(a) Lisímetro de drenagem:

$$ETc = I + P - D \quad (1)$$

(b) Lisímetro de lençol freático constante:

$$ETc = P + RA - D \quad (2)$$

Em que: ETc (mm) é a evapotranspiração da cultura; I (mm) é a irrigação; P (mm) é a precipitação; D (mm) é a água drenada; e RA é a recarga do aquífero.

A irrigação nos lisímetros de drenagem foi realizada com um regador de plástico com crivo, tendo o volume aplicado convertido em lâmina de irrigação. O volume de água percolada, proveniente dos lisímetros de drenagem, também foi convertido em lâmina de drenagem. A recarga do aquífero foi mensurada a partir das leituras diárias do nível de água nos reservatórios de abastecimento dos lisímetros de lençol freático constante, sendo posteriormente convertidas em lâminas de ascensão capilar em milímetros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentadas médias, para um período de sete dias, dos valores da evapotranspiração nos lisímetros de drenagem e lençol freático constante.

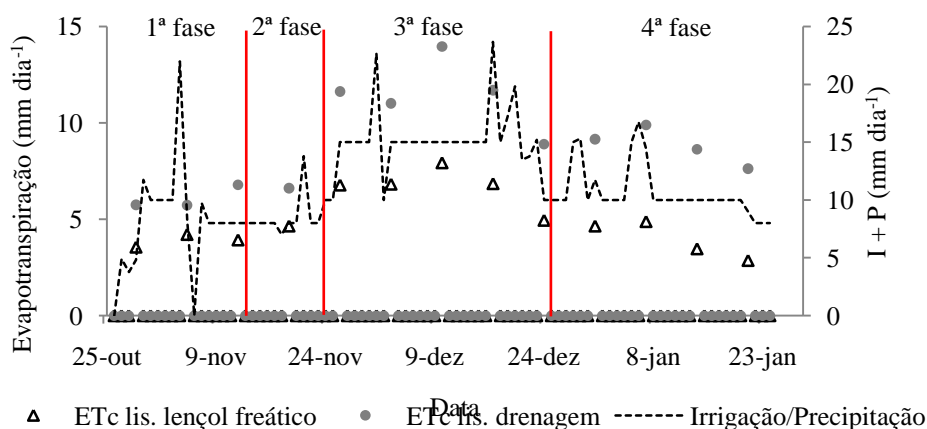


Figura 1. Média de sete dias da evapotranspiração da mamona medida nos lisímetros de drenagem e de lençol freático constante e somatório da lâmina irrigada e precipitada

A média semanal foi realizada já que, para o lisímetro de drenagem, avaliações de ETc diárias não são recomendadas e dentre as escalas de tempo analisadas o período de sete dias foi o que apresentou maior consistência dos dados. Esta é a escala de tempo mínima indicada por Pereira, Sedyama e Villa Nova (2013) para esse tipo de lisímetro.

Nota-se que houve variação na evapotranspiração ao longo de todo ciclo, com padrões característicos em cada fase fenológica, bem como variações diárias. O primeiro tipo de variação deve-se principalmente a fatores de desenvolvimento da cultura, ao seu ganho de massa com consequente aumento da área foliar e necessidade por maior quantidade de fotoassimilados para o desenvolvimento dos frutos na fase

reprodutiva, resultando em maior transpiração. Já as variações diárias devem-se as variações das condições climáticas.

No lisímetro de lençol freático constante a média diária da evapotranspiração em todo o período foi de 5,04 mm dia⁻¹, apresentando valores mínimos de 3,86 mm dia⁻¹ na primeira fase de desenvolvimento, uma vez que nesse período a área foliar era pequena proporcionando uma baixa cobertura do solo. Assim, a maior contribuição para a evapotranspiração veio da evaporação da superfície do solo. Com o início da floração na segunda fase do ciclo houve um progressivo aumento da ETc, com média de 4,45 mm dia⁻¹ para a fase.

Os valores máximos de evapotranspiração no lisímetro de lençol freático constante ocorreram na terceira fase, com média de 6,95 mm dia⁻¹. Esta fase foi a de maior desenvolvimento reprodutivo da mamoneira, e também o período em que a planta apresentou maior área foliar, provocando um acréscimo na transpiração em comparação ao restante do período. Com o início da maturação veio também a senescência das folhas, com conseqüente redução da área foliar havendo diminuição da ETc, já que a média para a fase final foi de 3,99 mm dia⁻¹.

O consumo hídrico total, mensurado no lisímetro de lençol freático constante, durante o período de coletas de dados iniciado aos 30 DAP foi de 458,93 mm. Dias et al. (2015) observaram uma ETc da mamoneira média de 5,18 e 4,96 mm dia⁻¹, valores mínimos de 3,9 mm dia⁻¹, máximos de 6,3 e 5,7 mm dia⁻¹ e total acumulado de 577,9 e 552,3 mm para os anos de 2005 e 2006, respectivamente. A comparação direta desses dados é problemática devido às diferenças climáticas e de metodologia utilizada para o cálculo da ETc, mas serve de referência para avaliar o desempenho deste tipo de lisímetro.

Os maiores eventos de irrigação nos lisímetros de drenagem foram de 15 mm dia⁻¹, no período de maior consumo, que foram necessários para que houvesse percolação. Fica evidente que o comportamento da ETc durante o período foi semelhante em ambos os lisímetros. No entanto, o lisímetro de drenagem apresentou valores de ETc sempre superiores ao de lençol freático, com uma discrepância média de 3,02 mm dia⁻¹.

O consumo de água pela planta entre os 30 DAP e 120 DAP, mensurado no lisímetro de drenagem foi de 821,24 mm. Tal fato pode ser justificado pela frequência na irrigação e volume de água aplicado no lisímetro de drenagem para que houvesse percolação, fazendo com que a camada superior do solo neste lisímetro estivesse sempre com umidade acima da capacidade de campo e acima da umidade para a mesma profundidade no lisímetro de lençol freático constante, favorecendo, portanto, a ocorrência de uma alta taxa de evaporação.

CONCLUSÕES

A evapotranspiração da mamona apresentou comportamento semelhante ao longo do ciclo em ambos os lisímetros acompanhando a taxa de crescimento e desenvolvimento da cultura.

O lisímetro de drenagem apresentou uma evapotranspiração total acumulada de 821,24 mm, superior em relação à mensurada pelo de lençol freático constante, que foi de 458,93 mm.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora.

REFERÊNCIAS

AFANDI, G. E.; ABDRAHMO, M. Evaluation of reference evapotranspiration equations under current climate conditions of Egypt. **Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology**, v. 3, n. 10, p. 819-825, 2015.

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297p. Irrigation and Drainage Paper: 56.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: Editora UFV, 8a Ed. 625p. 2006.

DIAS, J. M. et al. Consumo hídrico e coeficiente de cultivo da mamoneira, cultivar BRS Energia. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 429-444, 2015.

PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas: FUNDAG, 2013. 323p.

COEFICIENTE DE CULTIVO DA MAMONA (*Ricinus communis* L.), BRS ENERGIA, NO RECÔNCAVO DA BAHIA

Juliana Alcântara Costa¹, Francisco Adriano de Carvalho Pereira², Hans Raj Gheyi³,
Lucas dos Santos Batista⁴

¹ Mestranda em Eng. Agrícola, NEAS/UFRB, Cruz das Almas, Bahia, juliana-alcantara-
costa@hotmail.com; ² Professor Dr., NEAS/UFRB, Cruz das Almas, Bahia, fadriano64@gmail.com; ³
Professor Dr., NEAS/UFRB, Cruz das Almas, Bahia, hans@agriambi.com; ⁴ Doutorando, NEAS/UFRB,
Cruz das Almas, Bahia, lucasbaptistaufbr@gmail.com

RESUMO: O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estimar o coeficiente de cultivo da mamona, BRS Energia, utilizando lisímetro de lençol freático constante, para o Recôncavo da Bahia. Foi conduzido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, localizada no município de Cruz das Almas – BA. A evapotranspiração da cultura foi determinada por meio de dois lisímetros de lençol freático constante, instalados em uma área de 815,85 m². Cada lisímetro foi constituído de uma caixa de cimento amianto com uma área de cultivo de 1,43 m². A evapotranspiração de referência foi estimada por meio da equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO 56. O coeficiente de cultivo da mamona foi de 0,77; 1,18; 1,37; 0,81 para as fases de emergência das plantas até a inflorescência do primeiro cacho; final da fase anterior ao surgimento da inflorescência do segundo cacho; final da segunda fase até o início da maturação dos racemos; e do início da maturação até o final do ciclo; respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: necessidade hídrica, Penman-Monteith, lisímetro

CROP COEFFICIENT OF CASTOR BEAN (*Ricinus communis* L.), BRS ENERGIA, IN RECÔNCAVO OF BAHIA

ABSTRACT: The work was carried out with the objective of estimating the castor bean crop coefficient, BRS Energia, using a constant water table lysimeter for the Recôncavo da Bahia region. It was conducted at the Federal University of Recôncavo da Bahia - UFRB, located in the municipality of Cruz das Almas. The evapotranspiration of the crop was determined using two lysimeters of constant water table, installed in an area of 815.85 m². Each lysimeter consisted of an asbestos cement box with a cultivation area of 1.43 m². The reference evapotranspiration was estimated using the Penman-Monteith equation parameterized by the FAO 56. The castor crop coefficient was 0.77 for the emergence phases of the plants up to the inflorescence of the first bunch; 1.18 for the end of the phase before the emergence of the second bunch inflorescence; 1.37 for the end of the second phase until the maturation of racemes begins; 0.81 from the beginning of maturation to the end of the cycle.

KEY-WORDS: water requirement, Penman-Monteith, lysimeter

INTRODUÇÃO

A prática da irrigação, cada vez mais crescente, notadamente otimiza as produções agrícolas, e tende a ser uma ferramenta importante para alavancar a produtividade da mamoneira na região Nordeste do Brasil. Campbell et al. (2015) afirmam que para que haja eficiência na aplicação da irrigação em um sistema de cultivo de mamona, é indispensável quantificar o uso da água em cada fase de cultivo para aquela determinada região.

A necessidade hídrica das culturas é geralmente calculada de acordo com a abordagem padrão da FAO (ALLEN et al., 1998) empregando a Evapotranspiração de referência (ET_0) e um coeficiente de cultivo (K_c).

Porém, enquanto as principais culturas de campo têm sido objeto de muitos estudos em lisímetros, os valores de K_c de culturas de menor interesse agrícola são frequentemente estimados com base num número menor de estudos em que ET é determinada com métodos alternativos de menor precisão (LÓPEZ-URREA et al., 2009).

Doorenbos e Pruitt (1977) desenvolveram coeficientes de cultivo para diversas culturas de interesse agrícola, dentre elas a mamoneira, caracterizando seus estádios de desenvolvimento da seguinte forma: Germinação e crescimento inicial, quando a superfície do solo muito pouco ou quase nada é coberto pela cultura, com K_c de 0,35; Do final da fase anterior até uma cobertura com sombreamento completo, com K_c de 0,75; Do estádio anterior até o início da maturação, cujo K_c é 1,05; E da fase anterior até a maturação completa ou colheita, K_c de 0,5.

Entretanto, os dados de K_c encontrados na literatura devem servir como referencial quando não houver dados da região onde a cultura será instalada. Entretanto, é desejável a estimativa de K_c para as condições reais da área em razão das condições climáticas e das práticas agrícolas adotadas em cada região (PEREIRA; ALLEN, 1997).

Dessa forma, objetivou-se neste trabalho estimar o coeficiente de cultivo da mamona, BRS Energia, utilizando lisímetro de lençol freático constante e a equação de Penman-Monteith, para o Recôncavo da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, localizada no município de Cruz das Almas – BA ($12^{\circ} 40' 19''$ S, $39^{\circ} 06' 23''$ O e altitude média de 220m). Teve início aos 30 dias após o plantio (DAP) da mamona (26/10/2016) findando aos 120 DAP (24/01/2017).

A evapotranspiração da cultura foi determinada através de dois lisímetros de lençol freático constante, instalados em uma área de $815,85m^2$. Cada lisímetro foi constituído de uma caixa de cimento amianto com uma área de cultivo de $1,43m^2$. Apresentam uma borda lateral de 5 cm acima da superfície do solo visando evitar o escoamento da água precipitada no entorno para o seu interior. Na sua parte inferior possuem uma camada de dois centímetros de brita zero e outra de igual espessura de areia lavada. Entre estas camadas foi instalada uma tubulação ramificada de PVC de 32 mm, perfurada em toda a sua extensão, que se prolonga até um poço de coleta.

Aos tanques que constituíram os lisímetros de lençol freático constante foram conectados individualmente a dois reservatórios: um reservatório intermediário, cuja função foi manter a profundidade do lençol constante, mediante utilização de uma boia e um extravasador para a drenagem da água excedente, e um reservatório de

abastecimento, que permite a recarga do lençol freático e a aferição da lâmina evapotranspirada.

Em cada lisímetro instalou-se três sondas TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo), a 0,15; 0,30 e 0,45m de profundidade, visando acompanhar a umidade do solo, mantendo-a em uma faixa adequada à evapotranspiração potencial pela planta. Na área externa aos lisímetros instalou-se um pluviômetro tipo paulista.

O preparo do solo para a implantação da cultura foi realizado manualmente com uso de enxada para não afetar a estrutura dos lisímetros. Utilizou-se a cultivar BRS Energia, que foi semeada em covas espaçadas de 1m x 1m, com duas sementes por cova, tendo sido necessário posterior desbaste, que ocorreu aos 19 dias após plantio. Cada lisímetro ficou com uma planta.

A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo e os tratos culturais, como capina, foram realizados periodicamente e de forma manual evitando danificar as estruturas. A recarga dos lisímetros foi mensurada a partir das leituras diárias do nível de água nos reservatórios de abastecimento, sendo posteriormente convertidas em lâminas de ascensão capilar em milímetros.

A evapotranspiração de referência foi estimada por meio da equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO 56 (ALLEN et al., 1998), de acordo com a seguinte expressão:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34u_2)} \quad (1)$$

Em que: ET_0 é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); Rn é a radiação líquida ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); T é a média diária da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); u_2 é a velocidade do vento (m s^{-1}); e_s é a pressão da saturação de vapor (kPa); e_a é a pressão de vapor atual (kPa); $(e_s - e_a)$ é o déficit de saturação de vapor (kPa); Δ é a inclinação da curva da pressão de vapor versus temperatura ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); e γ é a constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

O coeficiente de cultivo (K_c) foi calculado para cada fase de desenvolvimento utilizando a relação apresentada na Equação 2 (ALLEN et al., 1998), em que empregou-se a ET_0 estimada tanto pelo método de Penman-Monteith.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo produtivo da cultura foi caracterizado conforme a ocorrência dos principais eventos fenológicos, sendo dividido em quatro fases, cuja definição foi feita de acordo com as observações de campo. Doorenbos e Pruitt (1977) recomendam, para culturas extensivas, que o período vegetativo total seja dividido em quatro fases: inicial, de crescimento, período intermediário e período final.

Os coeficientes de cultivo, para os diferentes estádios de desenvolvimento em um ciclo de cento e vinte dias, estão apresentados na Figura 1 e Tabela 1.

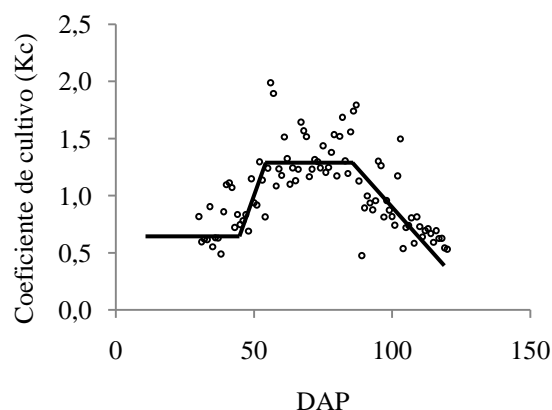


Figura 1. Coeficiente de cultivo da mamona, em função do número de dias após o plantio, mensurado através da ET_c pelo lisímetro de lençol freático e ET_0 PM 56.

Tabela 6. Coeficiente de cultivo médio para as fases fenológicas da mamona

Fase	Descrição fenológica da fase	Kc
I	Germinação até inflorescência do 1º cacho	0,77
II	Final da I fase até inflorescência do 2º cacho	1,18
III	Final da II fase até início da maturação	1,37
IV	Início da maturação até o fim do ciclo	0,81

Por meio da Figura 1 é possível perceber que houve variação no coeficiente de cultivo ao longo de todo ciclo, que se deu principalmente por fatores relacionados ao desenvolvimento da cultura, ao seu ganho de massa com conseqüente aumento da área foliar e desenvolvimento dos frutos na fase reprodutiva que fazem com que a planta transpire em maior quantidade, como também à senescência das folhas que ocorre no final do ciclo provocando um declínio na transpiração da planta. Já a variação diária do Kc pode estar relacionada às condições climáticas como temperatura, radiação, velocidade do vento e umidade relativa que podem variar em escala diária, influenciando na evapotranspiração e conseqüentemente no Kc.

Os valores de Kc foram elevados na fase inicial. Doorenbos e Pruitt (1977) comentam que, na fase de crescimento inicial, com a baixa cobertura do solo, a evaporação na superfície pode ser considerável, principalmente quando este permanece úmido a maior parte do tempo. Dias et al. (2015) observou valores de Kc's para a mamoneira de 0,72; 0,92; 1,00; 1,17 e 0,92, para o ano de 2005 e 0,76; 0,93; 1,00; 1,20 e 0,92, para o ano de 2006, em cujas fases foram descritas anteriormente. Considerando que as duas primeiras fases de desenvolvimento admitidas pelos autores correspondem à primeira fase admitida neste trabalho, os dados se mostram semelhantes.

CONCLUSÕES

O coeficiente de cultivo da mamona, BRS Energia, no Recôncavo da Bahia, foi de 0,77; 1,18; 1,37; 0,81 para as fases de emergência das plantas até a inflorescência do primeiro cacho; final da fase anterior ao surgimento da inflorescência do segundo cacho; final da segunda fase até o início da maturação dos racemos; e período entre o início da maturação e o final do ciclo; respectivamente.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297p. Irrigation and Drainage Paper: 56.

CAMPBELL, D. N.; NA, C.; ROWLAND, D. L.; SCHNELL, R. W.; FERRELL, J. A.; WILKIE, A. C. Development of a regional specific crop coefficient (Kc) for castor (*Ricinus communis* L.) in Florida, USA by using the sap flow method. **Industrial Crops and Products**, v. 74, p.465-471, 2015.

DIAS, J. M. et al. Consumo hídrico e coeficiente de cultivo da mamoneira, cultivar BRS Energia. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 429-444, 2015.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 144p. Irrigation and Drainage Paper: 24.

LÓPEZ-URREA, R. et al. Evapotranspiration and responses to irrigation of broccoli. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 7, p. 1155-1161, 2009.

PEREIRA, L, S.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Engenharia Agrícola**, v.16, p.118-143, 1997.

VARIABILIDADE DA TEMPERATURA FOLIAR DO FEIJÃO-CAUPI EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

Erika de Oliveira Teixeira¹, Deborah Luciany Pires Costa², Igor Cristian de Oliveira Vieira³, Vivian Dielly da Silva Farias⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁵

¹Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, PA, erikateixeira@hotmail.com; ²Eng. Agrônoma (Doutoranda em Agronomia), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, deborahpires.agro@gmail.com; ³Graduando em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, PA, cristianigor67@gmail.com; ⁴Dr^a em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, PA, viviandielly19@yahoo.com.br; ⁵Meteorologista (Dr. em Agrometeorologia), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, [paulo.jorge@ufra.edu.br](mailto: paulo.jorge@ufra.edu.br)

RESUMO: O feijão-caupi é uma cultura de grande relevância socioeconômica às regiões Norte e Nordeste do Brasil. Objetivou-se com este trabalho avaliar a variabilidade da temperatura foliar do feijão-caupi em diferente disponibilidade hídricas. Para tanto foi cultivado 0,3 ha da cultivar BR3-Tracuateua, no centro da área foi instalada e instrumentada um torre micrometeorológica de 3m. O delineamento foi em blocos ao acaso, 6 blocos e 4 tratamentos, estes foram 100%, 50%, 25% e 0% da ETc diária. Os resultados correspondem à fase reprodutiva, nos estádios fenológicos R7, R8 e R9. De modo geral, as T_{fol} foram mínimas, em todos os tratamentos, aos 50 DAS e máximas aos 57 DAS, em que o tratamento que não recebeu nenhum de tipo de irrigação apresentou variabilidade com maiores valores e distantes da variabilidade da T_{ar} , em contrapartida, o controle foi o que apresentou menores valores de temperatura e a sua variabilidade manteve-se próxima a T_{ar} . Houve diferença estatística, ao nível de 5% de probabilidade do teste de Tukey, em todos os dias avaliados, com exceção aos 50 DAS.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata*; variáveis meteorológicas; irrigação.

VARIABILITY OF THE FOLIAR TEMPERATURE OF COWPEA CULTURE IN DIFFERENT HYDROTIC AVAILABILITIES

ABSTRACT: Cowpea is a crop of great socioeconomic relevance in the North and Northeast regions of Brazil. The objective of this work was to evaluate the variability of leaf temperature of cowpea in different water availability. For that was cultivated 0.3 ha of farming BR3-Tracuateua in the center of the area was installed and instrumented one micrometeorological tower 3m. The design was in randomized blocks, 6 blocks, and 4 treatments, these were 100%, 50%, 25% and 0% of daily ETc. The results correspond to the reproductive phase, in the phenological stages R7, R8, and R9. Generally, T_{fol} Were minimal in all treatments at 50 DAS and maximum at 57 DAS, in which the treatment that did not receive any irrigation type showed variability with higher values and far from the variability of T_{ar} . In contrast, the control presented the lowest temperature values and its variability remained close to T_{ar} . There were statistically significant differences at the level of 5% probability by Tukey's test, in all evaluated days, except at 50 DAS.

KEY-WORDS: *Vigna unguiculata*; meteorological variables; irrigation.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), conhecido também como feijão-da-colônia, é uma leguminosa predominantemente cultivado na região Norte e Nordeste do Brasil, sendo fonte de alimento, principalmente, para a população de baixa renda, devido ao seu alto valor nutritivo (FREITAS et al., 2014).

A produção nacional do feijão-caupi, nos anos de 2002 e 2011, esteve entre 400 e 800 mil toneladas, recebendo destaque as regiões Norte e Nordeste (TAKAKI; COSTA, 2014). No ranking de produção do Brasil, o Pará ocupa o quarto lugar, com volume produzido de 42,94 mil toneladas. Entretanto, a produção decresceu nos últimos anos, entre os motivos estão a falta de informações sobre o manejo adequado às variações meteorológicas (FREITAS et al., 2014).

A água é o elemento primordial para o bom funcionamento do metabolismo vegetal (NUNES, 2012). Esta contribui para os processos fisiológicos da planta, promovendo a expansão celular e o crescimento desta (TAIZ; ZEIGER, 2013). Além de favorecer o equilíbrio térmico do vegetal, através da transpiração (BASTOS et al., 2012). Segundo Castro Junior et al. (2015), a irrigação é um método de maximização da produtividade na agricultura. Assim, é indispensável o conhecimento das necessidades de cada cultura, para que a água seja utilizada de maneira racional no processo de irrigação.

Objetivou-se com este estudo analisar a variabilidade da temperatura foliar da cultura do feijão caupi em diferentes disponibilidades hídricas, Castanhal-PA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre os meses de setembro/2016 a novembro/2016 conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia, localizada em Castanhal-PA (1°19'24.48"S e 47°57'38.20"W). O solo da área é Latossolo amarelo de textura franco arenoso. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Af.

No centro da área experimental (0,3 ha de plantio de caupi, cultivar BR3-Tracuateua) foi instalada uma torre micrometeorológica de 3 m de altura, esta foi instrumentada com sensores de radiação solar global, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, e precipitação pluviométrica. Estes foram conectados a um *datalogger* CR10X (Campbell Scientific) e a um multiplexador AM416 (Campbell Scientific) com leituras feitas a cada 10 segundos e gravação das médias a cada 10 minutos. Para o cálculo de pressão de saturação de vapor d'água (es), dada em kPa, foi utilizada a equação de Tetens (1930).

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com 6 blocos e 4 tratamentos, correspondentes a 100%, 50%, 25% e 0% lâminas de irrigação em função da evapotranspiração da cultura (ET_c diária). Os tratamentos descritos foram aplicados no início da fase reprodutiva. Para a medição da temperatura foliar utilizou-se um termômetro de infravermelho modelo 8601 (TASI, Inc.), cujas medições foram realizadas durante a fase reprodutiva do vegetal, em três horários distintos, os quais correspondem às 9h, 13h, 17h, utilizando-se três repetições por tratamento. As medidas foram submetidas à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados correspondem a fase reprodutiva, nos estádios fenológicos R7, R8 e R9, que ocorreram aos 45 a 65 dias após a semeadura (DAS). As variáveis meteorológicas Radiação Global (Rg), Umidade Relativa (UR), Déficit de pressão de Vapor (DPV) e Umidade do Solo (US) apresentaram média, desvio e amplitude conforme apresentado na Tabela 1 e as Figuras 1b e 1c. Para este mesmo período a precipitação acumulada (PP) foi de 9,16 mm.

Tabela 1. Variáveis Ambientais, valores médios correspondente de 45 a 64 DAS, cultivo de feijão-caupi 2016, Castanhal-PA.

	Rg (MJ m ⁻² dia ⁻²)	UR (%)	DPV (kPa)	US (cm ³ cm ⁻³) nas diferentes lâminas de irrigação em função da Evapotranspiração da cultura (ETc)			
				100%	50%	25%	Sem irrigação
Média	21,8	71,0	1,1	0,23	0,19	0,16	0,09
±	3,2	2,4	0,1	0,01	0,03	0,02	0,01
Mínimo	16,6	68,3	0,8	0,22	0,14	0,12	0,08
Máximo	26,9	76,4	1,2	0,24	0,21	0,19	0,13

Todos os dias, de maneira geral, apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com exceção aos 50 DAS, em que não houve diferença em nenhum dos tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Médias de Temperatura foliar (°C) em diferentes disponibilidades hídricas.

DAS	Temperatura foliar média (°C)								
	100% da ETc		50% da ETc		25% da ETc		Sem irrigação		(CV %)
45	27,4	a	27,4	b	27,3	ab	28,1	ab	1,6
47	27,5	a	27,5	b	27,4	b	28,9	b	2,2
48	28,8	a	28,9	ab	29,5	b	30,3	b	2,5
50	24,8	a	25,2	a	25,4	a	26,4	a	3,8
51	25,4	a	25,6	b	25,9	b	27,4	b	3,3
53	26,2	a	26,7	b	26,8	b	28,9	b	2,3
55	26,4	a	26,7	b	28,9	c	31,0	c	3,1
57	30,5	a	30,8	b	32,1	bc	34,1	c	2,3
59	29,3	a	30,0	ab	30,8	bc	31,5	c	2,8
64	28,6	a	29,4	b	30,0	bc	32,0	c	2,1

- Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

A T_{ar} média foi de 27,3 (±0,5) °C, variando entre um mínimo de 26,5°C (aos 45 DAS) e um máximo de 28,1°C (aos 48 DAS). A T_{fol} para o tratamento controle, ou seja, que recebeu 100% da lâmina de irrigação foi em média de 27,5 (±1,9) °C, apresentando valor mínimo de 24,6 °C e máximo de 30,5 °C. Para o tratamento com lâmina de 50% da ETc, a T_{fol} média foi de 27,8 (±1,9) °C, variando entre 25,9 a 30,8°C (Figura 1d).

Enquanto que no tratamento com 25% da ETc, a T_{fol} média foi de 28,4 (±2,2)°C, com amplitude entre 25,4 e 32,1 °C. E para o tratamento sem irrigação a T_{fol} média foi de 29,9 (±2,4)°C, variando entre 26,4 e 34,1°C. De modo geral, as T_{fol} foram mínimas, em todos os tratamentos, aos 50 DAS e máximas aos 57 DAS, em que o tratamento que não recebeu nenhum de tipo de irrigação apresentou variabilidade com maiores valores e distantes da variabilidade da T_{ar}. Em contrapartida, o controle foi o que apresentou menores valores de temperatura e a sua variabilidade manteve-se próxima a T_{ar} (Figura 1d).

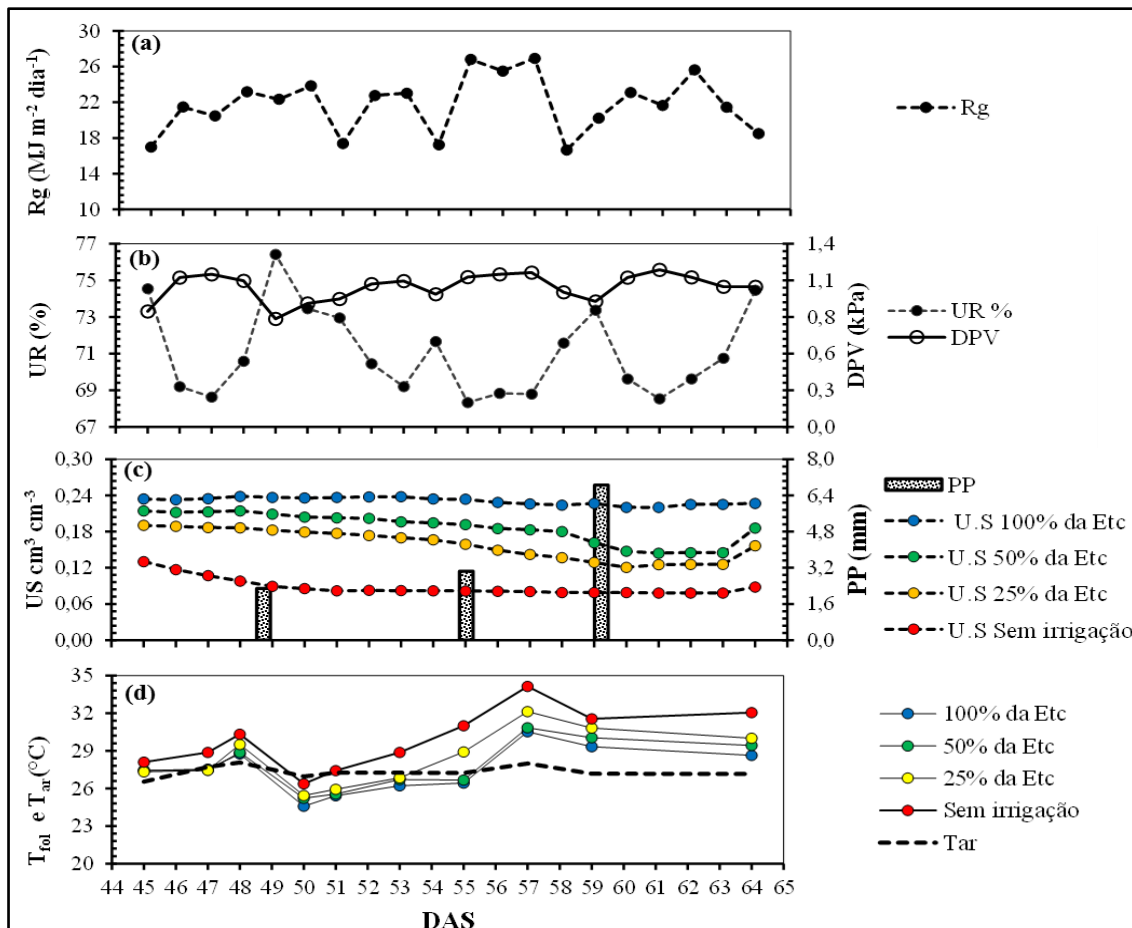


Figura 1. Variabilidades das condições climáticas e da Temperatura foliar (T_{fol}) do feijão caupi, correspondendo aos 45 a 64 dias após a semeadura (DAS) em Castanhais-PA. Em (a) radiação global incidente (Rg); em (b) Umidade Relativa (UR) e Déficit de Pressão de Vapor (DPV); em (c) Umidade do Solo (US) e Precipitação (PP); em (d) Temperatura do ar (T_{ar}) e Temperaturas Foliares em diferentes tratamentos de lâmina de irrigação.

Nascimento et al. (2011) realizaram um estudo com diferentes genótipos de feijão caupi em estresse hídrico nas condições climáticas de Teresina-PI. No tratamento com déficit hídrico foi identificada temperatura foliar de 33,4°C e no sem déficit hídrico de 29,9°C. Apesar dos valores médios diferirem dos encontrados no presente trabalho, a variabilidade tem o mesmo padrão, sendo que quanto maior a disponibilidade hídrica, menor é a temperatura foliar. Já quando a disponibilidade hídrica é baixa, expressa no tratamento sem irrigação, a temperatura foliar tende a aumentar, uma vez que a planta entra em déficit hídrico, vinculada fisiologicamente ao mecanismo do fechamento estomático, ou seja, diminuindo as perdas de água em forma de vapor, já que a quantidade de água no solo é inferior à transpirada, ou seja, a planta encontra-se em estresse térmico, ocasionado pela ausência de água.

CONCLUSÕES

Verificou-se que ao nível de 5% de probabilidade houve diferença estatística entre os dias avaliados, com exceção aos 50 DAS, quando os tratamentos foram iguais. E que o tratamento sem irrigação sofreu estresse térmico, uma vez que à ausência de água dificulta o resfriamento do vegetal, provocando o aumento na temperatura foliar,

sendo este fator avaliado aquela que mais se distanciou dos valores da temperatura do ar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade do quinto autor (processo nº 311145/2013-2). À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

BASTOS, E.A.; RAMOS, H.M.M.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, Campina Grande, v.1, n.1, p.31-37, 2012.

CASTRO JÚNIOR, W.L.; OLIVEIRA, R.A.; SILVEIRA, S.F.R. Viabilidade econômica de tecnologias de manejo da irrigação na produção do feijão-caupi, na região dos Cocais-MA. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.35, n.3, p.406-418, maio/jun. 2015.

FREITAS, R.M.O.; DOMBROSKI, J.L.D.; FREITAS, F.C.L. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 393-401, Mar./Apr. 2014.

NASCIMENTO, S.P.; BASTOS, E.A.; et al. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.853–860, 2011.

NUNES, A.S. **Termometria por infravermelho como indicador de estresse hídrico em planas de feijão-caupi**. 2012. 61f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TAKAKI, A.Y.; COSTA, D.L.P. **Condutância estomática do feijão-caupi submetido a diferentes regimes hídricos em Castanhal, Pará**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2014.

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS POR SOLARIZAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO

Mariana Poll Moraes¹, Sidinei Zwick Radons², Guilherme Masarro Araújo³

¹Acadêmica de agronomia, UFFS, Cerro Largo, RS, maripollmoraes@gmail.com; ² Professor adjunto, UFFS, Cerro Largo, RS, sidineiradons@gmail.com; ³ Acadêmico de agronomia, UFFS, Cerro Largo, RS, guilhermearaujo93@hotmail.com.

RESUMO: Os produtores de hortaliças enfrentam, frequentemente, problemas com a germinação e emergência de plantas daninhas em seus canteiros produtivos. Cada vez mais, surgem pesquisas focadas em métodos de controle eficientes e que não comprometam as questões ambientais, assim como as populações de microrganismos benéficos do solo e ao equilíbrio biológico. Uma alternativa visando um manejo mais sustentável seria a solarização do solo. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes períodos de solarização (30 dias, 20 dias, 10 dias, 5 dias, 3 dias, 1 dia e testemunha) em latossolo vermelho, nas dependências da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo- RS. O experimento foi realizado no mês de janeiro, onde cada parcela experimental recebeu plástico transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 120 micras. A área foi irrigada com sistema de gotejamento sob o plástico, mantendo cada parcela úmida até sua capacidade de campo. Após cada período respectivo de solarização, o plástico foi retirado. Amostras foram levadas a casa de vegetação, avaliando-se o banco de plantas daninhas pelo método direto, na profundidade de 0-10 cm e de 10-20 cm de cada parcela. A emergência de plantas daninhas também foi acompanhada a campo. As altas temperaturas associadas ao aumento da umidade do solo, mostraram-se eficientes para diminuir a viabilidade do banco de sementes de daninhas do solo, comprovando que é possível manejar áreas horticoltoras com solarização.

PALAVRAS-CHAVE: hortaliças, manejo biológico, plantas indesejáveis, cobertura do solo.

WEED CONTROL RED OXISOL BY SOLARIZATION

ABSTRACT: Vegetable growers often deals with problems of weed germination and emergence in their productive beds. There are an increasingly number of research focusing on efficient control methods that does not compromise environmental issues and beneficent micro-organism population, along with the biologic equilibrium. The soil solarization is an alternative that aims for a more sustainable management. So, the aim of this work was to evaluate different solarization periods (30 days, 20 days, 10 days, 5 days, 3 days, 1 days and witness) in red OXISOLS in Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo – RS. The experiment was conducted in January, where each experimental plot receive transparent polyethylene plastic of low density (PEBD) of 120 micras. The area was irrigated by dripping system under the plastic, keeping each portion wet until it reaches its field capacity. After each respective solarization period, the plastic was removed. Weed emergence was accompanied at field. High temperature associated with the increase of soil moisture, shown efficient to reduce the viability of the bank of weed seeds at the soil, proving that it is possible to manage horticultural area with solarization.

KEY-WORDS: vegetables, biologic control, undesirable plant, the soil coating.

INTRODUÇÃO

Na produção de hortaliças um problema frequente tem sido a ocorrência dessas plantas indesejáveis, tornando a produção mais difícil de ser manejada, além de demandar maior mão de obra, o que conseqüentemente torna a produção mais onerosa e diminui a lucratividade do produtor. Outro fator negativo, é a competição que as mesmas estabelecem com a cultura desejável por fatores do ambiente, prejudicando assim seu desenvolvimento. Com isso os agricultores passam grande parte do tempo de produção investindo em maneiras de controlar as plantas daninhas.

Devido à preocupação com uso de agroquímicos com muita frequência, tem-se focado cada vez mais em manejos integrados e que permitam manter o equilíbrio biológico nos locais de cultivo. As pesquisas estão avançando fortemente na área de métodos que diminuam os riscos aos produtores e consumidores, maximizem lucros com a diminuição de gastos produtivos e que sejam socioambientalmente sustentáveis.

A técnica da solarização consiste em cobrir o solo úmido com um filme de plástico transparente. Onde, a luz solar, propagada por radiação de ondas curtas, atravessa o plástico e aquece o solo. Em contrapartida, a energia emitida pelo solo, se propaga em ondas longas, sendo retida pelo plástico e ficando a temperatura sob ele mais elevada. Com o tempo, o solo se aquece e o calor é transmitido com grande eficiência pela umidade a profundidades maiores. Esse aquecimento causa a morte de sementes de plantas daninhas (FONTES et al., 2003).

Na literatura, tem-se a recomendação de aplicações do plástico por dois a quatro meses (KATAN, 1981; GHINI et al., 2003). Entretanto, para o Rio Grande do Sul são escassos os trabalhos realizados e há necessidade de definição do melhor tempo de solarização para controle eficiente das plantas espontâneas, especialmente em diferentes condições de solo. Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar a eficiência da solarização sobre o banco de sementes do solo submetido a diferentes períodos de tratamento, em LATOSSOLO VERMELHO.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, *Campus* Cerro Largo, no mês de janeiro, quando são registradas as máximas de temperatura na região. As características geográficas são: altitude média de 253 metros, 54°45'25"O e 28°08'31"S. O solo no local é um latossolo vermelho e o clima classificado como Cfa, segundo a classificação climática de Köppen, ou seja, subtropical, com verões quentes e sem estação seca definida (ALVARES et al. 2013).

O local, que anteriormente encontrava-se em pousio, recebeu tratamentos culturais, consistindo em subsolagem, destorroamento e nivelamento do solo, a fim de evitar a presença de torrões, que favorecem a formação de bolsões de ar entre o solo e o filme plástico, além de objetos pontiagudos, que podem danificar o plástico, reduzindo a eficiência da solarização. O preparo do solo foi executado cinco dias antes do início da solarização de cada tratamento com o uso de encanteiradora acoplada em trator de rabiça.

Foi desenvolvido um sistema de irrigação por gotejamento, para irrigar as parcelas sob o plástico mantendo-as úmidas até sua capacidade de campo. O experimento recebeu irrigação a cada cinco dias.

Seguiu-se o delineamento de blocos ao acaso, compreendendo a três blocos com sete parcelas cada, totalizando em vinte e uma unidades experimentais. Cada parcela

media 1,50 m de comprimento por 1,20 m de largura. A altura do canteiro era de 0,30 m.

Os tratamentos foram 30 dias, 20 dias, 10 dias, 5 dias, 3 dias, 1 dia e 0 dia (testemunha) de solarização. Assim cada parcela recebeu plástico transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 120 micras, cortado para além das medidas do canteiro, pois suas bordas eram enterradas e vedadas totalmente nas extremidades com solo.

Os plásticos foram instalados em diferentes datas para que sua retirada coincidissem no mesmo dia. Assim sendo, no momento que se retirou os plásticos todas as unidades experimentais conferiam os mesmos fatores ambientais aos seus bancos de sementes. Avaliou-se a emergência de plantas daninhas e a devida identificação das mesmas a cada 15 dias no local onde foi implantado o experimento (canteiros). Para contar e identificar as plântulas daninhas, foi utilizado um quadrado de madeira de área 0,25 m² (0,50 m x 0,50 m) disposto aleatoriamente sobre cada parcela. Após a primeira avaliação e disposição do quadrado, a área em que foi efetuada a avaliação foi demarcada com estacas de madeira para que as próximas contagens e identificações fossem realizadas no mesmo local.

Os dados foram submetidos à ANOVA em 5% de significância pelo teste F e, em caso de significância, realizou-se análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de trabalho, foram identificadas 12 espécies de plantas daninhas no local estudado. Algumas das espécies mais nocivas da região foram encontradas na área experimental. Os exemplares presentes foram: *Amaranthus hybridus* (caruru), *Lolium multiflorum* (azevém), *Ipomoea triloba* (corda-de-viola), *Urochloa plantaginea* (capim marmelada ou papuã), *Sida urens* (guanxuma), *Digitaria sanguinalis* (capim colchão), *Raphanus raphanistrum* (nabo), *Richardia brasiliensis* (poaia branca) e *Commelina benghalensis* (traboeraba).

O capim marmelada e poaia branca não foram identificadas como plântulas emergidas nas amostras conduzidas a casa de vegetação, estando presente somente nas contagens à campo. Picão-preto, serralha e apaga-fogo somente foram identificadas plântulas na casa de vegetação. O apaga-fogo só apresentou um único indivíduo ao longo do experimento.

Como pode-se observar na **Figura 1**, *Amaranthus hybridus*, *Sonchus oleraceus* e *Commelina benghalensis* foram as que apresentaram apresentaram interações significativas com os tratamentos, evidenciando a eficácia de controle de plantas daninhas em LATOSSOLO VERMELHO com solarização. No entanto, as demais espécies não apresentaram interação significativa entre os tratamentos.

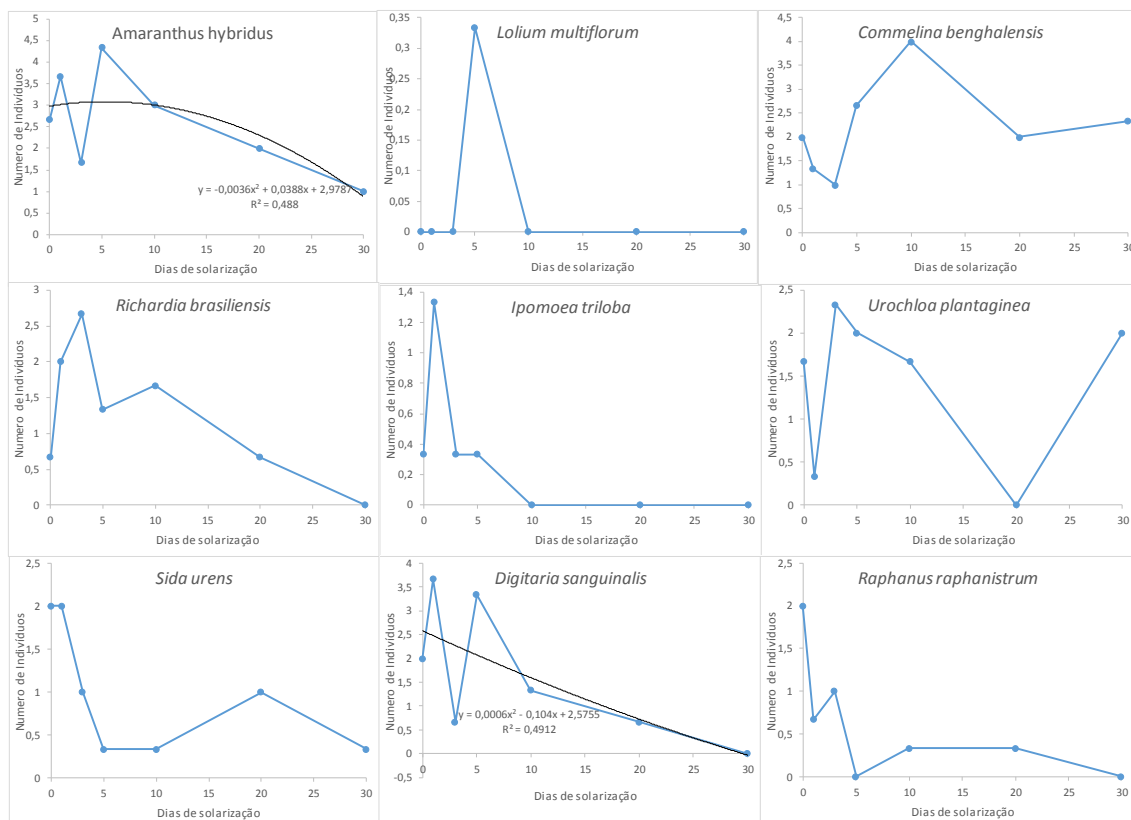


Figura 1. Gráficos das espécies encontradas nas avaliações à campo. Contendo a curva de regressão quando as amostras apresentam interação significativa entre os tratamentos.

Para a *Commelina benghalensis*, observa-se um elevado número de indivíduos. Isso pode ser explicado pelo fato da mesma ter reprodução assexuada, ou seja, por partes de caule e não somente via sementes (LORERNZI, 2014) evidenciando a dificuldade no controle. A trapoeraba ainda possui duas estruturas seminíferas (especializadas na produção de semente), sendo ela uma aérea e outra subterrânea, evidenciando a maior agressividade da espécie (CARVALHO, 2013).

Amaranthus hybridus, outra espécie de destaque nas amostragens, além de ser bem adaptada às condições de alta insolação e às temperaturas típicas das regiões áridas e semiáridas, é um ótimo indicador da qualidade do solo, essencialmente de solos ricos em potássio (MAPA, 2010). O fator da alta disponibilidade de potássio foi evidenciado em análises de solo de trabalhos feitos na área onde se instalou o experimento.

Houve efeito significativo dos tratamentos apenas para duas espécies. Todavia, os resultados observados podem ser explicados por várias razões recorrentes. Pereira e Velini (2003), relata que durante os quatro anos em que analisou a dinâmica populacional de daninhas, o primeiro ano se sobressaiu sob os demais quanto ao número de indivíduos. O presente trabalho foi avaliado por um curto espaço de tempo, podendo ser que avaliações a longo prazo trariam resultados mais satisfatórios e significativos.

As condições fornecidas pela instalação e retirada do plástico aliadas a umidade, também podem ter interferido no mecanismo de dormência, tornando mais complexo o manejo. Além do mais, os picos de emergência podem ser explicados pelos fluxos germinativos desuniformes, característico de plantas invasoras. Estes fatos podem trazer o motivo deste trabalho ter se mostrado diferente dos resultados encontrados na literatura.

CONCLUSÕES

Após elucidação dos fatores que podem ter levado a tais resultados, verificou-se efeito significativo da duração do período de solarização sobre o banco de sementes de plantas daninhas no solo, para algumas espécies.

REFERÊNCIAS

ALVARES C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. v. 22, p. 711-728, 2013.

CARVALHO, L. B., **Herbicidas**. 1 ed. Lages, SC: Autor, 2013. 62 p.

FONTES, J. R. A.; SHIRATSUCHI, L. S.; NEVES, J. L.; JÚLIO L. de; FILHO J. S.. **Manejo integrado de plantas daninhas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 48 p.— Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 103) 1. Planta daninha - manejo. 2. Impacto ambiental. 3. Agricultura sustentável. I. Neves, Jonas Lopes. II. Título. III. Série

GHINI, R.; et al. Efeito da solarização do solo sobre propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 7-19, 2003.

KATAN, J. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Annual Review of Phytopathology*, v. 19, p. 211-236, 1981.

KATAN, J., GREENBERGER, A.; ALON, H. **Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens**. *Phytopathology*, Saint Paul, v. 66, p.683-688, 1976.

MAPA. **Manual de hortaliças não-convencionais**: 1 ed. Brasília: [s.n.], 2010. p. 57-58.

PEREIRA, F. A. R.; VELINI, E. D. Sistema de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 21, n. 3, p. 355-363. 2003

SOLARIZAÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE O BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS

Mariana Poll Moraes¹, Sidinei Zwick Radons², Guilherme Masarro Araújo³

¹Acadêmica de agronomia, UFFS, Cerro Largo, RS, maripollmoraes@gmail.com; ² Professor adjunto, UFFS, Cerro Largo, RS, sidineiradons@gmail.com; ³ Acadêmico de agronomia, UFFS, Cerro Largo, RS, guilhermearaujo93@hotmail.com.

RESUMO: Os produtores de hortaliças enfrentam, frequentemente, problemas com a germinação e emergência de plantas daninhas em seus canteiros produtivos. Cada vez mais, surgem pesquisas focadas em métodos de controle eficientes e que não comprometam as questões ambientais, assim como as populações de microrganismos benéficos do solo e ao equilíbrio biológico. Uma alternativa visando um manejo mais sustentável seria a solarização do solo. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes períodos de solarização (30 dias, 20 dias, 10 dias, 5 dias, 3 dias, 1 dia e testemunha) em latossolo vermelho, nas dependências da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo- RS. O experimento foi realizado no mês de janeiro, onde cada parcela experimental recebeu plástico transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 120 micras. A área foi irrigada com sistema de gotejamento sob o plástico, mantendo cada parcela úmida até sua capacidade de campo. Após cada período respectivo de solarização, o plástico foi retirado. As amostras foram levadas a casa de vegetação, avaliando-se o banco de plantas daninhas pelo método direto, na profundidade de 0-10 cm e de 10-20 cm de cada parcela. As altas temperaturas associadas ao aumento da umidade do solo, mostraram-se eficientes para diminuir a viabilidade do banco de sementes de daninhas do solo, comprovando que é possível manejar áreas horticoltoras com solarização.

PALAVRAS-CHAVE: hortaliças, manejo biológico, plantas espontâneas, cobertura do solo.

SOLARIZATION AND ITS EFFECTS ON WEED SEED BANK

ABSTRACT: Vegetable growers often deals with problems of weed germination and emergence in their productive beds. There are an increasingly number of research focusing on efficient control methods that does not compromise environmental issues and beneficent micro-organism population, along with the biologic equilibrium. The soil solarization is an alternative that aims for a more sustainable management. So, the aim of this work was to evaluate different solarization periods (30 days, 20 days, 10 days, 5 days, 3 days, 1 days and witness) in red Oxisols in Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo – RS. The experiment was conducted in January, where each experimental plot receive transparent polyethylene plastic of low density (PEBD) of 120 micras. The area was irrigated by dripping system under the plastic, keeping each portion wet until it reaches its field capacity. After each respective solarization period, the plastic was removed. Samples were taken to a greenhouse, evaluating the weed bank by the direct method, at 0-10 centimeter and of 10-20 centimeter of each plot. High temperature associated with the increase of soil moisture, shown efficient to reduce the viability of the bank of weed seeds at the soil, proving that it is possible to manage horticultural area with solarization.

KEY-WORDS: vegetables, biologic control, spontaneous plant, the soil coating.

INTRODUÇÃO

Na produção de hortaliças um problema frequente tem sido a ocorrência de plantas espontâneas, tornando a produção mais difícil de ser manejada, além de demandar maior mão de obra, o que conseqüentemente torna a produção mais onerosa e diminui a lucratividade do produtor. Outro fator negativo, é a competição que as mesmas estabelecem com a cultura desejável por fatores do ambiente, prejudicando assim seu desenvolvimento. Com isso os agricultores passam grande parte do tempo de produção investindo em maneiras de controlar as plantas daninhas.

A técnica da solarização consiste em cobrir o solo úmido com um filme de plástico transparente. Onde, a luz solar, propagada por radiação de ondas curtas, atravessa o plástico e aquece o solo. Em contrapartida, a energia emitida pelo solo, se propaga em ondas longas, sendo retida pelo plástico e ficando a temperatura sob ele mais elevada. O aquecimento gerado é que causa a morte de sementes de plantas daninhas (FONTES et al., 2003).

Na literatura, tem-se a recomendação de aplicações do plástico por dois a quatro meses (KATAN, 1981; GHINI et al., 2003). Entretanto, para o Estado do Rio Grande do Sul são escassos os trabalhos realizados e há necessidade de definição do melhor tempo de solarização para controle eficiente das plantas espontâneas, especialmente em diferentes condições de solo.

Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar a eficiência da solarização sobre o banco de sementes do solo submetido a diferentes períodos de exposição.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, *Campus* Cerro Largo, no mês de janeiro, quando são registradas as máximas de temperatura na região. As características geográficas são: altitude média de 253 metros, 54°45'25"O e 28°08'31"S. O solo no local é um latossolo vermelho e o clima classificado como Cfa, segundo a classificação climática de Köppen (ALVARES et al. 2013).

O local, que anteriormente encontrava-se em pousio, recebeu tratamentos culturais, consistindo em subsolagem, destorroamento e nivelamento do solo, a fim de evitar a presença de torrões, que favorecem a formação de bolsões de ar entre o solo e o filme plástico, além de objetos pontiagudos, que podem danificar o plástico, reduzindo a eficiência da solarização. O preparo do solo foi executado cinco dias antes do início da solarização de cada tratamento com o uso de encanteiradora acoplada em trator de tração.

Foi desenvolvido um sistema de irrigação por gotejamento, para irrigar as parcelas sob o plástico mantendo-as úmidas até sua capacidade de campo. O experimento recebeu irrigação a cada cinco dias.

Seguiu-se o delineamento de blocos ao acaso, compreendendo a três blocos com sete parcelas cada, totalizando em vinte e uma unidades experimentais. Cada parcela média 1,50 m de comprimento por 1,20 m de largura. A altura do canteiro era de 0,30 m.

Os tratamentos foram 30 dias, 20 dias, 10 dias, 5 dias, 3 dias, 1 dia e 0 dia (testemunha) de solarização. Assim cada parcela recebeu plástico transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 120 micras, cortado para além das medidas do canteiro, pois suas bordas eram enterradas e vedadas totalmente nas extremidades com solo.

Os plásticos foram instalados em diferentes datas para que sua retirada coincidissem no mesmo dia. Assim sendo, no momento que se retirou os plásticos todas as unidades experimentais conferiam os mesmos fatores ambientais aos seus bancos de sementes. Ao final de um mês, isto é, totalizando os 30 dias do primeiro tratamento instalado, a camada de filme plástico foi retirada, e foram coletadas amostras nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, com auxílio de um recipiente circunferente de 10 cm de diâmetro, de forma aleatória.

Estas amostras foram postas em bandejas comerciais de alumínio, esterilizadas, e conduzidas até casa de vegetação da área experimental do *campus*. As mesmas receberam irrigação por aspersão dispostas em vários momentos durante o dia. A cada 15 dias durante um mês e meio, foram realizadas contagens e identificações do banco de sementes de plantas daninhas consoante ao método direto, isto é, contagem e identificação das plântulas emergidas.

Os dados foram submetidos à ANOVA em 5% de significância pelo teste F e, em caso de significância, realizou-se análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de trabalho, foram identificadas 09 espécies de plantas daninhas no local estudado. Algumas das espécies mais nocivas da região foram encontradas na área experimental. Os exemplares presentes foram: *Amaranthus hybridus* (caruru), *Lolium multiflorum* (azevém), *Bidens pilosa* (picão-preto), *Sonchus oleraceus* (serralha), *Ipomoea triloba* (corda-de-viola), *Sida urens* (guanxuma), *Digitaria sanguinalis* (capim colchão), *Raphanus raphanistrum* (nabo) e *Commelina benghalensis* (traboeraba)

Como pode-se observar na **Figura 1**, *Amaranthus hybridus*, *Sonchus oleraceus* e *Commelina benghalensis* foram as que apresentaram apresentaram interações significativas com os tratamentos, evidenciando a eficácia de controle de plantas daninhas em LATOSSOLO VERMELHO com solarização. No entanto, as demais espécies não apresentaram interação significativa entre os tratamentos.

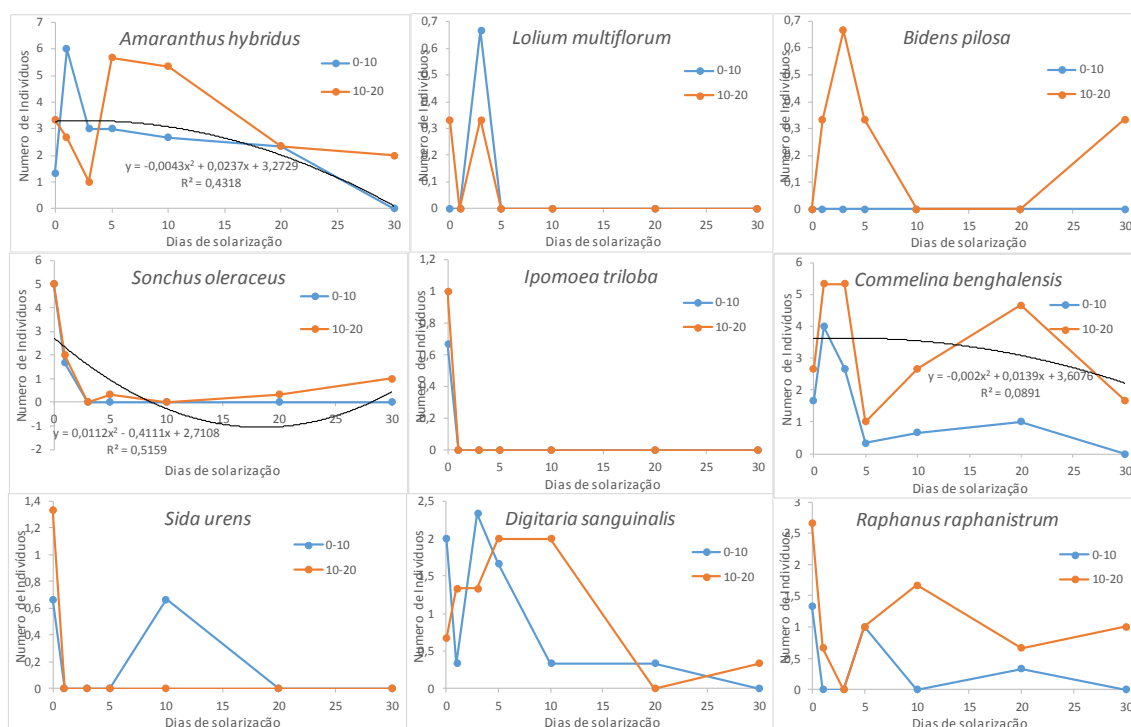


Figura 1. Gráficos das espécies encontradas, com as profundidades e curvas de regressão quando as amostras apresentam interação significativa entre os tratamentos.

Para a *Commelina benghalensis*, observa-se um elevado número de indivíduos. Isso pode ser explicado pelo fato da mesma ter reprodução assexuada, ou seja, por partes de caule e não somente via sementes (LORERNZI, 2014) evidenciando a dificuldade no controle. A trapoeraba ainda possui duas estruturas seminíferas (especializadas na produção de semente), sendo ela uma aérea e outra subterrânea, evidenciando a maior agressividade da espécie (CARVALHO, 2013).

Amaranthus hybridus, outra espécie de destaque nas amostragens, além de ser bem adaptada às condições de alta insolação e às temperaturas típicas das regiões áridas e semiáridas, é um ótimo indicador da qualidade do solo, essencialmente de solos ricos em potássio (MAPA, 2010). O fator da alta disponibilidade de potássio foi evidenciado em análises de solo de trabalhos feitos na área onde se instalou o experimento.

Houve efeito significativo dos tratamentos apenas para três espécies. Todavia, os resultados observados podem ser explicados por várias razões recorrentes. Pereira e Velini (2003), relata que durante os quatro anos em que analisou a dinâmica populacional de daninhas, o primeiro ano se sobressaiu sob os demais quanto ao número de indivíduos. O presente trabalho foi avaliado por um curto espaço de tempo, podendo ser que avaliações a longo prazo trariam resultados mais satisfatórios e significativos.

As condições fornecidas pela instalação e retirada do plástico aliadas a umidade, também podem ter interferido no mecanismo de dormência, tornando mais complexo o manejo. Além do mais, os picos de emergência podem ser explicados pelos fluxos germinativos desuniformes, característico de plantas invasoras. Estes fatos podem trazer o motivo deste trabalho ter se mostrado diferente dos resultados encontrados na literatura.

CONCLUSÕES

Após elucidação dos fatores que podem ter levado a tais resultados, verificou-se efeito significativo da duração do período de solarização sobre o banco de sementes de plantas daninhas no solo, para algumas espécies.

REFERÊNCIAS

ALVARES C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. v. 22, p. 711-728, 2013.

CARVALHO, L. B., **Herbicidas**. 1 ed. Lages, SC: Autor, 2013. 62 p.

FONTES, J. R. A. et al. **Manejo integrado de plantas daninhas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003.

GHINI, R.; et al. Efeito da solarização do solo sobre propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 7-19, 2003.

KATAN, J. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Annual Review of Phytopathology*, v. 19, p. 211-236, 1981.

KATAN, J., GREENBERGER, A.; ALON, H. **Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens.** *Phytopathology*, Saint Paul, v. 66, p.683-688, 1976.

MAPA. **Manual de hortaliças não-convencionais:** 1 ed. Brasília: [s.n.], 2010. p. 57-58.

PEREIRA, F. A. R.; VELINI, E. D. Sistema de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 3, p. 355-363. 2003

ZONEAMENTO CLIMÁTICO DA SERINGUEIRA PARA O ESTADO DE SERGIPE

Marisa Silva Vieira¹, Jadson Ferreira da Cruz², Weslei Almeida Santos³, Inajá Francisco de Sousa⁴

¹Bolsista de Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, marisa_silva02@hotmail.com, ²Bolsista de Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, jadsonferreira13@hotmail.com, ³Bolsista de Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, ueslei-ufs@hotmail.com, ⁴Doutor, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, inajafrancisco@gmail.com

RESUMO: A utilização de ferramentas de Gestão Ambiental, como o geoprocessamento, vem crescendo cada vez mais no Brasil, como método de tomada de decisão, principalmente aqueles que têm como meta recomendação de regiões aptas pro cultivo de determinadas culturas agrícolas. O presente trabalho teve como objetivo delimitar regiões que apresentam melhores condições para implantação da cultura da seringueira (*Heviabrasilliensis*) no estado de Sergipe-BR. O trabalho foi realizado com dados climáticos mensais de 30 anos e o uso da ferramenta de geoprocessamento. O estado de Sergipe apresenta na região sul aptidão para a implantação da cultura da seringueira.

PALAVRAS-CHAVE: Aptidão climática. SIGs. Geoprocessamento.

Climatic zoning of the rubber tree to the state of Sergipe

ABSTRACT: The use of Environmental Management tools, such as geoprocessing, has been increasing in Brazil as a method of decision making, especially those that have the goal of recommending suitable regions for the cultivation of certain agricultural crops. The present work had as objective to delimit regions that present better conditions for implantation of the rubber tree crop (*Heviabrasilliensis*) in the state of Sergipe-BR. The work was carried out with monthly climatic data of 30 years and the use of the geoprocessing tool. The state of Sergipe presents in the South region aptitude for the implantation of the culture of the rubber tree.

KEY-WORDS: Climate aptitude. SIGs. Geoprocessing.

INTRODUÇÃO

A seringueira é classificada botanicamente no gênero *Hevea*, família Euphorbiaceae, classe dicotyledoneae, família *Hevea*, na divisão das Angiospermae (MORENO et al., 2003), sendo natural da Região Amazônica, embora seu cultivo comercial tenha se ampliado para outras regiões. A importância da cultura se da na geração da matéria prima da borracha, o látex, devido a sua utilização industrial hospitalar, de maquinários e autopeças, farmacêutica, na engenharia (MARTINS; ZIERI, 2003; COELHO JÚNIOR et al., 2009).

O mercado de utilização do látex tem aumentado desde 1976 (SOARES et al., 2008; COELHO JUNIOR et al., 2009). Porém a produção nacional é baixa, sendo insuficiente para atender a demanda do mercado nacional possibilitando um aumento na

sua produção, visando saciar o mercado interno e a tendência de preços elevados no mercado internacional, segundo Macedo et al. (2002).

A variabilidade climática não prevista é um dos maiores riscos para todas as culturas. Desse modo para ter uma maior eficiência dos recursos naturais, visando aumento no rendimento financeiro e redução de custos, utilizam-se de tecnologias como o zoneamento climático dando indicações de regiões aptas mais apropriadas a seu desenvolvimento. Devido à sua importância na economia nacional e internacional, o presente trabalho teve como objetivo mostrar áreas aptas da cultura da seringueira no Estado de Sergipe, usando a forma booleana, visando auxiliar na tomada de decisão de produtores que estejam com interesse nessa espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o Estado do Sergipe, que integra, juntamente com os estados da Bahia, Alagoas, Pernambuco, Ceará, Piauí, Maranhão, Paraíba e Rio Grande do Norte, a Região Nordeste, com uma área de 1.554.291.607 km², o equivalente a **18,27% do território brasileiro**.

Foram utilizadas espacializações em mapas de temperatura e precipitações mensais, estas geradas por séries históricas com um período de 30 anos de dados (1980-2013). Trabalho este realizado seguindo a lógica booleana, obtendo resultados binários 0 (zero), inapto, e 1 (um), apto. Os dados de precipitações foram obtidos de pontos pluviométricos, logo após utilizando-se do software ArcGIS 9.3/ArcMap para a sobreposição dos mapas, se baseando no clima propício da cultura, com o objetivo fornecer importantes informações práticas, lógicas, coerentes e uma melhor interpretação dos dados das séries históricas.

Com base na revisão da literatura foi feita a caracterização das condições hídrico-termal ideais para o desenvolvimento e consequente produtividade da seringueira (*Hevia brasiliensis*), tendo um clima originário tropical com temperaturas médias de 25°C e pluviosidade média de 2000 mm, possuindo variação entre 1300 a 3000 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a exigência climática da seringueira (*Hevia brasiliensis*), foram classificados em regiões aptas e inaptas baseado na sobreposição de mapas que caracterizam aptidão térmica e hídrica favorável ao desenvolvimento da cultura no Estado de Sergipe (Figura 1), oriundos da espacialização das séries históricas de 30 anos (1980-2013).

Com base nos dados apresentados (figura 1.), observa-se que a região que se estende no sul do estado apresenta faixas ótimas para o desenvolvimento cultura. Abrangendo a cidade de Indiaroba, Cristinápolis, Umbaúba, Santa Luzia do Itanny, e meados de Estância, Pedrinhas, Itabaianinha, Tomar do Geru e Araúá. Em outras regiões do território brasileiro foram feitas zoneamento climáticos e edafoclimático para a seringueira, obtendo resultados de aptidão da espécie. No Rio de Janeiro demonstrou cerca de 24,83% , ou seja, 10.836,86 km² para plantações de seringais. Já no estado do Espírito Santo apresenta 27,45% de sua área para os cultivos com baixos riscos da doença do mal-das-folhas.

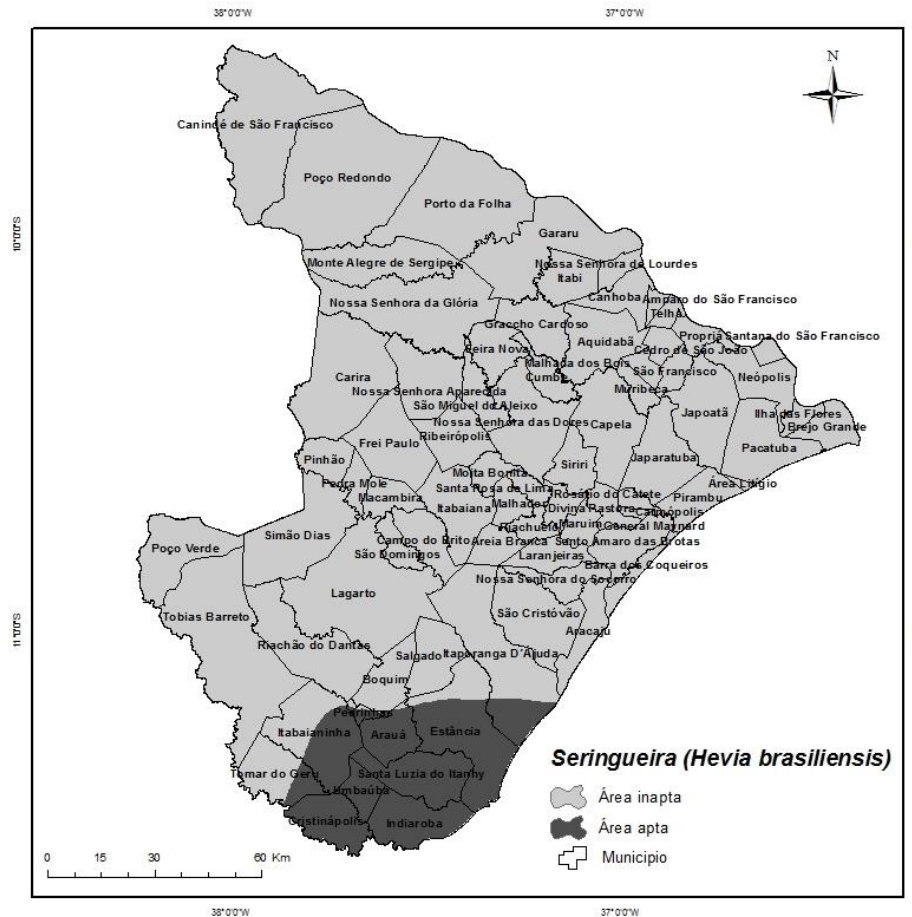


Figura 1. Zoneamento da cultura da seringueira em Sergipe, mostrando área apta e inapta.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos demonstrada na figura 1, pode-se concluir que o zoneamento climático da seringueira para o Estado irá contribuir para tomada de decisão e melhoria da produtividade da mesma na região do sul de Sergipe.

Dessa maneira possibilitaram produtores e pesquisadores decidirem melhor formar de cultivar a seringueira nas regiões com melhor adaptação climática.

REFERÊNCIAS

CARMO, C, A, F, S; LUMBRERAS, J, F; NAIANE, U, J; GONÇALVES, A, O; FIDALGO, E, C, C. ÁGLIO, M, L, D; LIMA, J, A, S. Aspectos culturais e zoneamento da seringueira no estado do Rio de Janeiro. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento** 60. file:///c:/users/marisa/downloads/bpd60-2004-seringueira%20(1).

CECÍLIO, R.A.; SILVA, K.R.; XAVIER, A.C.; PEZZOPANE, J.R.M. Método para a espacialização dos elementos do balanço hídrico climatológico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, V.47, N.4, P.478-488, 2012.

Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental** V.17, N.3, P.243–252,

2013. Campina Grande, PB, UAEEA/UFCG –
<http://www.agriambi.com.br/revista/v17n03/v17n03a01.pdf>

CURITIBA, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, inpe p.1851
<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1055>.

Dados obtidos de pontos pluviométricos
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.4518/epdf>

MACEDO, R. L. G. ET AL. Introdução de clones de seringueira no nordeste do estado de Minas Gerais. CERNE, LAVRAS, V.8, N.1, P. 124-133, 2002.

MARTINS, M. B. G.; ZIERI, R. Anatomia foliar de clones de seringueira. Scientiaagricola, Piracicaba, V. 60, N. 4, P. 709-713, OUT./DEZ. 2003.

MORENO, R.M.B.; FERREIRA, M.; GONÇALVES, P. DE S.; MATTOSO, L.H.C. Avaliação do látex e da borracha natural de clones de seringueira no estado de são paulo. Pesquisa agropecuária brasileira. Brasília, DF, V.38, N.5, P.583-590, 2003.

PILAU. G.F.; MARIN. F.R.; CAMARGO. M.B.P.; ASSAD. E.D.; PINTO. H.S.; BARBARISI. B.F. Zoneamento agroclimático da heveicultura para as regiões sudeste e centro-oeste do brasil. Revista brasileira de agrometeorologia, Piracicaba, V.15, N.2, P. 161-168, 2007.

RIBEIRO, I, O. Zoneamento agroclimático da seringueira para o estado do espírito santo aplicando a lógica fuzzy.anais xv Simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR,

SILVA, K. R. DA; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; GARCIA, G. DE O. Zoneamento edafoclimático para a cultura da Seringueira no Espírito Santo. <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/156>

INTERCEPTAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL POR UM POVOAMENTO DE *PINUS ELLIOTTII* EM UM SISTEMA SILVIPASTORIL

Valéria Escaio Bubans¹, Cleusa Adriane Menegassi Bianchi Kruguer², Maiara do Nascimento da Ponte³, Osório Antônio Lucchese⁴, Tagliane Eloíse Walker⁵

¹Acadêmica do curso de Agronomia, Bolsista PIBIC/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, Ijuí-RS, valeriabubans@hotmail.com; ²Dra, Profa.do DEAg/UNIJUÍ, Ijuí-RS, cleusa.bianchi@unijui.edu.br;

³Acadêmica do curso de Agronomia, Bolsista PROBIC/FAPERGS, DEAg/UNIJUÍ, Ijuí-RS, maiatdp@hotmail.com; ⁴Mestre. Prof. do DEAG/UNIJUÍ, Ijuí-RS, osorio@unijui.edu.br; ⁵Acadêmica do curso de Agronomia, Bolsista PROBIC/FAPERGS PIBIC/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, Ijuí-RS, tagli_walker@hotmail.com;

RESUMO: A precipitação é de suma importância para manutenção dos ecossistemas florestais. Uma das influências da floresta no ciclo da água, refere-se a interceptação da água das chuvas pelas copas, as quais vão conduzir a água até o piso florestal evitando a erosão dos solos, ampliando a sua infiltração, quando comparada a áreas sem floresta. O objetivo deste trabalho foi avaliar a interceptação da precipitação pluvial em um sistema silvipastoril de *Pinus elliottii* com forrageiras perenes de verão. Um cultivo de *Pinus elliottii* foi manejado para constituir um sistema silvipastoril com espécies forrageiras perenes de verão, no noroeste do Rio Grande do Sul. Do povoamento inicial foram desbastadas 40, 60 e 80 % das árvores para constituir diferentes níveis de radiação solar necessários para o desenvolvimento das forrageiras. Durante dois anos a precipitação pluvial foi analisada na área do povoamento, por meio da instalação de três pluviômetros. A medida da precipitação foi comparada com as leituras obtidas de uma estação meteorológica automática, instalada próximo ao experimento. A intensidade de interceptação pela floresta de pinus foi diferente em cada nível de disponibilidade de radiação. Maior precipitação foi observada no desbaste de 80% até o momento do primeiro raleio, quando então a interceptação passou a ser maior no desbaste de 60%.

PALAVRAS-CHAVE: Coníferas. Chuva. Microclima. Sistemas Agroflorestais.

INTERCEPTION OF RAINFALL PRECIPITATION BY A PINUS ELLIOTTII POVERY IN A SILVIPASTORIL SYSTEM

ABSTRACT: Precipitation is of paramount importance for the maintenance of forest ecosystems. One of the influences of the forest in the water cycle, refers to the interception of rainwater through the canopies, which will lead the water to the forest floor avoiding soil erosion, increasing its infiltration, when compared to areas without forest. The objective of this work was to evaluate the interception of rainfall in a silvopastoral system of *Pinus elliottii* with perennial summer forages. A *Pinus elliottii* crop was managed to form a silvopastoral system with perennial summer forage species in the northwest of Rio Grande do Sul. From the initial stands 40, 60 and 80% of the trees were thinned to constitute different levels of solar radiation needed for the Forage. During two years the rainfall was analyzed in the area of the settlement, through the installation of three rain gauges. The precipitation measurement was compared with the readings obtained from an automatic meteorological station, installed near the experiment. The intensity of interception by pine forest was different at each level of radiation availability. Higher precipitation was observed in the thinning of 80% until the first thinning time, when the intercept became greater in the roughing of 60%.

KEY-WORDS: Conifers. Rain. Microclimate. Agroforestry Systems.

INTRODUÇÃO

A interceptação da precipitação em povoamentos florestais é de suma importância para compreender o papel das árvores nos processos hidrológicos e sua aplicação no manejo florestal (RODRIGUES et al., 2016). A poda e o desbaste podem ser utilizados para se obter um equilíbrio entre os benefícios da retenção de precipitação pelas copas e controle de processos erosivos.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015) o Rio Grande do Sul é o maior produtor de leite do Brasil, no entanto existem flutuações na produção devido principalmente ao estresse calórico pelo qual os animais passam no período do verão. Uma das formas de proporcionar alimento e conforto térmico aos animais é a utilização de sistemas silvipastoris (MOREIRA, 2009). São componentes do sistemas silvipastoril o solo, as árvores, as forrageiras, os animais e as inter-relações. Nesse sentido, a compreensão da dinâmica da interceptação da chuva é de extrema importância, já que a água é o principal fator de produção e manutenção desse agroecossistema. O processo denominado de interceptação das chuvas é caracterizado pela água que fica temporariamente retida na copa das árvores e a precipitação efetiva se caracteriza pela água que atinge o piso florestal (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003). A precipitação efetiva pode variar em função da área basal, espécie, diâmetro das árvores, densidade de espécies, frequência e intensidade das chuvas (ALVES et al., 2007). Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interceptação da precipitação pluvial em um sistema silvipastoril de *Pinus elliottii* com forrageiras perenes de verão.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na área experimental do Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) pertencente ao Departamento de Estudos Agrários (DEAg) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ) no município de Augusto Pestana/RS, localizado a 28° 26'S e 54° 00'W, altitude de 280 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido).

O cultivo de pinus foi implantado no ano de 2007, em espaçamento de 3m x 2m, com densidade de 1600 plantas ha⁻¹, perfazendo uma área experimental de aproximadamente 0,8 ha. O *Pinus elliottii* foi manejado, via corte de árvores, em 2013 na intensidade de 40%, 60% e 80% de desbaste, resultando em 20, 40 e 60% de sombreamento. Após esse procedimento, em 2014, foram implantadas as espécies forrageiras de verão: grama missioneira (*Axonopus jesuiticus*); tifton 85 (*Cynodon spp.*); capim sudão cv. BRS Estribo (*Sorghum sudanenses*); braquiária brizanta cv. Marandú e Xaraé (*Urochloa brizantha*); aruana e aires (*Panicum maximum*); capim elefante cv. Mott e HB (*Pennisetum purpureum*); capim pojuca (*Paspalum atratum*); digitária (*Digitaria diversinervis*) e hermátria (*Hermatria altíssima*) nos distintos níveis de sombreamento e a pleno sol.

Em agosto de 2015 foi realizado raleio para uniformizar os níveis de sombreamento. Já em abril de 2015 foram instalados três pluviômetros do tipo santo izidro[®] no meio do segundo bloco de cada nível de desbaste (40, 60 e 80%), sob a projeção da copa média de nível de desbaste. A precipitação pluvial a pleno sol foi avaliada a partir dos dados de uma estação meteorológica automática modelo Squitter[®] instalada a 500 m do experimento. A precipitação pluvial foi avaliada de abril de 2015 a abril 2017.

O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados com três repetições em esquema fatorial envolvendo doze espécies de forrageiras de verão, cultivadas sob Pinus, em quatro níveis: pleno sol e desbaste de 40, 60 e 80%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as leituras de precipitação nas áreas sombreadas, estas apresentaram variação no volume em função do nível de desbaste (Figura 1). Foi observado que até agosto de 2015 (Figura 1 A) o volume de precipitação coletado foi maior no maior nível de desbaste, no entanto estes valores foram inferiores ao valor da precipitação pluvial registrado na estação automática. A partir de setembro a novembro de 2015 (Figura 1 A) observou-se diferença nos volumes de precipitação coletados dentro do sistema silvipastoril, com maior volume coletado em 40% de desbaste. Isto, possivelmente devido à presença das árvores próximas aos pluviômetros que interceptam e encaminham a água aos mesmos (efeito guarda-chuva), contribuindo com os maiores ou menores valores registrados quando comparado à precipitação da estação meteorológica.

Praticamente por todo o ano de 2016 os maiores volumes de precipitação foram observados no nível de 80% de desbaste até o mês de outubro (Figura 1 B). De novembro até abril de 2017 o maior volume de precipitação foi observado no nível de 40% de desbaste (Figura 1 B e C).

Os volumes de precipitação pluvial, dentro do sistema silvipastoril é na maioria dos meses menor do que os valores registrados na estação automática. No entanto, em fevereiro, março, maio e junho de 2016 os valores de precipitação registrados na estação automática são menores aos ocorridos no sistema silvipastoril. Esse fato conforme Sentelhas e Caramori (2002) estão relacionados a incapacidade da estação automática em registrar a precipitação na mesma intensidade em que ela ocorre.

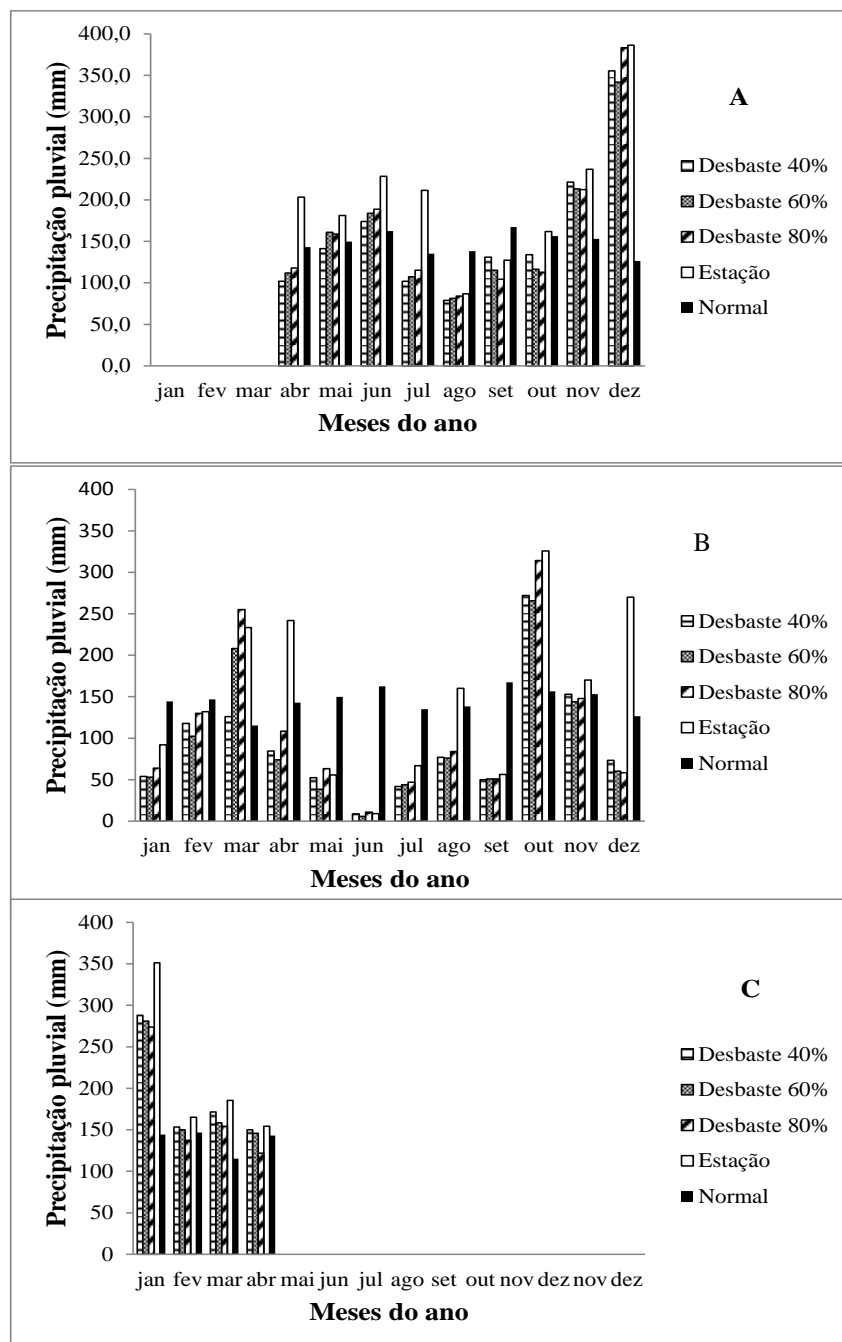


Figura 1. Precipitação pluvial na área de *Pinus elliottii* considerando desbaste de 40%, 60% e 80%, a pleno sol e a normal climatológica no ano de 2015 (A), 2016(B) e 2017(C).

Considerando a precipitação ocorrida comparada a normal climatológica (Figura 1) constata-se que em 2015, exceto em agosto e setembro, todos os outros meses registraram precipitação acima da normal climatológica. Em 2016 esta tendência não foi observada, pois em vários meses a precipitação registrada foi menor que a normal climatológica com destaque para os meses de maio, junho, julho e setembro. Esta situação reflete o comportamento da precipitação considerando a macro escala na qual o ano de 2015 foi caracterizado como ano de El nino e 2016 com padrão de neutralidade, conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (2017).

CONCLUSÕES

Maior precipitação foi observada no desbaste de 80% até o momento do primeiro raleio, quando então a interceptação passou a ser maior no desbaste de 60%.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC/CNPq pela bolsa de iniciação científica e recursos financeiros para realização do projeto.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. F. et al. Avaliação da precipitação efetiva de um fragmento de Mata Atlântica em diferentes estágios de regeneração no município de Viçosa, MG. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 2, n. 1, p. 83-93, 2007.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v. 43, p. 1-49, 2015. Disponível em: <http://www.biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2017.

INMET-Instituto Nacional de Meteorologia. **Boletim Climatológico para o Rio Grande do Sul 2015-2017**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

MOREIRA, G. R. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. marandu em sistemas silvipastoris. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Minas Gerais**, v. 61, n. 3, p. 706-713, 2009.

RODRIGUES, V. A. et al. Interceptação da precipitação pelas copas em *pinus halepensis* mill - albacete - espanha. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 736-749, 2016.

SENTELHAS, P. C; CARAMORI, P. H. Inconsistências na medida da chuva com pluviômetros de bascula: Análise de eventos extremos. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, n. 2, p. 177-180, 2002.

BALANÇO HÍDRICO PARA A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI EM CASTANHAL/PA.

Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes¹, Joyse Tatiane Sousa dos Santos², Vivian Dielly da Silva Farias³, Denis de Pinho Sousa⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁵

¹Doutorando em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Belém, Pará, garibalde13@gmail.com; ² Doutoranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, joysetaty@hotmail.com; ³ Doutora, PPGA-UFRA, Belém, Pará, viviandielly19@yahoo.com.br; ⁴ Doutorando em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, denisdepinho@agronomo.eng.br; ⁵Professor Dr., ISARH-UFRA, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br.

RESUMO: Este trabalho quantificou o balanço hídrico no solo para uma safra de feijão-caupi (2014), no município de Castanhal/PA. O feijão-caupi possui grande importância socioeconômica na região norte (Pará) principalmente para o nordeste paraense. Ao longo dos anos o rendimento vem caindo em função das características edafoclimáticas da região que restringem seu cultivo ao período chuvoso e em função do mau manejo de técnicas, como a irrigação, que vem sendo utilizada com o objetivo de aumentar o rendimento na região. Formas de auxiliar no manejo correto destas técnicas têm sido estudadas por diversos pesquisadores e, uma forma de auxílio no planejamento adequado é o balanço de água no solo. Foram usados vários tratamentos (T1 = reposição 100% da água perdida pela planta + precipitação (PE); T2 = 50% + PE; T3 = 25% + PE e T4 = sem reposição + PE) em um experimento de blocos ao acaso, durante a fase reprodutiva do feijão-caupi, com objetivo de avaliar seu impacto no rendimento final em decorrência da deficiência de água no solo. Esta deficiência de água (T4 = 29mm ±0,84) influenciou na diminuição do rendimento cultura (792,34 kg ha⁻¹ ±47,93), demonstrando a importância da quantificação da necessidade de água necessária no cultivo do feijão-caupi e no manejo adequado da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Déficit hídrico; Irrigação; Manejo.

WATER BALANCE FOR THE COWPEA IN CASTANHAL/PA, BRAZIL.

ABSTRACT: This work quantified the soil water balance for the cowpea (2014), in the municipality of Castanhal/PA. The Cowpea bean culture is of great socioeconomic importance in the northern region (Pará), mainly to the northeast. Over the years the yield has decrease due to the edafoclimatic characteristics of the regions that restrict its cultivation to the rainy season and due to the unsuitable management of techniques, such as irrigation, which has been used to increase the yield in the region. Ways to assist in the correct management of these techniques have been studied by several researchers and a form of assistance in proper planning is the water balance in the soil. Several treatments (T1 = replacement of 100% of the water lost by the plant + precipitation (PE), T2 = 50% + PE, T3 = 25% + PE and T4 = without replacement + PE) were used in a randomized block experiment, during the reproductive phase of cowpea bean, with the objective of evaluating their impact on the yield due to soil water deficiency. This water deficiency (T4 = 29mm ± 0.84) influenced the decrease of the final yield of the crop (792,34 kg ha⁻¹ ±47,93) demonstrating the importance of the quantification of the need for water required in the cultivation of cowpea and the appropriate management of the crop.

KEY-WORDS: Water deficit; Irrigation; Management.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) possui importante papel na produção agrícola do Brasil, principalmente nas regiões norte (Pará) e nordeste, servindo de alimento base para famílias e como principal fonte de emprego e renda nas regiões produtoras (LIMA et al., 2016). O nordeste paraense é o principal polo produtivo da região norte e apresenta uma forte incorporação de tecnologia ao sistema produtivo, elevados investimentos na obtenção de cultivares adaptadas as diversas condições, com o objetivo de reduzir os riscos, ter um maior avanço tecnológico no sistema de produção e planificar esta produção, porém nos últimos anos está produtividade (669 kg ha^{-1}) vem caindo em função do mau manejo e em decorrência da grande diversidade climática das regiões produtoras (FARIAS et al., 2017). Entre estas tecnologias estudadas e adotadas, destaca-se a irrigação, que é utilizada durante o período seco de cada região com o intuito de aumentar a produtividade e diminuir os efeitos do déficit hídrico durante a fase reprodutiva no feijão-caupi (SOUZA et al., 2017). Uma forma de manejar a irrigação é através do balanço hídrico no solo, quantificando as deficiências hídricas e as necessidades de irrigação principalmente durante o período “seco” de uma determinada região (FERNANDES et al., 2015). Logo foi quantificado o balanço hídrico no solo, durante o ano de 2014, para uma safra de feijão-caupi no município de Castanhal/PA sob diferentes lâminas de irrigação durante a fase reprodutiva, com o intuito de avaliar sua influência sob a produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de campo são de uma área (2,5 ha) da fazenda escola, pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizada no município de Castanhal (1,32°S; 47,96°W; 41m), no nordeste paraense, durante o ano de 2014. O clima local é do tipo Af, conforme Koppen, com uma temperatura média anual de 26 °C, o período chuvoso vai de Janeiro a Maio, e o período seco vai de Julho a Novembro (FARIAS et al., 2017). Foi instalada na área uma estação meteorológica automática para o monitoramento das variáveis meteorológicas em campo (temperatura, umidade relativa, radiação global, precipitação (PE)) ligadas a um datalogger modelo CR10X (Campbell Scientific, Inc.) e a um multiplexador AM16/32A (Campbell Scientific, Inc.) que registravam e armazenavam a cada 10 minutos as médias. A área foi cultivada, com a cultivar BR3-Tracuateua, pois é a mais utilizada por agricultores no estado por apresentar moderada tolerância às altas temperaturas e ao déficit hídrico da região (SOUZA et al., 2017). A sementeira ocorreu mecanicamente, no dia 09 de Setembro, com um espaçamento de 0,50 m entre as linhas com média de 10 plantas por metro linear (totalizando, 200.000 plantas por ha). O solo da área é do tipo latossolo amarelo distrófico (LIMA et al., 2016) de textura franco arenosa, suas texturas e características físicas e químicas foram obtidas em laboratórios de solo em amostras de solo com estrutura indeformada e os valores de condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) foram obtidos por funções de transferência de pedóide (RAMOS et al., 2014) (Tabela 1). O conteúdo de água disponível no solo (CAD) (Tabela 1) foi calculado a partir das características físico-hídricas do solo e da profundidade efetiva da raiz máxima (R_5), que neste estudo foi de 0,30 m, para obter-se o balanço hídrico climatológico normal do solo (THORNTHWAITE; MATER, 1955), usado no auxílio das estratégias de irrigação suplementares e uso da água na área estudada, ver detalhes em Souza et al. (2017), assim como os demais componentes do balanço hídrico no solo (DEF (Deficiência), CAD, ARM (Armazenamento)) aqui usados.

Tabela 1. Propriedades texturais e hidráulicas do solo na área experimental. Teor de água no solo, na saturação (θ_{sat} , $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), na capacidade de campo (θ_{FC} , $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) e no ponto de murcha permanente (θ_{WP} , $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).

	Camada do solo (m)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	θ_{sat} ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	θ_{FC} ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	θ_{WP} ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	K_{sat} ($\text{cm}^3 \text{d}^{-3}$)	CAD (mm)
Fazenda Escola Castanhal	0,0-0,20	80	12	8	0,29	0,22	0,07	153	63
	0,20-0,40	71	13	16	0,31	0,24	0,08	61	

O delineamento experimental (blocos ao acaso) possuía seis blocos e quatro tratamentos (5X20 m) espaçados de 2 m, com diferentes níveis de disponibilidade de água no solo, durante a fase reprodutiva, pois é a fase mais sensível ao déficit hídrico (LIMA et al., 2016), já durante a fase vegetativa todos receberam a mesma lâmina de água, mantendo-os na capacidade de campo. O tratamento 1 (T1) consistiu da reposição de 100 % da água (irrigação + precipitação (PE)) perdida, o tratamento 2 (T2) 50 %, o tratamento 3 (T3) 25 % e o tratamento 4 (T4, controle) não houve reposição por meio da irrigação, conforme é utilizado por agricultores da região. Eles iniciaram no 36° DAS (dias após semeadura) e foram até o 56° DAS, quando foi atingido o início da fase de maturação dos grãos (R9) do caupi, cessando a irrigação. O turno de rega foi diário, sendo a lâmina de água (LB) aplicada durante o experimento controlada em função do tempo, através de manômetros, registros e cronômetros, e de acordo com a vazão dos emissores, maiores detalhes ver em Farias et al. (2017). O rendimento foi realizado quando 90% das plantas se encontravam em estágio R9 (63° DAS), selecionando três linhas centrais de 2 m lineares (exclusivo para o rendimento), sendo coletados e contados os grãos e vagens. Tudo foi pesado (precisão de 0,001 g), obtendo-se o peso fresco de cada amostra, peso de 100 grãos e depois levadas a estufas aeradas (70 °C) até o peso seco ficar constante (72 horas), sendo novamente pesadas (rendimento total (kg ha^{-1})).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento houve vários eventos de precipitação (PE) (36,06 mm, no total) que diminuíram o efeito da DEF nos tratamentos T2, T3 e T4 auxiliando no ARM, o maior evento de PE ocorreu no 42° DAS (10,41 mm) provocando um excedente de água (EXC) no T1 (1,52 mm) e o aumento do ARM nos demais tratamentos (Figura 1). Os eventos de PRP que ocorreram de 44 a 47 DAS (21,33 mm) reduziram os efeitos da DEF (0 mm) no T2, T3 e T4 pelo aumento que houve no ARM e aumentou o EXC no T1 (2,89 mm). A DEF acumulada no T1 foi de 1,4 mm, em função dos três dias consecutivos de PE na área experimental e que não suprimam a necessidade de água do cultivo, no entanto o T1 manteve seu ARM sempre próximo a CAD (A). Já os demais tratamentos que receberam lâminas inferiores a necessidade do cultivo do feijão-caupi foram mais penalizados em decorrência de seus tratamentos, o T2 (B) ao final sofreu uma DEF acumulada de 7 mm reduzindo seu ARM a ≈ 40 mm mantendo-se ao final com 23 mm abaixo da CAD. O T3 (C) teve uma DEF acumulada de 17 mm também reduzindo seu ARM a ≈ 30 mm (33 mm abaixo da CAD no final dos tratamentos), e o T4 (D) que é o tratamento adotado pelo produtores na região teve seu ARM reduzido a ≈ 20 mm ficando 43 mm abaixo da CAD ao final dos tratamentos, em decorrência de uma DEF acumulada de 29 mm durante a fase reprodutiva do feijão-caupi (Figura 1).

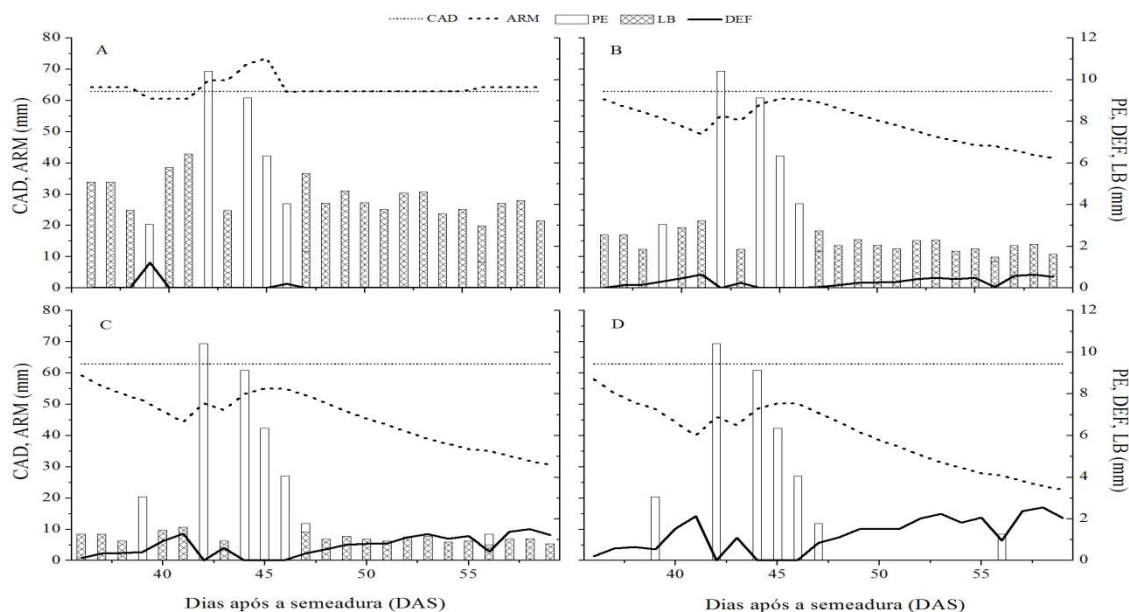


Figura 1. Balanço Hídrico do Solo em 2014, durante a fase reprodutiva do Feijão-Caupi sob diferentes lâminas (T1 (A), T2 (B), T3 (C) e T4 (D)) de irrigação.

A DEF_Acumulada (DEF_AC) nos tratamentos (T2, T3 e T4) durante a fase reprodutiva influenciou (diminuição) no rendimento final do feijão-caupi quando comparada ao T1 que teve uma pequena DEF_AC ($1,4 \text{ mm} \pm 0,25$) no ano de 2014 (Tabela 1), pois uma deficiência no período reprodutivo diminuiu o crescimento de grãos e enchimento dos mesmo diminuindo o seu rendimento (FERNANDES et al., 2015). O rendimento foi reduzindo à medida que DEF_AC aumentou (T1 > T4), sendo de $1569,18 \pm 110,15$ (T1), $1233,54 \pm 26,54$ (T2), $1002,26 \pm 12,36$ (T3) e $792,34 \pm 47,93$ (T4), influenciado pela redução de 36% no T2, 52% no T3 e 68% T4 no ARM final (Tabela 2).

Tabela 2. Rendimento do feijão-caupi no ano de 2014 e Deficiência Acumulada para cada tratamento.

TRATAMENTO	RENDIMENTO (kg h^{-1})		DEF_ACUMULADA (mm)
	T1	$1569,18 \pm 110,15$	$1,4 \pm 0,25$
T2	$1233,54 \pm 26,54$	$7 \pm 0,22$	
T3	$1002,26 \pm 12,36$	$17 \pm 0,49$	
T4	$792,34 \pm 47,93$	$29 \pm 0,84$	

CONCLUSÕES

A deficiência de água no solo imposta pelos tratamentos (T2, T3 e T4) inviabiliza os processos físico-metabólicos da planta, provocando uma redução na produtividade, logo, suprir adequadamente a necessidade hídrica aumenta seu rendimento final. O balanço hídrico no solo pode auxiliar no manejo correto da irrigação e beneficiar os produtores de feijão-caupi da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento da pesquisa por meio do projeto universal (n°

483402/2012-5), pelas bolsas cedidas e em especial ao quinto autor (n° 311145/2013-2), a UFRA e ao programa de pós-graduação em Agronomia pelo apoio científico. O primeiro autor agradece pela bolsa concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para financiamento de sua pesquisa.

REFERÊNCIAS

FARIAS, V. D. S. et al. Water demand, crop coefficient and uncoupling factor of cowpea in the eastern Amazon. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 190-200, 2017. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n121rc>.

FERNANDES F. B. P. et al. Efeito de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 506-515, 2015.

LIMA, M. J. A. et al. Efeito combinado das variáveis meteorológicas sobre a condutância estomática do feijão-caupi. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n.4, p. 547-553, 2016. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160414>

NASCIMENTO, S. P. et al. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.853–860, 2011.

RAMOS, T.B. et al. Comparação de diferentes funções de pedotransferência para estimar as propriedades hidráulicas em Portugal. In: GONÇALVES, M.C.; RAMOS, T.B.; MARTINS, J.C. (Ed.) **Solo. Produção Agrária e Sustentabilidade dos Ecossistemas**. Oeiras: INIA-V, 2014. p. 29-34.

SOUZA, P. J. de O. P. de et al. Cowpea leaf area, biomass production and productivity under different water regimes in Castanhal, Pará, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 748-759, 2017.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. In: CENTERTON, N. J. (Ed.) **Laboratory of Climatology: Publications in Climatology**. Drexel Institute of Technology, v. 8, n. 1, 1955. 104 p.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA UMIDADE DO SOLO EM UMA BACIA EXPERIMENTAL DO SEMIÁRIDO

Diêgo César dos Santos Araújo ¹, Suzana Maria Gico Lima Montenegro ², Abelardo Antônio de Assunção Montenegro ³

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, UFRPE/DEAGRI, Recife, PE, diego@agro.eng.br; ² Professora Titular, UFPE/CTG, Recife, PE, suzanam.ufpe@gmail.com; ³ Professor Titular, UFRPE/DEAGRI, Recife, PE, abelardomontenegro666@gmail.com.

RESUMO: Este estudo objetivou investigar os padrões espaciais de variação da umidade do solo em uma bacia experimental localizada no município de Pesqueira – PE, utilizando dados de campo obtidos em 32 pontos de monitoramento, nas profundidades de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, durante os meses de setembro e dezembro de 2015 (estação seca). Foram considerados o tipo de cobertura (Pastagem, Caatinga-arbóreo Arbustiva Fechada e Caatinga-arbóreo Arbustiva Aberta) e classe de solo (Argissolo Amarelo, Neossolo Regolítico e Neossolo Litólico). Os resultados permitiram identificar maior umidade do solo, nas duas profundidades amostradas, em pontos alocados no Argissolo Amarelo, devido à maior presença da fração argila, bem como naqueles presentes na vegetação do tipo Caatinga Arbóreo-arbustiva Aberta. Estes resultados permitem compreender a dinâmica espacial da umidade do solo na bacia, contribuindo para o planejamento de seu uso e ocupação.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga, vegetação, monitoramento.

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL MOISTURE IN AN EXPERIMENTAL BASIN IN THE BRAZILIAN SEMIARID

ABSTRACT: This study aimed to investigate the spatial variability patterns of soil moisture in an experimental basin located in the municipality of Pesqueira, Pernambuco, using field data obtained from 32 monitoring points at depths of 0-0.1 and 0.1-0.2 m during the months of September and December 2015 (dry season). The type of cover (Grassland, Caatinga-arboreal Closed Shrub and Caatinga-arboreal Open Shrub) and soil class (Yellow Argisol, Regolithic Neosol and Litholic Neosol) were considered. The results allowed to identify a higher soil water content, in the two depths sampled, in points allocated in the Yellow Argisol, due to the greater presence of the clay fraction, as well as in those present in the Caatinga-arboreal Open Shrub type vegetation. These results allow to understand the spatial dynamics of soil moisture in the basin, contributing to the planning of its use and occupation.

KEY-WORDS: Caatinga, vegetation, monitoring.

INTRODUÇÃO

A água no solo exerce uma importante função na regulação do ciclo hidrológico. A sua distribuição é o principal objeto de estudo em investigações do balanço hídrico em diferentes camadas ao longo do perfil (HEGEDUS et al., 2015). No

entanto, um dos grandes desafios desse tipo de trabalho é estimar o conteúdo de água no campo, em larga escala, dada a sua significativa variação no espaço-tempo.

A distribuição espacial da umidade do solo é complexa e os fatores que regulam os seus padrões de variação são controversos, principalmente porque é difícil compreender até que ponto, espacialmente, esses fatores podem interferir na sua dinâmica (FENG et al., 2013). Souza et al. (2011), avaliando os padrões de variação da umidade do solo em uma bacia hidrográfica, no estado de Pernambuco, identificaram a sensível variação dessa propriedade em função do tipo de solo, topografia e cobertura vegetal.

Estudando a dinâmica da água em uma bacia, no estado de Minas Gerais, Ávila, Melo e Silva (2010) observaram que a umidade responde de formas diferentes, de acordo com o tipo de cobertura e propriedades físicas do solo, o que causa sensível variação em seus padrões espaciais e afeta, por consequência, o seu comportamento temporal.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi investigar os padrões de variação espaciais da umidade do solo em uma bacia experimental, na região do semiárido do Estado de Pernambuco, utilizando dados obtidos nas profundidades de 0 – 0,1 e 0,1 – 0,2 m, entre os meses de setembro a outubro de 2015, durante período com escassez de chuvas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Bacia Experimental do Riacho Jatobá, localizada no município de Pesqueira – PE, região Agreste do semiárido Pernambucano, situada entre as coordenadas 8° 34' 17" e 8° 18' 11" de Latitude Sul e 37° 1' 35" e 36° 47' 20" de Longitude Oeste. A microbacia está inserida na Bacia Representativa do Riacho Mimoso e possui uma área total de 149 km², com precipitação e temperatura médias de 600 mm e 23 °C, respectivamente, com estação chuvosa concentrada entre os meses de março a agosto e estiagem entre os meses de setembro e fevereiro. A evapotranspiração potencial anual é de aproximadamente 2000 mm (SANTOS et al., 2008).

A vegetação predominante é do tipo caatinga hiperxerófila e as principais classes de solo encontradas na bacia são: Argissolo Amarelo, com presença de impedimento rochoso; Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico (Figura 1). A umidade do solo foi monitorada em 32 pontos espaçados ao longo da bacia, nas profundidades de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, utilizando a sonda de capacitância Diniver 2000[®].

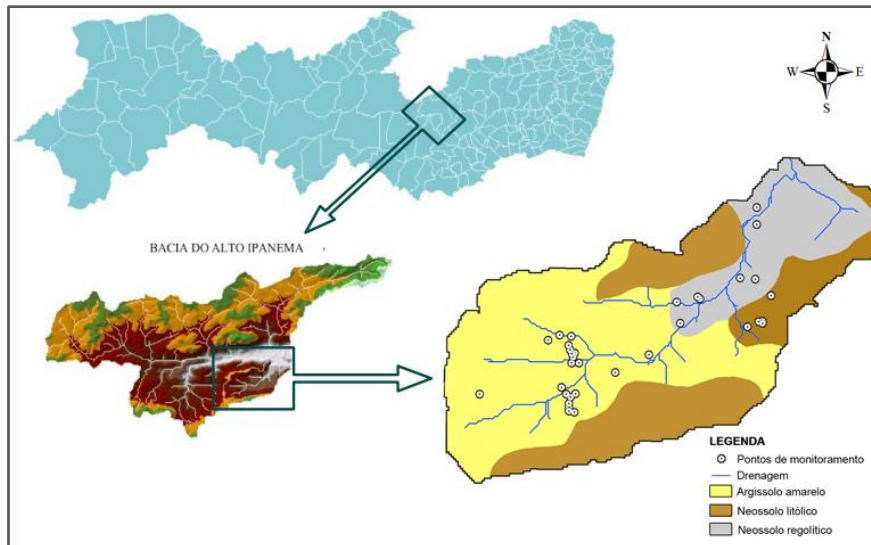


Figura 1. Mapa de localização da bacia experimental, com classes pedológicas e pontos de monitoramento da umidade do solo.

Com o intuito de avaliar os padrões espaciais de variação da umidade por tipo de solo e cobertura, o monitoramento foi realizado nas três diferentes classes de solos predominantes na bacia, bem como nos tipos de cobertura vegetal mais comuns e de fácil acesso para os monitoramentos. Foram eles: Pastagem (P), Caatinga Arbóreo-arbustiva Fechada (CAF) e Caatinga Arbóreo-arbustiva Aberta (CAA), conforme classificação de Eiten (1983), sendo a CAF caracterizada pela presença de caatinga natural, formada por espécies vegetais de porte médio a alto, distribuídas de forma mais adensada. No caso da CAA, a vegetação era mais espaçada, permitindo fácil acesso aos pontos e caracterizada pela presença, em sua maior parte, de espécies vegetais de porte médio e rasteiro. Os pontos de monitoramento de umidade do solo foram os mesmos, tanto para as classes de solo quanto para os tipos de vegetação supracitados.

A análise dos dados foi realizada utilizando como base a estatística descritiva com o auxílio de gráficos do tipo *box-plot*, que dão uma ideia da distribuição empírica dos dados e, conseqüentemente, do comportamento da variável em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Maior conteúdo médio de água foi registrado no Argissolo Amarelo, nas duas profundidades, tanto de 0-0,1 m ($0,041 \pm 0,033 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) quanto de 0,1-0,2 m ($0,067 \pm 0,048 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), seguido do Neossolo Regolítico, com médias de $0,030 \pm 0,014 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,045 \pm 0,021 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, para as camadas de 0-0,1 m e 0,1-0,2 m, respectivamente (Figura 2). Esse é um comportamento esperado, visto que Argissolos são caracterizados pelo elevado teor de argila, que pode, por vezes, aumentar abruptamente em profundidade, enquanto que a classe dos Neossolos é formada por solos pouco desenvolvidos, rasos, em vias de formação e com baixa capacidade de retenção de água. No caso dos Neossolos Litólitos e Regolíticos, destaca-se ainda a predominância da fração areia, com a presença de rochas ou fragmentos rochosos (EMBRAPA, 2006; IAC, 2016).

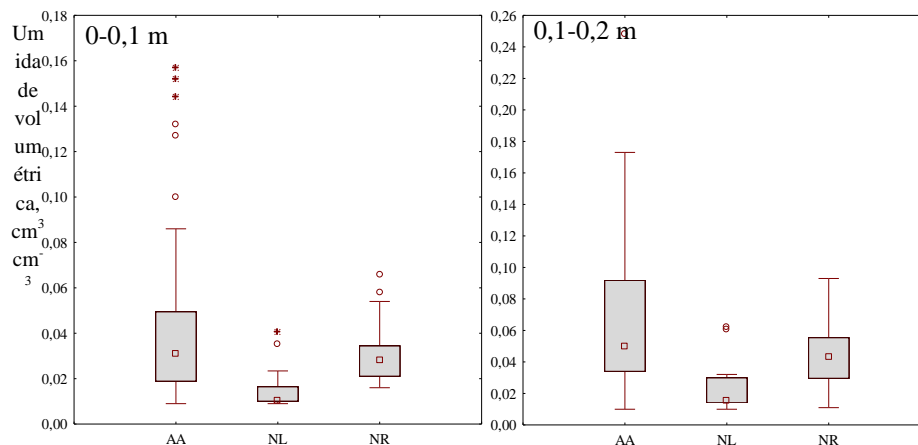


Figura 2. Umidade volumétrica média por classe de solo. AA - Argissolo Amarelo (n=20); NL – Neossolo Litólico (n=5); NR – Neossolo Regolítico (n=7).

Nas condições avaliadas, as áreas com vegetação de caatinga natural apresentaram maior conteúdo de água no solo, especialmente as de vegetação mais esparsa e rala (CAA, caatinga arbóreo-arbustiva aberta), com médias de $0,040 \pm 0,026 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ para a profundidade de 0-0,1 m e $0,072 \pm 0,044$ para a camada de 0,1-0,2 $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (Figura 3). Guariz et al. (2009), em uma microbacia de Porto Alegre – RS, também encontraram maiores valores de umidade do solo em antigas áreas de pastagem degradada, que cederam lugar a formações arbustivas, também esparsas.

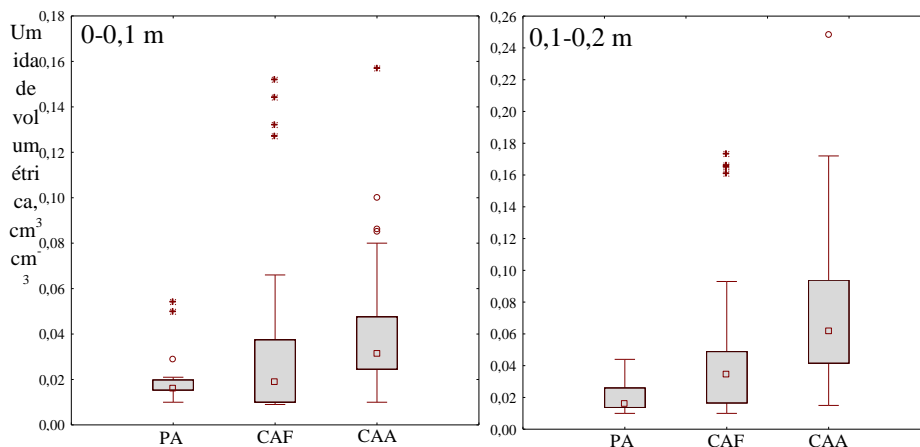


Figura 3. Umidade volumétrica média por tipo de cobertura vegetal. P – Pastagem (n=5); CAF – Caatinga arbóreo-arbustiva fechada (n=12); CAA – Caatinga arbustiva aberta (n=14).

James et al. (2003), avaliando a variabilidade da umidade sob diferentes condições de cobertura, detectaram que a vegetação exerce maior influência sobre os padrões de variação do conteúdo de água no solo quando a precipitação é escassa. Como na bacia do Jatobá, durante o período avaliado, não houve registros significativos de precipitação, nota-se a influência do tipo de vegetação, que causou variações na distribuição espacial da umidade.

CONCLUSÕES

O uso e ocupação do solo da bacia, especialmente na estação seca, deve levar em conta a dinâmica espacial de distribuição de água, que varia tanto em função da cobertura como das próprias características pedológicas dos solos.

AGRADECIMENTOS

À FINEP pelo financiamento do projeto REHIDRO, ao CNPq pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa e doutorado e pelo financiamento do projeto “Estudos de processos hidrológicos como base para o gerenciamento de recursos hídricos no estado de Pernambuco - experimentação e modelagem, cenários atuais e futuros” (Processo 446254/2015-0).

REFERÊNCIAS

- ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M. Continuidade e distribuição espacial da umidade do solo em bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1257-1266, 2010.
- EITEN, G. **Classificação da vegetação do Brasil**. Ed. CNPq, Brasília. 305 pp.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - SPI, v. 2, 2006. 306 p.
- FENG, Q. et al. Spatial Heterogeneity of Soil Moisture and the Scale Variability of Its Influencing Factors: A Case Study in the Loess Plateau of China. **Water**, v. 5, p. 1226-1242, 2013.
- GUARIZ, H. R. et al. Variação da Umidade e da Densidade do Solo sob Diferentes Coberturas Vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3293-3296, 2009.
- HEGEDUS, P. et al. Analysis of spatial variability of near-surface soil moisture to increase rainfall-runoff modelling accuracy in SW Hungary. **Open Geosciences**, v. 7, n. 1, p. 2391-5447, abr 2015.
- INSTITUTO AGRONÔMICO - IAC. Argissolos. **IAC - SP**, 2016. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/Argissolos.pdf>>. Acesso em: 06 abr 2017.
- JAMES, S. E. et al. Temporal heterogeneity of soil in grassland and forest. **Journal of Ecology**, v. 91, p. 234-239, 2003.
- SANTOS, T. E. M. et al. Erosão hídrica e perda de carbono orgânico em diferentes tipos de cobertura de solo no semiárido, em condições de chuva simulada. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 2, p. 113-125, 2008.
- SOUZA, E. R. et al. A. Temporal stability of soil moisture in irrigated carrot crops in Northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 29, p. 26-32, 2011.

DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO NO CICLO DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI, CATANHAL-PA.

Allan Pereira de Sousa¹, Daniely Florencia Silva de Sousa², Bruna Souza da Costa³,
Denis de Pinho Sousa⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte De Souza

¹Graduando em agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, jhonyallan1@hotmail.com; ²Mestrando em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, daniely.souza@ufra.edu.br; ³Graduando em agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, brunasouzacosta@outlook.com.br; ⁴Doutorando em agronomia, Universidade Federal da Amazônia, Belém, Pará, denisdepinho@agronomo.eng.br; ⁵Paulo Jorge de Oliveira Ponte Souza, Professor Doutor em Agrometeorologia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: O feijão-caupi é uma leguminosa de grande relevância às populações do Norte e Nordeste do Brasil. Este trabalho teve como objetivo quantificar a duração de período de molhamento (DPM) da cultura do feijão-caupi, e relacionar com as doenças que têm potencial de se estabelecer em determinadas condições climáticas. Para tanto, foi realizado experimento entre os meses de setembro e novembro de 2016, em que foi cultivado 0,3 ha de feijão-caupi, cultivar BR3-Tracueteua. No centro da área foi montada e instrumentada uma torre micrometeorológica de 3 m de altura, em que foi fonte de informações da temperatura do ar e umidade relativa do ar. Para determinação do DPM foi utilizado o número de horas em que a UR encontrava-se $\geq 97\%$. Os resultados indicaram que nos dias 31 apresentaram um molhamento equivalente a 8 horas e na fase reprodutiva foi observado a maior intensidade de molhamento nos dias 36, 40 e 47 com uma duração de molhamento de 11, 7 e 8 horas. Em boas condições de umidade e temperatura, há uma grande probabilidade para o estabelecimento de doenças fúngicas no vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: Doenças; Condições Climáticas; Leguminosa.

DURATION OF THE WETTING PERIOD IN THE COWPEA CULTURE CYCLE-CAUPI, CATANHAL-PA

ABSTRACT: The cowpea is a legume of great relevance to the populations of the North and Northeast of Brazil. The objective of this study was to quantify the wetness period (MPD) of cowpea, and to relate it to diseases that have the potential to establish in certain climatic conditions. For that, an experiment was carried out between September and November 2016, in which 0.3 ha of cowpea, cultivar BR3-Tracueteua, was cultivated. In the center of the area was erected and instrumented a micrometeorological tower of 3 m of height, in which it was source of information of the temperature of the air and relative humidity of the air. The number of hours in which the UR was $\geq 97\%$ was used to determine the MPD. The results indicated that on days 31 presented a wetness equivalent 8 hours and in the reproductive phase the highest wetting intensity was observed on days 36, 40 and 47 with a wetting duration of 11, 7 and 8 hours. In good conditions of humidity and temperature, there is a great probability for the establishment of fungal diseases in the vegetable.

KEY-WORDS: Diseases; Climate conditions; Leguminous.

INTRODUÇÃO

A *Vigna unguiculata* é uma leguminosa comumente conhecido como feijão-caupi, feijão-de-corda e feijão da colônia (EMBRAPA, 2007). Caracteriza-se por apresentar altos teores de proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais, os quais são

considerados essenciais para suprir as necessidades de alimentação básica de uma população tanto rural como urbana (FROTA et al., 2008)

O feijão-caupi possui um alto grau de aceitação para as regiões Norte e Nordeste, devido a sua alta capacidade de se adaptar as condições de clima. Durante o ano de 2005 e 2009, contribuiu para que obtivesse uma média de 1.113.000 empregos anuais, gerando uma alta produção anual de mais de R\$ 600 milhões. (FREIRE FILHO et al., 2011). No entanto, nos anos seguintes a produção do grão diminuiu; entre as explicações destaca-se o fenômeno *La Niña* ocorrido no ano de 2009, que interferiu na produção e na taxa fotossintética do caupi no Estado do Pará (CONAB, 2011).

Outro motivo de déficit de produção envolvendo manejo climático é o aparecimento de doenças que prejudicam a produção. Isso ocorre porque o processo de surgimento de doenças sobre as folhas das plantas se encontra intimamente atrelado às condições ambientais adequadas ou favoráveis para o surgimento da mesma (SENTELHAS, 2004).

O objetivo deste estudo foi quantificar a duração período de molhamento (DPM) e relacionar com as possíveis doenças da cultura do feijão caupi, Castanhal-PA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Escola de Castanhal-PA (FEC-UFRA), localizada nas proximidades da BR 316 (1°19'24"S, 47°57'38"O, 41 m de altitude) no município de Castanhal, nordeste do Estado do Pará, durante os meses de agosto a novembro de 2016. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante da região é Am1, com temperatura média anual de 26°C e as temperaturas máxima e mínima variando entre 35°C e 20°C, respectivamente. A umidade relativa do ar em média foi de 80% e precipitação média anual de 2.000 a 2.500 mm.

Na área de produção foi instalada uma torre micrometeorológica contendo sensores de medição da Temperatura e umidade relativa do ar e chuva, os quais foram conectados a um datalogger modelo CR10X (Campbell Scientific, Inc.) e a um multiplexador AM16 (Campbell Scientific, Inc.). As medidas dos dados meteorológicos durante a coleta intensiva foram realizadas a cada 10 segundos, fornecendo totais e médias, a cada 10 minutos.

Com a finalidade de obtenção dos resultados, procurou-se estimar a duração do período de molhamento (DPM), por meio do modelo de número de horas com UR \geq 97% (NHUR \geq 97%), em que as médias de UR foram levadas em consideração entre os horários de 18:00 às 06:00, essa metodologia é segundo utilizada por ALMEIDA et al. (2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados correspondem ao ciclo do feijão-caupi, que foi de 72 dias, com médias entre 18:00 às 06:00. Assim, a temperatura média para esse período foi de 25,00 (\pm 2,34) °C, com amplitude entre 23,10°C e 28,10°C. E a Umidade Relativa teve média de 93 (\pm 2,34) %, variando entre 87,28 % e 91,97 % (Figura 1).

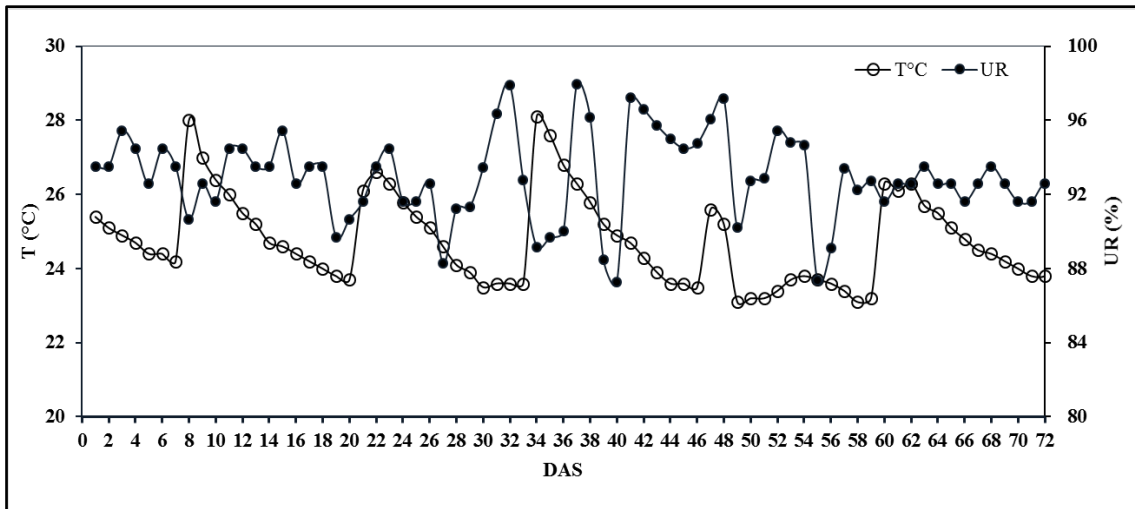


Figura 1. Variação de temperatura do ar (T°C) e umidade relativa (UR%) durante o cultivo do feijão-caupi durante o período de 17/08/2016 e 28/11/2016 na Fazenda Escola de Castanhal-PA (FEC-UFRA), valores médios entre 18:00 e 6:00.

Fonte: Os autores.

A duração do período de molhamento (DPM) apresentou um comportamento variado no decorrer do ciclo do feijão-caupi. Constatou-se que em determinados dias da fase vegetativa não houve a presença da DPM, cujos resultados foram nulos; por outro lado, pôde-se perceber que no dia 31 após a semeadura apresentou uma maior intensidade de molhamento, correspondendo a 8 horas (Figura 2).

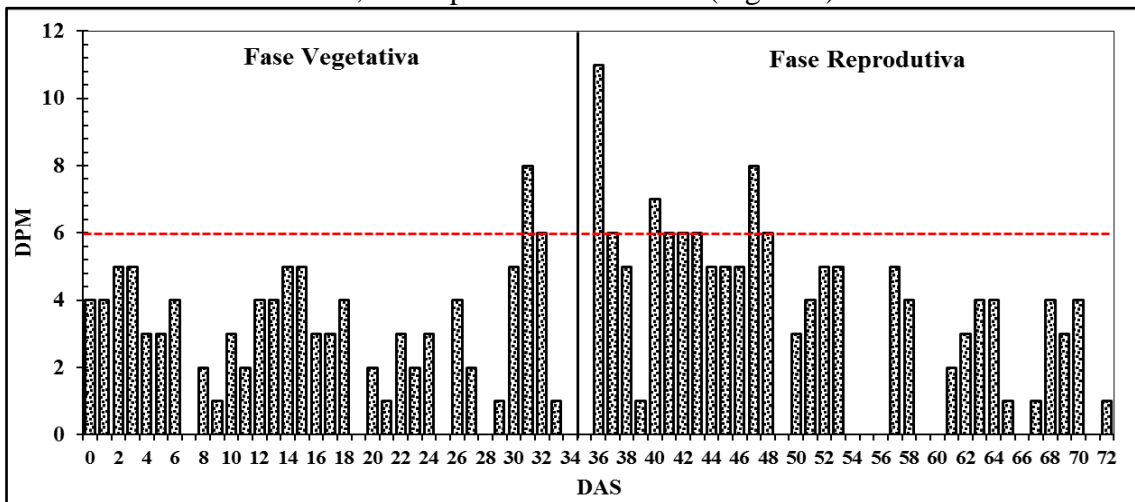


Figura 2. Comportamento da duração do período de molhamento no ciclo do feijão-caupi durante o período de 17/08/2016 e 28/11/2016 na Fazenda Escola de Castanhal-PA (FEC-UFRA), valores de NHUR \geq 79%, entre 18:00 e 6:00.

Fonte: Os autores.

Já na fase reprodutiva, verificou-se que nos dias 36, 40 e 47 indicaram uma maior incidência correspondendo a 11, 7 e 8 horas de molhamento na fase reprodutiva. Esses valores expressivos se devem pelo fato de possuírem mais de 6 horas de DPM (Figura 2).

Em condições propícias de temperatura, como 22°C à 28°C, e associado a presença da alta umidade relativa no ambiente, são fatores ideais que promovem ocorrência de doenças. Classificada como uma das principais doenças que assolam o cultivo do feijão-caupi, a ferrugem se caracteriza por causar manchas no folíolo, havendo assim a queda precoce de suas folhas e consequentemente afetando diretamente na produção de grão, devido à redução (TSUKAHARA et al., 2008). A

Mela, patógeno predominante em regiões úmidas e quentes, também apresenta efeitos danosos a cultura, os quais provocam lesões necróticas nos folíolos, e com isso reduzem o processo de fotossíntese, ocasionando a eventual morte da planta caso sejam transmitidos por sementes (NECHET & HALFELD-VIEIRA, 2006).

Em situações de umidade alta, levando em consideração a sua duração e quantidade como termos de medida, é apresentado como um dos principais fatores que contribuem para o processo de infecção de bactérias e fungos que em associação com a temperatura favorece o progresso de infecção do mesmo (SENTELHAS, 2004). Em conformidade com SINCLAIR E BACKMAN (1989), a infecção do patógeno ocorre no período de 6 horas em virtude da presença de água livre sobre a parte aérea dos vegetais. Como grande parte dos fungos necessita da presença de água livre para desencadear o seu processo de germinação dos esporos, quanto maior for a durabilidade do molhamento foliar, maiores são as possibilidades para que ocorra o estabelecimento do mesmo.

Entre as principais doenças que atuam na área foliar, destaca-se a presença da mancha angular, causada pelo fungo *Phaseoisariopsis griseola*, o qual se caracteriza pela presença de manchas em formatos angulares além de estabelecer a delimitação de suas nervuras, normalmente seu aparecimento ocorre no final do ciclo da cultura (VIECELLI et al., 2010). A ferrugem asiática, considerada também como outra doença de grande destaque, manifesta-se nas folhas com pontos escuros tendendo para o aumento dessas manchas à medida que os seus tecidos foliares vão morrendo e obtendo assim, uma coloração castanho-avermelhada (TSUKAHARA et al., 2008).

CONCLUSÕES

Constatou-se que no cultivo do feijão-caupi houve variações do molhamento no decorrer do seu ciclo, sendo evidente a presença de valores expressivos naqueles com mais de seis horas de DPM, caracterizado respectivamente pelos dias 31 na fase vegetativa e 36, 40 e 47 na fase reprodutiva, assim esses dias foram mais suscetível para o surgimento e estabelecimento dos patógenos na planta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, a CAPES e a FADESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade do professor Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza (processo nº 311145/2013-2. A Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação-Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H.A; MACHADO, RC.R. Estimativa da duração do período de molhamento por orvalho em um ecossistema cacau. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.724–728, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2010/2011**. Brasília: CONAB, 2011. 40p.

EMBRAPA MEIO-NORTE. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Feijão-caupi: biologia floral**. 2007. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/61893>> Acesso em: 04 abril. 2017.

- FILGUEIRAS, G. C. *et al.* Aspectos socioeconomicos. *In:*ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A Cultura do Feijão caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista, RR: EMBRAPA RORAIMA, 2009. 356 p.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2011, 84p.
- FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 407-476, 2008.
- NECHET, K.L. & HALFELD-VIEIRA, B.A. Caracterização de isolados de *Rhizoctonia* spp., associados à mela do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), coletados em Roraima. **Fitopatologia Brasileira** 31:505-508. 2006.
- SENTELHAS, P.C. **Duração do período de molhamento foliar: aspectos operacionais da sua medida, variabilidade espacial em diferentes culturas e sua estimativa a partir do modelo de Penman-Monteith**, 2004.p.4-5.
- SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. Saint Paul: APS Press, 1989.p.106.
- TSUKAHARA, R. Y.; HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. G. Relações entre o clima e progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas micro-regiões do Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 47-52, jan./mar. 2008.
- VIECELLI, C.A.; STANGARLIN, J.R.; KUHN, O.J.; Schwan-Estrada, K.R.F. Indução de resistência em feijoeiro a mancha angular por extratos de micélio de *Pycnoporus sanguineus*. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.1, p.73-80, 2010.

SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS COM MODELO AQUACROP, CASTANHAL-PA.

Igor Cristian de Oliveira Vieira ¹, Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes ², Erika de Oliveira Teixeira ³, João Vitor de Nóvoa Pinto ⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza ⁵

¹Graduando em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, cristianigor67@gmail.com; ²Doutorando em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, garilbalde@gmail.com; ³Graduanda em Agronomia UFRA, Belém, Pará, eriikateixeira@hotmail.com; ⁴Mestrando em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, jvitorpinto@gmail.com; ⁵Prof. Dr. Instituto SocioAmbiental e dos Recursos Hídricos, UFRA, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br.

RESUMO: O feijão caupi desempenha um importante papel na alimentação básica da população nas regiões Norte e Nordeste. Este trabalho tem como objetivo simular a biomassa do feijão caupi submetido a diferentes disponibilidades de água através do modelo AquaCrop. Experimentos foram conduzidos na Fazenda Escola da UFRA, com a cultivar BR3 Tracuateua, com quatro tratamentos que correspondem à reposição diária de diferentes percentuais da água perdida por evapotranspiração de cultura (ETc) (0%, 25%, 50% e 100%). A biomassa simulada pelo modelo foi comparada com a biomassa observada através de indicadores de desempenho. O modelo subestimou a biomassa dos tratamentos que receberam 0%, 25% e 50% da ETc, entretanto a biomassa simulada apresentou alta correlação com a biomassa observada em todos tratamentos, bem como um alto índice de desempenho. O modelo apresenta viabilidade para a simulação da biomassa em resposta à disponibilidade hídrica no solo, para a região.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata* L. Walp; Modelagem Agrometeorológica; Irrigação.

SIMULATION OF THE PRODUCTION OF COWPEA UNDER DIFFERENT WATER AVAILABILITY WITH MODEL AQUACROP, CASTANHAL-PA.

ABSTRACT: Cowpea plays an important role on fulfilling basic food needs of population in North and Northeast regions of Brazil. This work aims to simulate the biomass of cowpea on different soil water availabilities by using the AquaCrop model. Experiments were carried out on Experimental Farm of UFRA, with the cultivar BR3-Tracuateua, and four treatments, which correspond to daily replacement of a fraction of the water lost through crop evapotranspiration (ETc) (0%, 25%, 50%, and 100%). Predicted biomass was compared to the observed one with performance indicators. The model tends to underestimate the biomass of treatments that received 0%, 25% and 50% of ETc; however, predicted biomass shows a high correlation with measured biomass for all the treatments, as well as a high value for the performance index. It is possible to use the model to predict biomass in response to soil water availability for the region

KEY-WORDS: *Vigna unguiculata* L. Walp; agrometeorological modelling; Irrigation.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) tem grande importância na alimentação básica da população, devido seu alto valor nutritivo (BARBOSA, et al. 2010), sobretudo nas regiões Norte e Nordeste, (FARIAS et al., 2017). O Pará é o quarto maior produtor nacional, com produção de 42,94 mil toneladas e área de 56,80 mil hectares, concentrando-se a produção no nordeste paraense (EMBRAPA, 2012).

No entanto, alterações climáticas e manejo inadequado tem afetado a produção do feijão nas principais regiões de cultivo (CONAB, 2011). Desta forma, a irrigação viabiliza a produção aumentando a produtividade, regularizando o estado hídrico das plantas, para que não sofram com estresse hídrico (LIMA et al., 2016).

A água atua na forma e estrutura dos órgãos e é essencial para o crescimento e desenvolvimento das culturas por isso deve-se haver um bom fornecimento hídrico, (TAIZ; ZEIGER, 2013). Desta forma, modelos agrometeorológicos capazes de simular a biomassa e o rendimento tem se mostrado excelentes para um manejo e planejamento adequado das culturas (LIMA et al., 2016).

Um modelo muito utilizado por pesquisadores é o modelo de produção agrícola da FAO, o AquaCrop (RAES et al., 2012), sendo aplicado para diversas culturas, estabelecendo um equilíbrio entre a precisão e robustez (PAREDES et al., 2014). Portanto, o objetivo do trabalho foi simular a biomassa do feijão-caupi, através do modelo AquaCrop, em diferentes disponibilidades hídricas nas condições climáticas no município de Castanhal, no estado do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre os meses de setembro a novembro de 2015 sendo conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia, Castanhal-PA (1°19'24.48"S e 47°57'38.20"W). O solo da área é do tipo Latossolo amarelo de textura franco arenoso e o clima da região, segundo a classificação de Koppen, são do tipo Af (Farias et al. (2017). No centro da área experimental (0,3 ha) instalou - se uma torre micrometeorológica de 3 m de altura, equipada com diversos sensores. Eles foram conectados a um datalogger CR10X (Campbell Scientific) e a um multiplexador AM416 (Campbell Scientific) com leituras feitas a cada 10 segundos e gravação das médias a cada 10 minutos.

A cultivar utilizada foi a BR3-Tracuateua, e adotou-se como delineamento experimental o de blocos ao acaso, contendo 6 blocos e 4 tratamentos em cada bloco, que correspondiam a 100% (T100), 50% (T50), 25% (T25) e 0% (T0) de reposição da evapotranspiração da cultura através da irrigação, durante o início da fase reprodutiva (R5), sendo esta lâmina calculada e aplicada diariamente por um sistema de irrigação por gotejamento, maiores detalhes ver em Farias et al. (2017).

Foi utilizado o modelo agrometeorológico AquaCrop, versão 5.0, que incorpora os conhecimentos atuais das respostas fisiológicas das culturas em uma ferramenta que pode prever a biomassa e a produtividade das plantas cultiváveis em resposta à água disponível no solo. O modelo estima a curva de CC para toda a safra, considerando três fases de crescimento (RAES et al., 2012). Maiores detalhes ver em Farahani et al. (2009).

As simulações geradas pelo modelo foram avaliadas através dos testes de coeficiente de correlação (r), índice de concordância (d) (WILLMOTT et al., 1985), e de confiança (c), proposto por CAMARGO e SENTELHAS (1997), assim como o quadrado médio do erro (RMSE) de LOAGUE e GREEN (1991), o desvio médio do erro (MBE) e o teste estatístico-t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após inserção dos parâmetros da cultura no modelo AquaCrop vimos que ele mostrou bom desempenho na simulação da biomassa principalmente para o T100 e que este desempenho vem diminuindo à medida que o tratamento diminuiu (T50, T25, T0), mas esta diminuição não alterou o desempenho do modelo na simulação da Biomassa para o feijão-caupi. Ficou evidente que o modelo conseguiu simular a diminuição da biomassa em decorrência da diminuição da lâmina aplicada, em decorrência dos bons resultados (Figura 1).

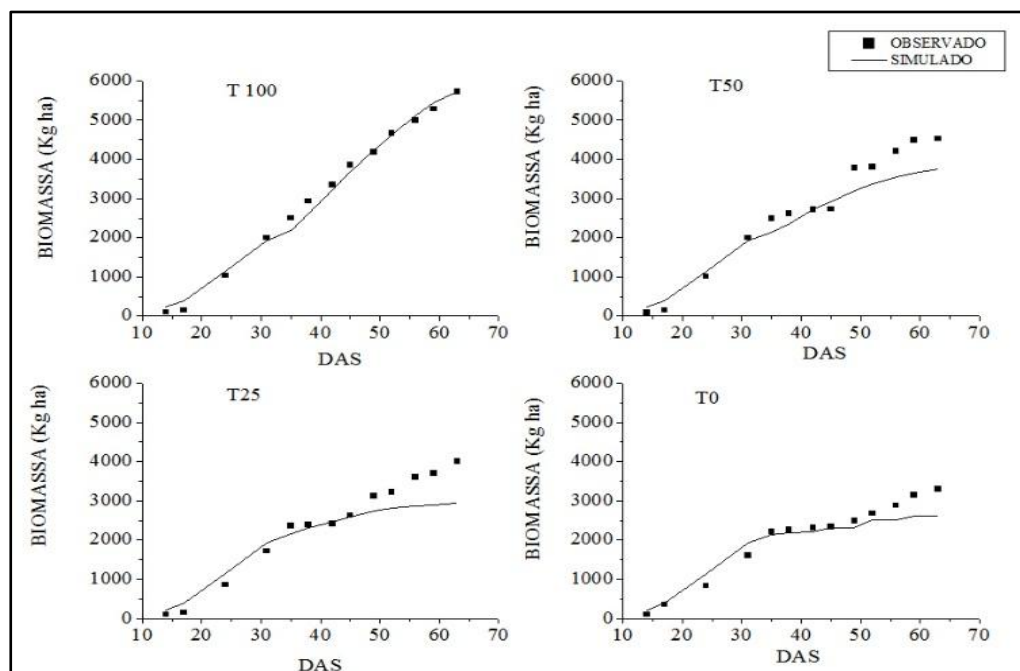


Figura 2. Biomassa observada e Biomassa Simulada pelo modelo AquaCrop, durante a etapa de calibração.

Fonte: (Autores, 2017).

Os valores simulados pelo modelo para a biomassa foram avaliados através dos indicadores de desempenho do modelo. Em relação à comparação de valores experimentais da biomassa durante a etapa de calibração. Para os tratamentos T50, T25 e T0 durante a calibração, foram observadas tendências de subestimação da biomassa (valores de MBE negativos, d (-107,18 a -249,73) e para o T100 quase não houve tendência em subestimar os valores simulados para a biomassa (MBE = -14,96), já todos os tratamentos obtiveram uma correlação (r e r^2) quase perfeita, classificada seguindo a metodologia de Hopkins (2009). Além disso, os erros estimativos foram aceitáveis (RMSE < 20%) e a eficiência (d e c) do modelo foi bem elevada para todos os tratamentos T100 (0,99), T50 (0,96), T25 (0,93) e T0 (0,94) (tabela 1).

Tabela 1. – Indicadores de avaliação do desempenho do modelo AquaCrop na simulação da Biomassa para a etapa de calibração.

Tratamentos	MBE	r	r ²	RMSE(%)	d	c	Desempenho
T100	-14,96	0,99	0,99	5	0,99	0,99	Ótimo
T50	-249,73	0,99	0,98	17	0,97	0,96	Ótimo
T25	-217,06	0,97	0,95	20	0,95	0,93	Ótimo
T0	-107,18	0,97	0,95	15	0,97	0,94	Ótimo

Fonte: (Autores, 2017)

De acordo com a classificação de desempenho de modelos, o modelo AquaCrop, após calibrado, pode ser considerado como ótimo, segundo o índice de confiança proposto por Camargo e Sentelhas (1997). Com o ajuste obteve-se valores confiáveis entre o simulado e o observado, obtendo ótimos valores de eficiência e concordância e erro variando entre $10\% < RMSE < 20\%$ o que segundo Jamieson *et al.* (1991) é considerado como uma boa simulação

CONCLUSÕES

O software AquaCrop é passível de ajuste para crescimento e desenvolvimento da cultura do feijão-caupi. Os baixos valores da RMSE para biomassa simulada demonstrou bom desempenho do modelo AquaCrop, o que resultou em uma boa associação entre as variáveis observadas e simuladas apresentando pequenos erros na estimativa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade do quinto autor (processo nº 311145/2013-2). À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. S.; SANTOS, M.A.S.; SANTANA, A.C. Análise socioeconômica e tecnológica da produção de feijão-caupi no município de Tracuateua, Nordeste Paraense. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, v. 5, n. 10, p. 7-25, 2010.

CAMARGO, A.P; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2010/2011**. Brasília: CONAB, 2011. 40p.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Produção de feijão-caupi**. Disponível em: <<http://www.cnfap.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 21 set. 2014.

FARIAS, V.D.S. et al. Water demand, crop coefficient and uncoupling factor of cowpea in the eastern Amazon. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 190 – 200 jan. – mar., 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n121rc>.

FARAHANI H.J.; IZZI G.; OWEIS T. Parameterization and evaluation of the AquaCrop model for full and deficit irrigated cotton. **Agronomy Journal**, 101:469–476, 2009.

HOPKINS, W. G. Correlation coefficient. 2009. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html> Acessado em: 27 de Abril de 2017.

JAMIESON, P. D.; PORTER, J. R.; WILSON, D. R. A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. **Field Crops Research**, 27, p. 337-350, 1991.

LIMA, M.J.A.; FARIAS V.D.S.; COSTA, D.L.P.; SAMPAIO, L.S.; SOUZA, P.J.O.P. 2016. Efeito combinado das variáveis meteorológicas sobre a condutância estomática do feijão-caupi. **Horticultura Brasileira** 34: 547-553. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160414>

LOAGUE, K. AND GREEN R.E. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: Overview and application. **J. Contam. Hydrol.** 7(1-2): 261-283, 1991.

PAREDES, P.; DE MELO-ABREU, J.P.; ALVES, I.; PEREIRA, L.S. Assessing the performance of the FAO AquaCrop model to estimate maize yields and water use under full and deficit irrigation with focus on model parameterization. **Agric. Water Manag.** 144:81–97, 2014.

RAES, D.; STEDUTO, P.; HSIAO, T.C.; FERERES, E. Crop water productivity. Calculation procedures and calibration guidance. AquaCrop version 4.0., **FAO**, Land and Water Development Division, Rome, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J.; FEDDEMA, K.M.; KLINK, D.R. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.

PROGRESSO DA MANCHA DE SEPTÓRIA E PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL EM SANTA MARIA, RS

Silvane Isabel Brand¹, Arno Bernardo Heldwein², Sidinei Zwick Radons³, Jocélia Rosa da Silva⁴; Adriana Almeida do Amarante⁵

¹ Engenheira Agrônoma, Doutoranda do PPG-ESA, ESALQ-USP, Piracicaba, SP, Fone: (19) 3429-4123, silvanebrand@usp.br;

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da UFSM, Santa Maria, RS, Bolsista PQ CNPq, arnob.heldwein@pq.cnpq.br;

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Prof. Adjunto, Campus Cerro Largo, UFFS, Cerro Largo, RS, radons@uffs.edu.br;

⁴ Engenheira Agrônoma, Mestranda do PPGA, UFSM, Santa Maria, RS, joceliarosa.s@gmail.com;

⁵ Estudante de Agronomia, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria, RS, 19dricaa@gmail.com.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o progresso da mancha de septória e produtividade do girassol em duas datas de semeadura. Foram realizados dois experimentos com semeaduras em novembro e janeiro, com espaçamento entre linhas de 0,7 m e 0,33 m entre plantas. Os tratamentos culturais seguiram a recomendação da cultura. Os tratamentos consistiram em inoculação, em ambos os experimentos, com o patógeno *Septoria helianthi*. No experimento de novembro a inoculação ocorreu no estágio R4 e no experimento de janeiro em estágio R1. Foram avaliados o progresso da doença através da severidade média, Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACDP) e Duração da Área Foliar Sadia (DAFS). Além disto em ambos os cultivos foi avaliada a produtividade do girassol. Para avaliar a diferença entre os experimentos foi realizado o teste t a 5% de probabilidade do erro. O experimento de janeiro promoveu os maiores valores de severidade média, AACPD e DAFS e menor produtividade, provavelmente devido as condições de maior precipitação e temperatura mais amena que favoreceram o crescimento e expansão da doença. A redução da produtividade da cultura foi de 63% a 93% em relação a produtividade média brasileira do girassol.

PALAVRAS-CHAVE: *Septoria helianthi*, *Helianthus annuus*, AACPD, DAFS, Rendimento.

PROGRESS OF SEPTORIA SPOT AND PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER IN SANTA MARIA, RS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the progress of the septoria leaf spot and the sunflower production in two sowing dates. Two experiments were carried out with sowing in November and January, with 0.7 m spacing between lines and 0.33 m between plants. Cultural dealings followed the recommendation of culture. The treatments consisted of inoculation, in both experiments, with the pathogen *Septoria helianthi*. In the experiment of November the inoculation occurred in stage R4 and in the experiment of January in stage R1. The progression of the disease was evaluated through the mean severity, Area Under Disease Progress Curve (AUDPC) and Healthy Leaf Area Duration (HAD). In addition, the yield of sunflower was evaluated in both experiments. In order to evaluate differences between the experiments, the t-test at 5% of the error probability was performed. The January experiment promoted the highest values of mean severity, AUDPC and HAD and lower productivity, being due to the conditions of greater precipitation and mild weather that favored the growth and expansion of the disease in the area. The crop yield reduction was 63% to 93% in relation to the Brazilian average productivity of the sunflower.

KEY-WORDS: *Septoria helianthi*, *Helianthus annuus*, AACPD, DAFS, Yield.

INTRODUÇÃO

A cultura do girassol é uma cultura em expansão no cenário agrícola brasileiro, devido a característica de ser mais tolerante a períodos de menor precipitação e a faixa de temperatura ser bastante ampla, possuindo adaptabilidade a diferentes locais e ser uma alternativa num sistema de rotação de cultura (CASTRO et al., 1996).

A produtividade da cultura vem aumentando ao longo dos últimos anos, contudo nas duas últimas safras esta teve uma pequena diminuição (CONAB, 2017). Sua produtividade é comprometida por diversas doenças de origem fúngica, bacteriana e viral, sendo as perdas médias em torno de 12%, mas em casos mais severos pode chegar a 100% de acordo com as condições meteorológicas. Com relação a mancha de septória (*Septoria helianthi* ELLIS; KELLERMAN, 1883), cujo primeiro registro ocorreu em 2007 na região central do Rio Grande do Sul (MALDANER et al., 2009), em pouco tempo poderá ser mais uma das doenças que promovam redução significativa na produtividade da cultura. Em Dakota nos EUA, em estudo que avaliou a perda ocasionada pela mancha de septória no girassol, esta redução já alcançava 15,5% a 30 anos atrás (CARSON, 1987).

Diante disto, objetivou-se com este trabalho avaliar o progresso da mancha de septória e a produtividade do girassol em duas datas de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em Santa Maria, RS (latitude: 29° 43' 23''S, longitude: 53° 43' 15''W e altitude: 95 m). O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa sendo caracterizado como subtropical úmido com verão quente e sem estação seca definida (ALVARES et al., 2014). O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2006).

As práticas de semeadura e demais tratamentos culturais seguiram a recomendação para a cultura (EMBRAPA, 2014) bem como a adubação (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2004).

Foram realizadas semeaduras em 24 de novembro de 2015 (Experimento 1) e 26 de janeiro de 2016 (Experimento 2). Nas duas datas foi semeado o híbrido simples Altis 99, adotando-se o espaçamento de 0,7 metros entre linhas e 0,33 metros entre plantas na linha. Cada parcela era composta de 4 fileiras de plantas com 5 m de comprimento, perfazendo uma área total de 14 m² e área útil de 8,4 m².

O tratamento foi composto de inoculações do patógeno *Septoria helianthi*, estando as plantas, em ambos os experimentos, no início do estágio reprodutivo. No experimento 1 a inoculação ocorreu no dia 04 de fevereiro de 2016, quando as plantas estavam no estágio R4, e no segundo experimento quando a cultura estava no estágio R1, em 11 de março de 2016. A inoculação nos dois experimentos foi realizada na concentração de 1×10^5 UFC mL⁻¹ (REIS, 2010). O patógeno se encontrava com 35 dias desde sua repicagem. A inoculação ocorreu no final da tarde, após um evento de precipitação pluviométrica, a fim de garantir a colonização da cultura pelo patógeno. Cada tratamento foi composto por três repetições.

As avaliações de severidade foram iniciadas após a visualização dos primeiros sintomas após a inoculação. A severidade observada foi determinada através da comparação com a chave diagramática proposta por Leite e Amorim (2002) para mancha de alternária, sendo estimada a porcentagem de tecido doente, ou seja, com sintoma da doença. As observações da severidade da doença foram realizadas no terço inferior médio e superior das plantas, com posterior cálculo da média, sendo avaliadas duas plantas por parcela, três vezes por semana.

Com os valores de severidade foi calculada a evolução da doença através da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) e da Duração da Área Foliar Sadia (DAFS) de acordo com metodologia proposta por Campbell e Madden (1990).

As variáveis meteorológicas que influenciam o desenvolvimento da doença são alta umidade do ar ou orvalho e temperatura do ar (AGRIOS, 2004). Dessa forma, foram obtidas as variáveis meteorológicas temperatura média do ar (°C), temperatura máxima do ar (°C) e temperatura mínima do ar (°C), umidade relativa do ar (%), precipitação pluvial (mm) e radiação solar (MJ m² dia) da estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) situada a cerca de 90 metros do experimento. Estas variáveis meteorológicas foram analisadas após a inoculação do patógeno *Septoria helianthi* nas plantas de girassol.

No estágio fenológico R8 foi realizada a colheita de 10 capítulos por parcela, procedendo-se a debulha manual. Após os grãos foram secos em estufa a uma temperatura de 60 °C por 72 horas, sendo então pesados e medida a sua umidade, corrigindo o peso para 13% de umidade a fim de obter a produtividade em kg ha⁻¹.

A análise dos resultados dos dois experimentos foi realizada pelo teste t a 5% de probabilidade do erro para as variáveis severidade média, AACPD, DAFS e produtividade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições experimentais após a inoculação da *Septoria helianthi* no girassol foram distintas no experimento 1 se comparadas às do experimento 2, com menor precipitação e maior radiação solar e temperatura média e mínima do ar (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios dos elementos meteorológicos, Temperatura média do ar (Tmed), Temperatura máxima do ar (Tmax) e Temperatura mínima (Tmin) do ar, Umidade Relativa média do ar (UR), Precipitação pluvial acumulada (Prec) e Radiação Solar média diária (Radiação) após a inoculação de *Septoria helianthi* no girassol.

Experimento	Tmed (°C)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	UR (%)	Prec (mm)	Radiação (MJ m ² d ⁻¹)
1	23,5	12,8	35,2	84,4	161,8	19,5
2	21,4	4,1	35,6	86,4	323,6	12,0

No experimento 2 as plantas apresentaram maior valor de severidade média, AACPD e DAFS, sendo que a produtividade da cultura foi menor (Tabela 2). A maior DAFS obtida para o experimento com semeadura em janeiro deve-se a maior área foliar da cultura obtida nesta data de semeadura. Os maiores valores de progresso da doença no experimento 2 se devem às condições de maior precipitação que promoveram uma dispersão do patógeno na área e, com isto, a doença se expande de maneira mais rápida (AGRIOS, 2004). Outro fator que influencia no desenvolvimento da doença é a temperatura, que foi mais amena no experimento 2, uma vez que, a temperatura do ar para a *Septoria helianthi* se desenvolver é de 10 °C a 27 °C (AGRIOS, 2004). A

colonização do patógeno na cultura é também favorecida pelo molhamento foliar e, como no experimento 2 a umidade relativa do ar média e precipitação foram maiores, resultando em maiores horas de molhamento foliar.

A inoculação do patógeno no estágio R4 no experimento 1, e no estágio R1 no experimento 2, reduziu a produtividade se comparada à média nacional da safra 2015/16 que foi de 1.216 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017). Assim, a produtividade foi reduzida de 65% a 93%, o que demonstra que a mancha de septória tem potencial de causar perdas consideráveis na produtividade do girassol.

Tabela 2. Valores de severidade media (SEV), Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), Duração da Área Foliar Sadia (DAFS) e Produtividade (Prod) do girassol em condições de inoculação de *Septoria helianthi* em duas datas de semeadura.

Experimento	SEV (%)	AACPD	DAFS	Prod (kg ha ⁻¹)
1	39,56b	1606,99b	46,9b	435,47a*
2	52,17a	2528,87a	55,2a	80,25b

* Medias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de t ao nível de 5 % de significância.

CONCLUSÕES

Semeadura na segunda quinzena de janeiro com inoculação do patógeno *Septoria helianthi* no estágio R1 promove maior severidade média, AACPD e DAFS e menor produtividade no girassol quando comparada a semeadura de novembro.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão das respectivas bolsas de estudo e de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGRIOS, G.N. Plant Diseases caused by fungi. In: _____. **Plant Pathology**.5.ed. San Diego: Academic Press, 2004. cap.8, p.460-463.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G., LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Forecasting plant diseases. In: _____. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. Cap.15, p.423-452.

CARSON, M. L. Effect of two foliar pathogens on seed yield of sunflower. **Plant Disease (EUA)**. v. 71 (6) p. 549-551, 1987.

CASTRO, C. et al. **Cultura do girassol: tecnologia de produção**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. 19p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 67).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Séries históricas. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em 23 abr. 2017.

ELLIS, J. B.; KELLERMAN, W. A. 1883. New species of North American fungi. The American Naturalist. 17:1164-1166

EMBRAPA. **Cultivo do girassol**. Embrapa Soja. 2014. Disponível em <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/girassol>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa - SPI; Rio de Janeiro: Embrapa - Solos, 2006. 306 p.

LEITE, R. M. V. B. C.; AMORIM, L. Elaboração e validação de escala diagramática para mancha de Alternária em girassol. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.28, p.14-19, 2002.

MALDANER, I. C. et al. Primeiro relato de *Septoria helianthi* em girassol no Brasil. In: Reunião Nacional da Pesquisa do Girassol, 18, 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 282-287. 2009.

REIS, A. **Patogenicidade de isolados de *Septoria lycopersici* e resistência de espécie de *Solanum***. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 70. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2010. 16 p.

EXCESSO HÍDRICO EM ANO DE EL NIÑO E PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL EM SANTA MARIA, RS

Silvane Isabel Brand¹, Arno Bernardo Heldwein², Jocélia Rosa da Silva³, Adriana Almeida do Amarante⁴, Leidiana da Rocha⁵

¹ Engenheira Agrônoma, Doutoranda do PPG-ESA, ESALQ-USP, Piracicaba, SP, Fone: (19) 3429-4123, silvanebrand@usp.br;

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da UFSM, Santa Maria, RS, Bolsista PQ CNPq, arnob.heldwein@pq.cnpq.br;

³ Engenheira Agrônoma, Mestranda do PPGA, UFSM, Santa Maria, RS, joceliarosa.s@gmail.com;

⁴ Estudante de Agronomia, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria, RS, 19dricaa@gmail.com;

⁵ Engenheira Agrônoma, Mestranda do PPGA, UFSM, Santa Maria, RS, leidi-r1@hotmail.com.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a ocorrência de excesso hídrico e seus efeitos na produtividade do girassol, Índice de Área Foliar (IAF) e altura da cultura. O experimento foi conduzido, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. A semeadura foi realizada no dia 03 de setembro de 2015 com o híbrido simples Helio 358, seguindo as recomendações técnicas para a cultura, sendo adotado espaçamento entre linha de 0,7 m e 0,33 m entre plantas. Ao longo do cultivo foram observadas as variáveis fenológicas e fenométricas, como altura de planta e largura foliar, para posterior cálculo do IAF. A produtividade foi obtida com a colheita de 60 capítulos com a debulha dos mesmos, secagem em estufa e mensuração da umidade, com posterior ajuste para 13% de umidade. Para avaliação da ocorrência de excesso hídrico, através do balanço hídrico, foram utilizados os dados meteorológicos da Estação Meteorológica Automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, localizada a 90 metros do experimento. Ao longo do cultivo ocorreu predominância de excesso hídrico, que superou em 81% a evapotranspiração da cultura e alcançou 249 mm em apenas um decêndio. Infere-se que a produtividade de grãos, o IAF e a altura das plantas foram reduzidas devido ao excesso hídrico e que o pequeno déficit hídrico no terceiro decêndio de novembro não foi suficiente para afetar essas variáveis.

PALAVRAS-CHAVE: *Helianthus annuus*, Disponibilidade hídrica, Rendimento, IAF, Altura de planta.

WATER EXCESS IN YEAR OF EL NIÑO AND SUNFLOWER PRODUCTIVITY IN SANTA MARIA, RS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the occurrence of water excess and its effects on sunflower productivity, leaf area index (LAI) and crop height. The experiment was conducted at the Department of Plant Science of the Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS. The sowing was performed on September 03, 2015 with the simple hybrid Helium 358, following the technical recommendations for the crop, being adopted line spacing of 0.7 m and 0.33 m between plants. Throughout the cultivation phenological and phenometric variables were observed, such as plant height and leaf width, for later calculation of LAI. The productivity was obtained by harvesting 60 chapters with threshing, oven drying and moisture measurement, with subsequent adjustment to 13% moisture. For the evaluation of the occurrence of water excess, through the water balance, the meteorological data of the Automatic Meteorological Station belonging to the National Institute of Meteorology, located 90 meters from the experiment were used. During the cultivation, there was a

predominance of water excess, which surpassed in 81% the crop evapotranspiration and reached 249 mm in only one decade. It is inferred that grain yield, LAI and plant height were reduced due to water excess and that the small water deficit in the third decendio of November was not enough to affect these variables.

KEY-WORDS: *Helianthus annuus*, Water availability, Yield, IAF, Plant height.

INTRODUÇÃO

A cultura do girassol apresenta características de adaptabilidade a uma faixa ampla de temperatura e tolera condições de estresse hídrico, embora quando estas são severas comprometem a sua produção (CASTRO et al., 1996; LEITE et al., 2007). Os efeitos do excesso hídrico são semelhantes ao do déficit hídrico tais como, redução da área foliar e da duração da mesma, redução da fotossíntese e produtividade da cultura (GRASSINI et al., 2007). Isto decorre da falta de oxigênio no sistema radicular da planta, reduzindo sua atividade e a planta então não absorve água na quantidade que a cultura demanda (YORDANOVA; POPOVA, 2007).

Considerando o estado do Rio Grande do Sul, há um efeito mais pronunciado dos fenômenos ENOS, ocorrendo em geral nos anos de El Niño uma maior precipitação, sendo que o oposto é observado em anos de La Niña (FONTANA; BERLATO, 1996). Assim, em anos de El Niño a ocorrência de excesso hídrico é maior e com isto acarreta em diferentes respostas das culturas.

O girassol tolera certo nível de estresse hídrico e por isso objetivou-se com este trabalho avaliar a ocorrência de excesso hídrico e os seus efeitos na produtividade, Índice de Área Foliar (IAF) e altura das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, RS (latitude: 29° 43' 23''S, longitude: 53° 43' 15''W e altitude: 95 m). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa sendo classificado como subtropical úmido com verão quente e sem estação seca definida (ALVARES et al., 2014). O solo no qual foi conduzido o experimento é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2006).

A semeadura ocorreu no dia 03 de setembro de 2015, sendo utilizado o híbrido simples Helio 358. O espaçamento adotado foi de 0,7 metros entre linhas e 0,33 metros entre plantas. Os tratos culturais e adubação foram realizados de acordo com as recomendações da cultura (EMBRAPA, 2014; COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2004).

Ao longo do cultivo foram mensuradas as variáveis fenométricas, tais como altura de planta e da largura máxima das folhas (L), sendo então a L utilizada no cálculo da área foliar (AF) (MALDANER et al., 2009) e, posteriormente, o cálculo do Índice de Área foliar (IAF) em função da AF e espaçamentos entre plantas e entre linhas. Também foram avaliadas a fenologia da cultura seguindo escala proposta por Schneiter e Miller (1981) e Fagundes et al. (2007). Para obter a produtividade dos grãos, foi realizada a debulha manual, seguida da secagem em estufa e após, foi mensurada a umidade, a qual foi corrigida para 13%.

Para o cálculo do balanço hídrico, foi utilizado o método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), utilizando-se dados meteorológicos da Estação

Meteorológica Automática do Instituto Nacional de Meteorologia, cuja distância da área experimental é de cerca de 90 metros. Foi considerado o valor de capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) de 122 mm, determinado para a área experimental por Loose (2015). A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada pelo método de Penman-Monteith (PM), sendo utilizadas as variáveis meteorológicas da mesma estação. Para o cálculo da evapotranspiração da cultura multiplicou-se a ET_o pelo coeficiente de cultura de acordo com valores proposto por Doorenbos e Kassam (1994).

A análise dos resultados foi feita através da avaliação dos parâmetros de produtividade e do balanço hídrico do girassol.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições experimentais durante o cultivo do girassol em ano de El Niño, apresentaram predominância de períodos de excesso e, apenas o terceiro decêndio de novembro (N3), com um pequeno déficit hídrico (Tabela 1). Apenas no estabelecimento da cultura e no início do período de enchimento de grãos, no primeiro decêndio de setembro e no último decêndio de novembro, respectivamente, ocorreu precipitação menor que a evapotranspiração da cultura. Mesmo assim, em dois dos três decêndios sem excesso hídrico a demanda hídrica foi atendida. No restante do período ocorreu precipitação mais elevada que a demanda e assim a cultura apresenta um excesso hídrico acumulado significativo que só no primeiro decêndio de outubro alcançou 248,9 mm, sendo o acumulado no ciclo de 592,4 mm. O déficit hídrico de apenas 8,9 mm, embora tenha ocorrido quando as plantas se encontravam no subperíodo da antese, considerada a fase de maior necessidade hídrica, não pode ser considerado como o fator principal da baixa produtividade obtida (Tabela 2).

Tabela 1. Balanço Hídrico de acordo com o método de Thornthwaite e Mather 1955, considerando a ET_o de acordo com Penman-Monteith, precipitação para os decêndios de setembro a dezembro equivalente ao período de cultivo do girassol para Santa Maria-RS.

Dec	Dias	ET _o (mm)	kc	ET _c (mm)	P (mm)	P- ET _c	NAc	ARM (mm)	ALT (mm)	ET _r (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	ET _r /ET _c
S1	8	21,7	0,4	7,6	0,0	-7,6	-9,9	112,4	-7,2	7,2	0,4	0,0	1,0
S2	10	20,2	0,4	7,1	61,3	54,2	0,0	122,0	9,5	7,1	0,0	44,7	1,0
S3	10	24,6	0,8	18,4	107,3	88,9	0,0	122,0	0,0	18,4	0,0	88,9	1,0
O1	10	26,6	1,2	30,6	279,5	248,9	0,0	122,0	0,0	30,6	0,0	248,9	1,0
O2	10	31,3	1,2	36,0	55,0	19,0	0,0	122,0	0,0	36,0	0,0	19,0	1,0
O3	11	42,2	1,2	48,5	93,9	45,4	0,0	122,0	0,0	48,5	0,0	45,4	1,0
N1	10	32,6	1,2	37,5	70,6	33,1	0,0	122,0	0,0	37,5	0,0	33,1	1,0
N2	10	32,4	1,2	37,2	89,4	52,2	0,0	122,0	0,0	37,2	0,0	52,2	1,0
N3	10	47,1	1,2	54,2	4,3	-49,9	-49,9	81,0	-41,0	45,3	8,9	0,0	0,8
D1	10	47,8	0,8	35,8	59,7	23,9	-18,4	104,9	23,9	35,8	0,0	0,0	1,0
D2	9	40,6	0,4	14,2	91,6	77,4	0,0	122,0	17,1	14,2	0,0	60,3	1,0

ET_o – Evapotranspiração de Referência (PM); K_c – coeficiente de cultura; ET_c – Evapotranspiração da cultura; P – Precipitação; NAc – Negativo Acumulado; ARM – Armazenamento de Água do Solo; ALT – Alteração no Armazenamento; ET_r – Evapotranspiração Real; DEF – Deficiência Hídrica; EXC – Excedente Hídrico.

A altura da cultura do girassol na condição do ano de El Niño 2015/16, com excedente hídrico 81% maior do que a ET_c, promoveu diminuição da altura de plantas

se comparado ao valor acima de 150 cm encontrado por Maldaner (2009) para o mesmo híbrido e em local próximo ao do atual estudo. A produtividade, de acordo com este mesmo autor foi maior em condições de ano de La Niña, mas com irrigação, sendo na ordem de 94% maior do que a obtida neste estudo. Isto demonstra o potencial de redução na produtividade do girassol em condições de excesso hídrico. Pitol et al. (2015) verificaram que em semeaduras de agosto e início de setembro a probabilidade de ocorrência de excesso hídrico é menor. O Índice de Área Foliar (IAF) também foi cerca de 30% menor se comparado ao estudo de Maldaner (2009), que para o período de safra obteve valor de IAF maior que 3.

Tabela 2. Parâmetros de produtividade do girassol em ano de El Niño com relação ao Índice de Área Foliar Máximo médio (IAF_{max,med}), Altura máxima média (h_{max,med}), Diâmetro médio de capítulo, produtividade em Kg ha⁻¹.

Experimento	IAF _{max,med} (m ² m ⁻²)	h _{max,med} (cm)	Prod (kg ha ⁻¹)
El Niño (2015/2016)	2,09	127,3	219,8

CONCLUSÕES

Através do balanço hídrico sequencial para a cultura do girassol observou-se que ao longo do ciclo de cultivo predominaram os períodos de excesso hídrico. Este excesso hídrico teve efeito negativo na produtividade, no IAF e na altura das plantas do girassol.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas respectivas concessões de bolsas.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CASTRO, C. et al. **Cultura do girassol**: tecnologia de produção. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1996. 19p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 67).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Séries históricas. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em 20 abr. 2017.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento dos cultivos. **Tradução de hR ghevy et al. Campina grande: uFPb**, 1994.

EMBRAPA. **Cultivo do girassol**. Embrapa Soja. 2014. Disponível em <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/girassol>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa - SPI; Rio de Janeiro: Embrapa - Solos, 2006. 306 p.

GRASSINI, P. et al. Responses to short-term waterlogging during grain filling in sunflower. **Field Crops Research**, v.101, p.352-363, 2007.

LEITE, R.M.V.B.C. et al. Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 4p. (**Comunicado Técnico, 78**).

MALDANER, I. C. Irrigação e aplicação de fungicida na ocorrência de doenças e produtividade do girassol. 2009. 93 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2009.

LUCAS, D. D. P. et al. Excedente hídrico em diferentes solos e épocas de semeadura do girassol no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 6, p. 431-440, 2015.

YORDANOVA, R.; POPOVA, L. Flooding-induced changes in photosynthesis and oxidative status in maize plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.29, p.535-541, 2007.

ESTIMATIVA DO NÚMERO DE HORAS DE FRIO PARA A CIDADE DE JUÍZ DE FORA (MG)

Rayan Reis Miranda Leite¹, Bruna Andreлина Silva², Lara Amanda Marques Vieira³,
Ana Flávia Martins Monteiro⁴, Ana Letícia Campos Yamamoto⁵

¹Graduando em Ciências Atmosférica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, rayanmirandda@gmail.com; ²Graduanda em Ciências Atmosférica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, brunaandrelina@gmail.com; ³Graduanda em Ciências Atmosférica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, laramanda96@gmail.com; ⁴Graduanda em Ciências Atmosférica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, martiinsanaa@gmail.com; ⁵Graduanda em Ciências Atmosférica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, leticia_yamamoto@hotmail.com

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade de número de horas de frio acumulado (NHF) abaixo de 7 °C, 10 °C e de 13 °C para a região de Juiz de Fora (MG), no período de 15 de maio a 15 de setembro de 1987 a 2016. As horas de frio diárias foram obtidas pelo método trigonométrico, baseado em sete condições, a partir dos valores das temperaturas mínima (T_m), máxima (T_M), e das 21 horas do ar (T_{21}). A estimativa de NHF foi calculada de modo que se considerou duas situações para a temperatura das 21 horas, do dia em questão e do dia anterior. Verificou-se que os maiores valores de NHF ocorreram para as temperaturas basais inferiores a 13 °C, seguido de 10 °C e 7 °C, para a T_{21} do dia anterior.

PALAVRAS-CHAVE: Agrometeorologia, temperatura base, modelos.

ESTIMATIVE OF CHILLING HOURS TO JUÍZ DE FORA (MG)

ABSTRACT: The objective of this study was evaluate the chilling hours requirements below 7 °C, 10 °C and 13 °C in the region of Juiz de Fora (MG), for the period 1987 to 2016 comprising 15th May to 15th September. The daily chilling hours estimates were obtained by trigonometric models through seven cases, from the values of air temperature: minimum (T_m), maximum (T_M), and the 21 hours (T_{21}). The chilling hours was calculated considering two cases for the temperature, for the 21 hours of the day in question and for the previous day. It has been found that larger chilling hours values were obtained for lower basal temperatures of 13 °C, followed by 10 °C, and 7 °C, for the T_{21} from the previous day.

KEY-WORDS: Agrometeorology, base temperature, models.

INTRODUÇÃO

Dentre os fatores climáticos restritivos ao cultivo de plantas de clima temperado, destaca-se a insuficiência em frio invernal (MOTA et al., 1974; HELDWEIN, 1983). O frio invernal é considerado o principal fator exógeno para a indução à saída da dormência em gemas de espécies de clima temperado (CHAMPAGNAT, 1983). Entretanto, existe uma grande variabilidade de exigência em frio entre espécies e cultivares de mesma espécie, sendo necessária a identificação de regiões propícias ao cultivo.

Conceitualmente, entende-se por horas de frio o somatório do número de horas em que a temperatura do ar é igual ou inferior a um determinado valor de temperatura basal inferior que, em geral é igual a 7 °C, para culturas mais exigentes em frio, 13 °C,

para culturas menos exigentes em frio e, 10 °C, para culturas intermediárias. Este somatório é característico para cada espécie e cultivar para cumprir o repouso invernal (MOTA, 1992). O número de horas frio (NHF) pode ser obtido diretamente dos termogramas, métodos trigonométricos, ou pela estimativa através de modelos estatísticos, nos quais as variáveis independentes são, geralmente, os dados de temperatura do ar e temperatura basal inferior (T_b) (MOTA, 1957; ANGELOCCI et al., 1979; PEDRO JUNIOR et al., 1979; HELDWEIN, 1983; POLA; ANGELOCCI, 1993). Este estudo tem o objetivo de estimar o número de horas frio para Juiz de Fora (MG), através de dados diários de temperatura do ar pelo método proposto por Angelocci et al. (1979).

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se dados diários de temperatura mínima, máxima e das 21 h (hora local, do dia e do dia anterior), do ar, pertencentes à estação meteorológica de Juiz de Fora (21°41'S e 43°20'W) do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br>). O período utilizado para o cômputo do NHF foi de 15 de maio a 15 de setembro entre os anos de 1987 - 2016. Foram excluídos, os dias que não apresentavam dados das três temperaturas do ar e os meses com dados válidos inferiores a 50%.

O método utilizado para a estimativa do NHF foi o proposto por Angelocci et al. (1979), o qual consiste na aplicação de sete condições (Tabela 1).

Tabela 1. Condições e fórmulas para a estimativa de NHF, baseado no método de Angelocci et al. (1979).

Caso	Condições	Estimativa de NHF
1	$T_B > T_m; T_B \leq T_{21}; T_B < T_{M1}; T_B < T_{M2}$	$NHF = \frac{9(T_B - T_m)}{T_{21} - T_m} + \frac{8(T_B - T_m)}{T_{M2} - T_m}$
2	$T_B > T_m; T_B \geq T_{21}; T_B < T_{M1}; T_{M1} < T_{M2}$	$NHF = \frac{6(T_B - T_{21})}{T_{M1} - T_{21}} + \frac{8(T_B - T_m)}{T_{M2} - T_m} + 9$
3	$T_B > T_m; T_B \geq T_{M1}; T_B \leq T_{M2}$	$NHF = \frac{8(T_B - T_m)}{T_{M2} - T_m} + 16$
4	$T_B > T_m; T_B \geq T_{M2}; T_B \geq T_{21}; T_B < T_{M1}$	$NHF = \frac{6(T_B - T_{21})}{T_{M1} - T_{21}} + 17$
5	$T_B > T_m; T_B \leq T_{21}; T_B < T_{M1}; T_B > T_{M2}$	$NHF = \frac{9(T_B - T_m)}{T_{21} - T_m} + 8$
6	$T_B \geq T_{M1}; T_B \geq T_{M2}$	$NHF = 24h$
7	$T_B \leq T_m$	$NHF = 0h$

Em que: T_B - temperatura basal inferior (°C); T_m - temperatura mínima (°C); T_{M1} - temperatura máxima do dia anterior (°C); T_{M2} - temperatura máxima do dia em questão (°C) e; T_{21} - temperatura das 21h (°C).

Os valores de NHF foram calculados diariamente utilizando a temperatura das 21h do dia e posteriormente obtivemos um novo valor de NHF utilizando a temperatura das 21h do dia anterior. Após este feito, os valores foram acumulados mensalmente. Logo, para cada temperatura base (7 °C, 10 °C e 13 °C), tem-se dois valores de NHF.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, os valores acumulados de NHF foram maiores quando se utilizou a temperatura das 21 horas do dia anterior em relação aos resultados de NHF do dia em questão (Tabela 2). Além disso, as médias e os desvios padrões também foram relativamente maiores, considerando a T21h do dia anterior, principalmente para a $T_b = 13\text{ °C}$. Com relação a média anual notou-se uma ligeira diminuição nos valores de NHF desde 1988 até os dias atuais. Este resultado pode ser reflexo do aumento da temperatura devido às mudanças climáticas.

Tabela 2. Número de horas frio anual (média \pm desvio padrão) considerando as três temperaturas basais e condições de temperatura das 21 horas. Juiz de Fora-MG (1987 – 2016).

Ano	T ₂₁ do dia anterior			T ₂₁ do dia		
	13°C	10°C	7°C	13°C	10°C	7°C
1987	490,79	71,66	0,00	483,08	68,27	0,00
1989	516,60	90,88	0,00	504,90	87,46	0,00
1991	310,91	34,62	0,00	296,83	29,81	0,00
1992	151,83	0,64	0,00	154,40	0,45	0,00
1993	326,14	10,04	0,00	380,82	7,80	0,00
1994	440,88	132,03	23,91	421,64	133,11	18,59
1995	182,67	2,46	0,00	177,37	2,16	0,00
1996	711,31	94,46	5,28	705,75	91,36	5,74
1997	309,39	57,31	2,49	305,00	50,98	2,18
1998	311,48	37,02	0,00	320,28	41,00	0,00
1999	441,80	71,92	4,53	435,52	67,13	1,80
2000	497,36	108,22	13,41	495,70	94,82	11,48
2001	384,49	58,39	2,55	388,45	58,37	1,56
2002	129,20	12,37	0,00	113,38	5,46	0,00
2003	326,57	25,87	0,00	319,47	26,99	0,00
2004	547,88	137,62	1,96	539,71	139,85	1,86
2005	209,35	18,94	0,00	204,87	19,39	0,00
2006	365,01	31,64	0,00	355,85	32,26	0,00
2007	250,49	58,27	5,60	252,21	55,46	3,36
2008	279,94	11,21	0,00	265,00	6,87	0,00
2009	275,14	17,09	0,00	276,63	16,01	0,00
2010	291,24	61,69	0,00	294,76	62,58	0,00
2011	443,84	52,88	1,00	426,81	49,66	1,20
2012	82,51	2,30	0,00	61,32	2,35	0,00
2013	269,17	39,91	0,00	247,91	36,62	0,00
2014	80,85	4,90	0,00	78,90	2,28	0,00
2015	89,71	0,00	0,00	93,06	0,00	0,00
2016	137,14	35,46	0,00	141,19	28,92	0,00
Média	316,20	45,71	2,17	312,17	43,48	1,71
Desvio Padrão	156,70	39,40	5,15	156,36	39,09	4,11

Conforme os valores anuais estimados de NHF para Juiz de Fora, sugere-se o cultivo das frutíferas menos exigentes em NHF como o figo (<100h) e caqui (<100h). É inviável o cultivo de frutíferas com média ou muita exigência em frio, como o marmelo, oliveira, romã, pêssego e nectarina, devido a necessidade de um acúmulo em torno de 300 horas ou 560 horas de frio, respectivamente (PEDRO JÚNIOR et al., 2007). Outra espécie que não se adaptaria a região é a amora-preta, pois necessita de 600 a 800 NHF (SEGANTINI et al., 2014). A falta de atenção a este detalhe pode inviabilizar a produção e o rendimento das frutíferas de clima temperado por gerar anomalias como: atraso e irregularidade da brotação e floração, florescimento irregular. Além disso, é um parâmetro importante na introdução de qualquer espécie de frutífera de clima temperado.

CONCLUSÕES

Foi possível verificar que a região de Juiz de Fora não possui condições ideais para o plantio de espécies exigentes em NHF ($T_b < 7\text{ °C}$ e $T_b < 10\text{ °C}$). Em termos gerais, os resultados obtidos no cálculo de NHF com os valores da temperatura das 21h do dia anterior apresentaram maior número de dias que atendiam as exigências de frio especificadas por cada uma das três temperaturas basais.

AGRADECIMENTOS

Ao INMET pela disponibilidade dos dados. À FAPEMIG pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ANGELOCCI, L. R. et al. Estimativa do total de horas abaixo de determinada temperatura-base através das medidas diárias da temperatura do ar. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 4, p. 27-36, 1979.
- CHAMPAGNAT, P. Quelques réflexions sur la dormance des bourgeons des végétaux ligneux. **Physiologie Végétale**, Paris, v. 21, n. 3, p. 607-618, 1983.
- HELDWEIN, A. B. **Avaliação de métodos de estimativa de totais diários de horas de frio para Santa Maria, RS**. 1983. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP, 1983.
- MOTA, F. S. Mapeamento de Horas de Frio para Indicação do Cultivo de Fruteiras Criófilas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, p. 83-88, 1992.
- MOTA, F. S. et al. Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Pelotas: EMBRAPA/Secretaria da AgriculturaRS, 1974. 122 p. (Circular Técnica, 5).
- PEDRO JÚNIOR, M. J. et al. Época de Florescimento e horas de frio para pessegueiros e nectarinas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 425-430, 2007.

PEDRO JUNIOR, M. J. et al. Estimativa de horas de frio abaixo de 7 e de 13°C para regionalização da fruticultura de clima temperado no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.38, n.13, p.123-130, 1979.

SEGANTINI, D. M. et al. Exigência térmica e produtividade da amoreira-preta em função das épocas de poda. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 568- 575, 2014.

ESPACIALIZAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO PELO MÉTODO DE THORNTHWAITE

Dayanne de O. Prado¹, Anderson A. R. Santos², Guilherme B. Lyra³, José Leonaldo de Souza⁴, Gustavo B. Lyra⁵

¹Graduanda em Eng. Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, dayanne_pradovr@hotmail.com; ² Mestre em Eng. de Biosistemas, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, aamorimrs@gmail.com; ³ Agrônomo, Prof., Centro de Ciências Agrárias, UFAL, Rio Largo, AL, gbastoslyra@gmail.com; ⁴ Meteorologista, Prof., Inst. de Ciências Atmosféricas, UFAL, Rio Largo, AL, jls@ccen.ufal.br; ⁵ Meteorologista, Prof., Dpto. Ciências Ambientais, UFRRJ, Seropédica, RJ, gblyra@gmail.com

RESUMO: A evapotranspiração potencial (ET) foi interpolada para o estado do Rio de Janeiro utilizando técnicas de modelagem cartográfica e o método de Thornthwaite. A ET interpolada foi comparada com as estimativas do método de Penman-Monteith obtidas em função das séries dos elementos meteorológicos observados em estações meteorológicas do Rio de Janeiro (RJ) e na divisa de São Paulo, Minas Gerais e São Paulo com RJ. A interpolação mostrou estimativas exatas (coeficiente de concordância de Willmott e Raiz do Quadrado Médio do Erro) para a maioria dos meses, sendo a precisão (coeficiente de determinação) baixa. Os meses de verão/primavera e as regiões de menores altitudes apresentam as maiores ET, enquanto as menores ET ocorrem no inverno/outono e em regiões de maiores altitudes.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem cartográfica, SIG, modelos lineares.

ESPACIALIZATION OF POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO BY THORNTHWAITE METHOD

ABSTRACT: Potential evapotranspiration (ET) was interpolated for the state of Rio de Janeiro using cartographic modeling techniques and the Thornthwaite's method. The interpolated ET was compared with the estimates of the Penman-Monteith's method determined from series of meteorological elements observed in meteorological stations of Rio de Janeiro (RJ) and in the state of São Paulo, Minas Gerais and São Paulo in the border of RJ. Interpolation showed accurate estimates (Willmott's concordance coefficient and Mean Error Square Root) for most months and low precision (coefficient of determination). The summer/spring months and the lower altitudes show the highest ET, while the lowest ET occur in winter / autumn and in regions with higher altitudes.

KEY-WORDS: Cartographic modeling, GIS, linear models.

INTRODUÇÃO

A relação entre evapotranspiração e os elementos meteorológicos estabelece importante linha de pesquisa, pois permite a estimativa do consumo de água em diversas condições e locais, o que subsidia a suplementação de água para as culturas por meio da irrigação (MATZENAUER et al., 1998). Para projetar um sistema de irrigação que seja eficiente, deve se conhecer os componentes do balanço de água no solo, sendo os principais a precipitação e a evapotranspiração da cultura (ETc). Porém para realizar medidas diretas de ETc são necessários equipamentos ou sistemas onerosos, de difícil

instalação e manutenção, justificados apenas em condições experimentais (SANTOS et al., 2016).

Uma alternativa é estimar ET_c como produto da evapotranspiração de referência (ET_o) por um coeficiente de cultivo (K_c), que varia com o tipo de cultura e seu estágio de desenvolvimento (ALLEN et al., 1998). Dentre os vários métodos de estimativa que equivalem numericamente a ET_o , o de Thornthwaite (1948) se destaca pela sua simplicidade, pois necessita apenas da temperatura do ar, e apresenta estimativas satisfatórias em diversas condições climáticas, principalmente, em climas úmidos (SANTOS et al., 2016). O objetivo do presente trabalho é elaborar mapas de evapotranspiração de referência para o estado do Rio de Janeiro com base no método de Thornthwaite.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o estado do Rio de Janeiro (RJ) e regiões limítrofes dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo com o RJ, região Sudeste do Brasil. As séries dos elementos meteorológicos (temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e insolação) utilizadas na estimativa da evapotranspiração pelo método de Thornthwaite (1948) e Penman-Monteith FAO56 (ALLEN et al., 1998) foram obtidos em estações meteorológicas convencionais pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) distribuídas na área de estudo (Figura 1). Foram utilizadas séries climáticas de 28 estações, com observações que compreenderam os anos de 1961 a 2012.

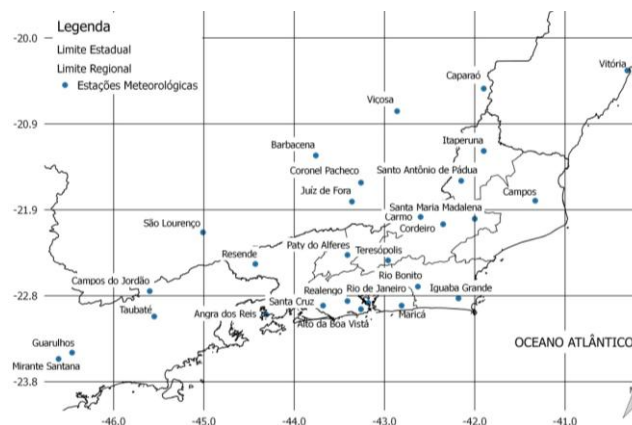


Figura 1. Mapa da região de estudo, Sudeste do Brasil, com destaque para as estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia.

O método de Thornthwaite (1948) para estimativa da evapotranspiração é descrito a seguir:

$$ETP_p = 16 \left(10 \frac{T_i}{I} \right)^a, 0^\circ\text{C} \leq T_i \leq 26^\circ\text{C} \quad (01)$$

em que, T_i é a temperatura do ar média mensal ($^\circ\text{C}$) e I é o índice térmico imposto pelo regime climático local calculado por:

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2T_i)^{1,514}, T \geq 0^\circ\text{C} \quad (02)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} I + 0,49239 \quad (03)$$

em que, i representa o mês do ano ($i=1$ - janeiro; ...; $i = 12$ - dezembro). A Eq. 01 fornece a evapotranspiração para a condição padrão de meses com 30 dias e dias com

12 horas de brilho solar, sendo ETP_p posteriormente corrigida para um mês de 28 ou 31 dias e fotoperíodo N, para estimar ETP mensal [$ETP = ETP_p (n/30) (N/12)$].

Mapas de temperatura do ar para cada mês foram espacializados em uma grade de 5 Km com auxílio da ferramenta *raster calculator* do SIG GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*). Essa ferramenta permitiu resolver em grade modelos de regressão linear múltiplo ajustados previamente a temperatura do ar de cada mês em função da latitude, longitude e altitude da área de estudo (BOHN et al., 2013). Na espacialização, o Modelo Digital de Elevação SRTM foi considerado para representar a altitude. Com os mapas de temperatura do ar mensal obtiveram-se os mapas dos coeficientes I (índice térmico) e depois o a (índice de aridez), resolvendo as Eqs. 02 e 03 em grade com auxílio do *raster calculator* do GRASS.

O fotoperíodo (N) foi estimado em função da latitude dos pontos de grade e do dia de ordem do ano (DOA), considerado o 15° de cada mês. A evapotranspiração potencial (ETP) foi então especializada, resolvendo a Eq. 01 em ponto de grade por meio do *raster calculator* para cada mês em função dos mapas de temperatura do ar do mês em questão, dos coeficientes I, a e, depois corrigida para o fotoperíodo (N) e o número de dias do mês, de forma a obter os mapas mensais de ETP no formato *raster*.

ETP mensal estimada nos pontos de grade mais próximos das estações meteorológicas foram comparados com ET_o determinada pelo método de Penman-Monteith FAO56 – PM-FAO56 em função dos dados observados (ALLEN et al., 1998), com o auxílio da ferramenta *v.sample* do SIG Qgis (*Quantum Gis*). O *v.sample* extrai nas coordenadas das estações meteorológicas a ETP dos mapas *raster* e comparada com ET_o determinada com os dados observados. Com os dados observados e interpolados foram determinados os seguintes índices estatísticos: coeficiente de regressão (r^2), coeficiente de concordância de Willmott (d) e a raiz do quadrado médio do erro (RQME).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Janeiro foi o mês que apresentou maior coeficiente de determinação ($r^2 = 0,609$), enquanto o menor r^2 foi observado em setembro (0,130). Ou seja, o modelo na maior parte dos meses teve precisão abaixo de 0,7 em relação a ET_o PM-FAO56 em função dos dados observados. O índice de concordância de Willmott (d) apresentou valor máximo de 0,778 (janeiro) e a pior exatidão em agosto (0,3970), seguido de setembro (0,412). Para todos os meses a exatidão foi superior a precisão da interpolação. A RQME é a medida da magnitude média dos erros estimados, e para Thornthwaite apresentou erros entre $0,64 \text{ mm d}^{-1}$ (fevereiro e setembro) e $0,30 \text{ mm d}^{-1}$ (maio e junho), que representaram em torno de 13 a 23 % da ET média mensal para o estado do RJ.

Tabela 1. Coeficiente de determinação (r^2), índice de concordância de Willmott (d), Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME, mm) entre a evapotranspiração interpolada com base no método de Thornthwaite e a evapotranspiração por Penman-Monteith FAO56 em função dos dados observados.

mês	r^2	d	RQME (mm d ⁻¹)
JAN	0,609	0,778	0,59
FEV	0,491	0,726	0,64
MAR	0,567	0,714	0,53
ABR	0,375	0,670	0,43
MAI	0,469	0,714	0,30
JUN	0,319	0,681	0,30
JUL	0,256	0,506	0,39
AGO	0,146	0,397	0,60
SET	0,130	0,412	0,64
OUT	0,202	0,571	0,50
NOV	0,359	0,731	0,39
DEZ	0,446	0,735	0,52

Em janeiro (verão) as regiões de governo Norte, Baixada, Metropolitana e a maior parte da região Noroeste e Costa verde foram as que apresentaram maior evapotranspiração, com valores até 5.5 mm d⁻¹ (Figura 2). As regiões com altitudes mais elevadas, da região Serrana tiveram os menores valores de ET, em torno de 1,5 mm d⁻¹. Em abril (outono) e julho (inverno), observou-se diminuição considerável nas taxas de ET. Em julho, ET variou entre < 1,5 até 2,5 mm d⁻¹. Novamente, as menores ET ocorreram nos locais mais elevados da serra do Mar, maciços da Tijuca e serra da Mantiqueira. Em outubro, ET voltou a aumentar, com valores entre < 1,5 e 3,5 mm d⁻¹.

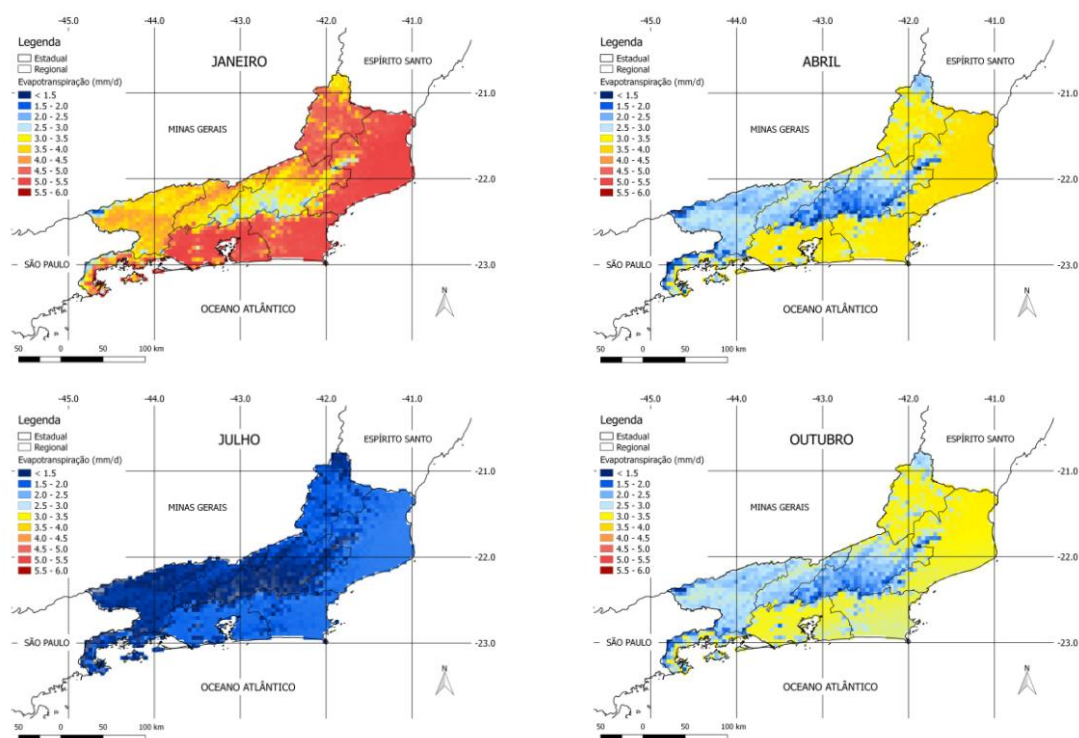


Figura 2. Evapotranspiração de referência para os meses de janeiro, abril, julho e outubro.

outubro para o estado do Rio de Janeiro.

CONCLUSÕES

A interpolação da evapotranspiração usando técnicas de modelagem cartográfica e o método de Thornthwaite mostra estimativas exatas para a maioria dos meses, sendo a precisão da interpolação baixa. As maiores evapotranspirações são observadas nos meses de verão e primavera e nas regiões de menores altitudes do estado do RJ e as menores no inverno e outono e em regiões de maiores altitudes.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D., et al. 1998. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56)
- AMORIM, A.; LYRA, G.B.; LIMA, E.P.; SOUZA, J.L.; DELGADO, R.C. Evapotranspiração de referência em função dos extremos da temperatura do ar no estado do Rio de Janeiro. **Irriga**, v.21, p. 499, 2016.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Evapotranspiração da cultura do milho. II – Relações com a evapotranspiração do tanque classe “A”, com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n.1, p. 15-21, 1998.
- BOHN, L.; PEIXOTO, M. F.; GOIS, G.; OLIVEIRA JUNIOR, J. F.; LYRA, G. B. Susceptibilidade à desertificação no estado do Rio de Janeiro baseada em índices climáticos de aridez. In: XVIII Congresso Brasileiro e VII Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 2013, Belém. **Anais...** Belém: CBAGRO, 2013.

EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO PARA UBERABA, MG¹

Letícia de Souza Leite¹, Ana Flavia Oliveira², Márcio José de Santana³, Isaías Antônio de Paiva⁴

¹Graduanda em Engenharia Agrônômica, Bolsista PIBIC CNPq, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, IFTM, Uberaba, Minas Gerais, leticialite06@hotmail.com; ²Engenheira Agrônoma, MONTESA, Serra do Salitre, Minas Gerais, anaflavia.agro@hotmail.com; ³Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor IFTM, Setor de Irrigação e Drenagem, IFTM, Uberaba, Minas Gerais; ⁴Graduando em Engenharia Agrônômica, IFTM Bolsista Agrichem do Brasil.

RESUMO: Base da alimentação brasileira, o feijão é consumido em praticamente todos os estados. A quantidade de água no solo, o controle de doenças e pragas e temperaturas ideais, são fatores limitantes para uma boa produção, sendo que, varia de cultivar e isso na maioria das áreas produtoras faltando informações e pesquisas em diversos temas relacionados à relação água-solo-planta. O objetivo do experimento foi determinar a eficiência do uso da água de cultivares irrigadas. O atual experimento foi conduzido em uma casa de vegetação, localizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* - Uberaba). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições, disposto em um esquema fatorial 2x5, sendo duas cultivares (IAC Imperador e IPR Juriti) e cinco reposições de água no solo (40%, 60%, 80%, 100% e 120% da evapotranspiração da cultura - ETc). O manejo da irrigação foi realizado pelo método de drenos de coleta da água de percolação. A cultivar que apresentou melhor resposta em relação a reposição de água no solo foi próximo a 80% da reposição de água no solo. Quanto as variáveis número de grãos por planta, produtividade e eficiência do uso da água não houve diferença significativa entre as cultivares.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, Manejo irrigação, *Phaseolus vulgaris* L.

EFFICIENCY OF WATER USE OF FEIJOEIRO CULTIVARS FOR UBERABA, MG

ABSTRACT: Brazilian food base, the beans are consumed in practically all states. The amount of water in the soil, the control of diseases and pests and ideal temperatures, are limiting factors for a good production, being that it varies from cultivar and this in most of the producing areas lacking information and research in several subjects related to the water- soil-plant. The objective of the experiment was to determine the water use efficiency of irrigated cultivars. The present experiment was conducted in a greenhouse, located at the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* - Uberaba). The experimental design was a randomized block with five replications, arranged in a 2x5 factorial scheme, two cultivars (IAC Imperador and IPR Juriti) and five replenishments of soil water (40%, 60%, 80%, 100% and 120% of the crop evapotranspiration - ETc) The irrigation management was performed by the percolation water collection drains method The cultivar that presented the best response in relation to the water replacement in the soil was close to 80% of the water replenishment in the soil As for the variables number of grains per plant, productivity and water use efficiency, there was no significant difference between the cultivars

KEY-WORDS: Irrigation, irrigation management, *Phaseolus vulgaris* L.

INTRODUÇÃO

Cultivado por pequenos e grandes produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras, o feijoeiro comum reveste-se de grande importância econômica e social. Dependendo da cultivar e da temperatura ambiente, pode apresentar ciclos variando de 65 a 100 dias, o que o torna uma cultura apropriada para compor, desde sistemas agrícolas intensivos irrigados, altamente tecnificados, até aqueles com baixo uso tecnológico, principalmente de subsistência (AIDAR, 2013). O desenvolvimento de novas cultivares de feijão tem contribuído de forma significativa para a sustentabilidade da cultura no País. Cultivares mais produtivas, resistentes a doenças e tolerantes a fatores edafoclimáticos adversos, tais como a seca, alta temperatura e baixa disponibilidade de fósforo, têm contribuído para redução do uso de agroquímicos e redução do custo de produção, sem causar a redução da produtividade (CTSBF, 2012).

Outro fator limitante para a produção é a quantidade de água ideal que deve ser aplicada na cultura, sendo que tanto o excesso hídrico e o déficit, podem afetar diretamente o rendimento da cultura. O principal objetivo da irrigação é utilizar a água com a máxima eficiência, aumentando a produtividade das culturas, reduzindo os custos de produção e maximizando a receita líquida dos investimentos (SOUZA et al., 2005).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho determinar a eficiência do uso da água das cultivares IAC Imperador e IPR Juriti irrigadas Em Uberaba MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação, localizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* - Uberaba), no município de Uberaba, MG. O clima do local, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido, com inverno frio e seco (Aw).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições, disposto em um esquema fatorial 2x5, sendo duas cultivares (IAC Imperador e a IPR Juriti) e cinco reposições de água no solo (40%, 60%, 80%, 100% e 120% da evapotranspiração da cultura). Cada parcela continha dois vasos de polietileno com capacidade de 14 dm³, espaçadas entre parcelas 0,5 m e blocos 1 m. Foram colocadas 5 sementes por vaso e logo após emergência, selecionou-se as 3 mais vigorosas. Os dados climáticos (temperatura e umidade) foram obtidos através de um termohigrômetro digital instalado no interior da casa de vegetação. O manejo de irrigação foi realizado por um método direto, onde foi instalado 6 (seis) drenos de coleta de água de percolação (equação 1) em vasos de polietileno distribuídos aleatoriamente na área experimental que representavam a lâmina de 100% da evapotranspiração diária.

$$ET = I - D \quad (1)$$

Em que: ET = evapotranspiração diária; I = quantidade de água aplicada e D = quantidade de água drenada.

As irrigações foram efetuadas diariamente em função do tratamento, assim, o volume de irrigação era calculado com base no volume evapotranspirado no dia anterior. As variáveis avaliadas foram: número de grãos por vagem, número de grãos por planta, produtividade e eficiência do uso da água. Os dados obtidos foram

submetidos à análise de variância, sendo os efeitos dos tratamentos estudados por meio de teste de média Skott-knott ou regressão conforme necessidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As lâminas para cada reposição de água no solo variaram de 202,21 a 606,8 mm (Tabela 1). Conforme Doorenbos e Kassam (1979), a quantidade de água requerida pela cultura, para obtenção de máxima produtividade, varia entre 300 e 500 mm.

Tabela 1. Lâmina aplicada no experimento. Uberaba, MG.

Reposição de Água no Solo (%)	Lâmina Aplicada (mm)
40	202,21
60	304,01
80	404,19
100	504,39
120	607,80

Para a variável de número de grãos por vagem houve valores significativos para reposições de água no solo isoladamente e também para a interação entre cultivares e reposição de água do solo. Para as cultivares não houve diferença significativa.

Tabela 2. Resumo do teste de média dos dados relativos a cultivares e a reposição de água no solo. Uberaba, MG.

Cultivares	40 %	60 %	80 %	100 %	120 %
IAC Imperador	0,6 a ¹	3,16 a	3,34 a	3,80 a	2,62 a
IPR Juriti	3,0 b	3,30 a	3,82 a	3,42 a	2,28 a

¹Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 1% de probabilidade, pelo o Teste Scott- Knott.

Nota-se na Tabela 2 que houve diferença significativa entre as cultivares apenas para a reposição de água a 40% da evapotranspiração da cultura (ETc) diária. A cultivar IPR Juriti consegue se adaptar melhor que a IAC Imperador para estas condições climáticas.

Quanto a variável número de grãos por planta, houve diferença estatística para a reposição de água no solo. Para as cultivares e a interação entre reposição e cultivares não houve diferença significativa. Para o número de grãos planta⁻¹, a média geral foi de 19,61 grãos. A lâmina que destacou foi a de 80% da evapotranspiração diária, produzindo aproximadamente 34 grãos/planta.

Para a variável produtividade média houve diferença significativa apenas para a reposição de água no solo. A média geral da produtividade foi de 1.090,28 kg ha⁻¹, variando de 306,66 a 2.320,06 kg ha⁻¹, dependendo da porcentagem da reposição de água no solo.

Na Figura 1 estão os valores médios de produtividade em função da reposição de água no solo. Nota-se um aumento da produtividade até aproximadamente 80% e depois um decréscimo, podendo encontrar o ponto máximo de produtividade a 84% da reposição diária. Resultado similar foi encontrado por Santana et al. (2009).

Na Figura 2 estão os valores da eficiência do uso da água em função da reposição de água no solo. Houve diferença estatística apenas para as reposições de água no solo. Assim, para mitigar ou anular os efeitos danosos da deficiência hídrica precisa-se de técnicas que aumentem a eficiência no uso da água, em que, dentre as principais técnicas utilizadas para esse fim está a irrigação (FARIAS et al., 2008). A

utilização de indicadores da eficiência do uso de água é uma das formas de se analisar a resposta dos cultivos às diferentes condições de disponibilidade de água, pois relaciona a produção de biomassa seca ou a produção comercial com a quantidade de água aplicada ou evapotranspirada pela cultura (LIU;STUZEL, 2004).

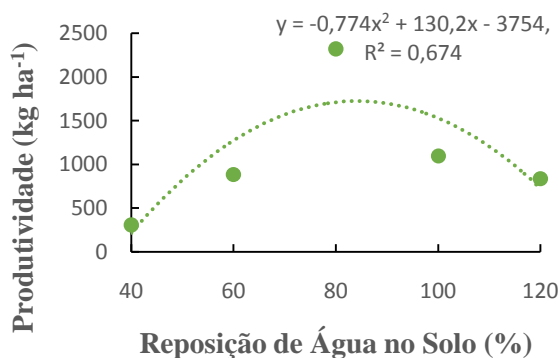


Figura 1. Produtividade média em função das reposições de água no solo. Uberaba, MG.

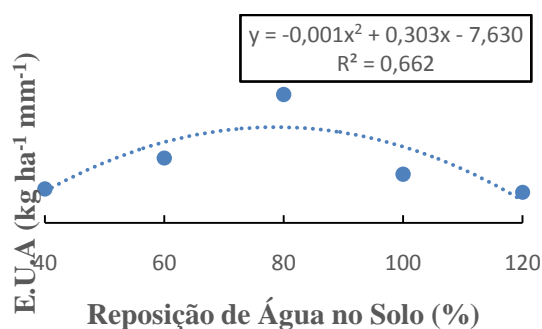


Figura 2. Eficiência do Uso da Água (E.U.A.) em função das reposições de água no solo. Uberaba, MG.

CONCLUSÕES

A máxima eficiência do uso da água pelo feijoeiro cultivado em casa de vegetação foi próxima a 80% de reposição da ETC ou 400 mm de irrigação. Houve queda da eficiência do uso da água com aumento das reposições após os 80%.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio cedido aos autores e ao trabalho de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AIDAR, H. **Cultivo do Feijoeiro Comum**. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção, 2. ISSN 1679-8869, Janeiro, 2003. Versão eletrônica. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/>>
> 05 Ago. 2015.

COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO (CTSBF). **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira**. 2.ed. Florianópolis: Epagri, 2012. 157p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome, FAO – Food and Agriculture Organization, 1979.

LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.102, n. 1, p.15-27, 2004.

SANTANA, M. J. et al. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.2, p.532-538, 2009.

SOUSA, J. L et al. R. de Potencial de genótipos de feijão-caupi para o mercado de vagens e grãos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 5, p.392-398, 2015.

EVIDÊNCIAS FENOLÓGICAS DA PALMA FORRAGEIRA DURANTE O QUARTO CICLO PRODUTIVO

Cleber Pereira Alves¹, Maria Gabriela de Queiroz², Kaique Renan da Silva Salvador³, Carlos André Alves de Souza⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, cleberp.alves@hotmail.com; ²Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, mg.gabi@hotmail.com; ³Graduando em Zootecnia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, kaiquersalvador@gmail.com; ⁴Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, carlosandre08_@msn.com; ⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thigeoprofissional@hotmail.com

RESUMO: Evidências fenológicas das plantas são de suma importância para escolha de práticas de manejo. Assim, objetivou-se determinar a duração das fases fenológicas da palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), durante o quarto ciclo produtivo. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, arranjo fatorial 5x2, onde a cultura foi submetida a diferentes lâminas de irrigação (0%, 25%, 50%, 75% e 100% da Evapotranspiração de referência) e diferentes sistemas de cultivo (palma exclusiva e consórcio palma-sorgo). Na definição da duração das fenofases, modelos sigmóides foram ajustados aos dados do número de emissão de cladódios por ordem de surgimento e aos graus dias acumulados (GDA, temperatura base de 22°C). Não houve efeito das lâminas de irrigação e sistemas de cultivo na duração das fenofases. Em média, quatro fases foram evidenciadas com durações de 300°Cdia⁻¹ na 1ª fase, 1800°C dia⁻¹ na 2ª fase, 50°C dia⁻¹ na 3ª fase e 100°C dia⁻¹ na 4ª fase. A palma forrageira no seu 4º ciclo produtivo totalizou quatro fenofases em 2.243°Cdia⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: fenofase, lâminas de irrigação, consórcio.

PHENOLOGICAL EVIDENCE OF THE FORAGE CACTUS DURING THE FOURTH PRODUCTION CYCLE

ABSTRACT: Phenological evidence of the plants is of paramount importance for the choice of management practices. The objective of this study was to determine the duration of the phenological phases of the forage cactus during the fourth productive cycle (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.). The experiment was carried out in a randomized block design with a 5 x 2 factorial arrangement, where the crop was submitted to different irrigation depth (0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the reference evapotranspiration) and different cultivation systems (forage cactus single and intercropping cactus-sorghum). In the definition of the duration of the phenophases, sigmoid models were adjusted to the data of the number of cladodes emission in order of appearance and to the degrees accumulated (GDA, base temperature of 22°C). There was no effect of irrigation depth and cropping systems on the duration of the phenophases. On average, four phases were observed with durations of 300°Cday⁻¹ in the 1st phase, 1800°Cday⁻¹ in the 2nd phase, 50°Cday⁻¹ in the 3rd phase and 100°Cday⁻¹ in the 4th phase. The forage cactus in its fourth productive cycle totaled four phenophases in 2,243°Cday⁻¹.

KEY-WORDS: phenophase, irrigation depth, intercropping.

INTRODUÇÃO

No Semiárido brasileiro, a pecuária é uma das principais geradoras de renda. De acordo com Oliveira et al.(2010), a principal base da alimentação dos rebanhos desta região é a vegetação nativa, porém o seu valor nutritivo é baixo. Como alternativa para mitigar tais problemas, o produtor integra diversos métodos de manejo e sistemas de cultivos, além do uso de espécies adaptadas, a exemplo da palma forrageira.

Devido ao seu mecanismo fotossintético (Metabolismo Ácido das Crassuláceas, MAC), a palma forrageira é uma planta de destaque. Logo, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com esta cultura (QUEIROZ et al. 2015; MORAIS et al., 2017; SILVA et al., 2015).

O estudo da fenologia de plantas é de suma importância para escolha de práticas de manejo, uma vez que contempla caracteres morfológicos vegetativos e reprodutivos, que são sensíveis a práticas como irrigação e consórcio e, conseqüentemente, alteram o nível produtivo da palma forrageira (CÂMARA, 2006; AMORIM et al., 2017).

Face ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a duração das fases da palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) submetida a diferentes regimes hídricos e sistemas de cultivo, no 4º ciclo produtivo da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra, Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, localizado no município de Serra Talhada, PE (latitude: 07° 59' 31" S, longitude: 38° 17' 54" W e altitude: 429m), o qual pertence a microrregião do Vale do Pajeú, Nordeste Brasileiro. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é semiárido, do tipo BSw^h, onde os meses mais chuvosos ocorrem durante os meses mais quentes e os meses frios são os mais secos.

A palma forrageira, Orelha de Elefante Mexicana, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., foi plantada em espaçamento de 1,6 x 0,40 m, em maio de 2011, disposta em blocos casualizados (DBC), com arranjo fatorial de parcelas subdivididas, 5x2, sendo as parcelas compostas por cinco lâminas de irrigação com base nas frações da evapotranspiração de referência (ET_o, 0%; 25%; 50%; 75% e 100%), e as subparcelas por dois sistemas de cultivo (palma solteira e consórcio palma-sorgo), em quatro repetições, totalizando assim, 40 subparcelas.

A palma foi conduzida até final de maio de 2012 em sequeiro, quando recebeu o 1º corte. A partir desse momento, a cultura passou a ser irrigada com lâminas fixas, três vezes por semana, até final de dezembro de 2012, quando se iniciou a aplicação das diferenciações das lâminas. Em novembro de 2012, o sorgo (cv. IPA-2502) foi semeado a 0,25 m em fileiras adjacentes à palma e contínuas de 0,05 m de profundidade. Dois ciclos do sorgo, planta e rebrota, foram conduzidos, o primeiro colhido em fevereiro de 2013, e o segundo, em junho de 2013. O 2º corte da palma foi realizado em junho de 2013, dando início ao terceiro ciclo da palma, que ocorreu até março de 2014, com a aplicação das lâminas de irrigação, e perfazendo apenas um ciclo de sorgo. O quarto ciclo produtivo da palma, com o corte de uniformização, teve início em setembro de 2014, quando a cultura foi conduzida em sequeiro até janeiro de 2015, iniciando-se a aplicação dos tratamentos de lâminas de irrigação e a implantação do consórcio com o sorgo. O sorgo foi conduzido durante dois ciclos, até setembro de 2015.

O sistema de irrigação foi o de gotejamento, com gotejadores espaçados em 0,4m entre si. A água utilizada para a irrigação foi proveniente do açude saco, o qual

teve condutividade elétrica de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$. A aplicação das lâminas foi realizada três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira).

Para o cálculo da ETo e o monitoramento das variáveis meteorológicas durante o período do experimento foram utilizados dados provenientes de uma estação automática pertencente ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizada a 1,5 km da área de estudo. As variáveis monitoradas foram: radiação global incidente ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do vento (m s^{-1}), umidade relativa do ar (%) e pressão atmosférica (hpa). A estimativa da ETo foi realizada por meio da equação de Penman-Monteith, parametrizada conforme o boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998). Na área experimental foi instalado um pluviômetro automático (S-RGB-M002) para medição da precipitação pluviométrica (mm).

A definição da duração das fases fenológicas da palma forrageira foi feita a partir do monitoramento do número de cladódios emitidos por ordem de surgimento (1^a, 2^a, e assim sucessivamente), em intervalos de 30 dias. Modelos sigmóides foram ajustados aos dados do número de cladódios por ordem de surgimento e aos graus dias acumulados (GDA, temperatura base de 22°C), sendo esta considerada como variável independente. A partir da derivada do modelo e com o uso dos respectivos parâmetros por tratamento resultou a taxa de emissão de cladódios. Quando a taxa de emissão de cladódios de 1^a ordem era crescente, o intervalo foi considerado como fenofase I; quando a mesma era decrescente e ainda assim superior à taxa de emissão de dos cladódios de 2^a ordem foi assumida fenofase II; quando a taxa de emissão dos cladódios de 2^a ordem era crescente e superior à taxa dos cladódios de 1^a ordem foi a fenofase III; e, quando a taxa de emissão de cladódios de 2^a ordem era decrescente e superior a ordem sucessiva, foi assumida fenofase IV. Este mesmo procedimento deve-se ser adotado na ocorrência de outras ordens de surgimento de cladódios.

Os dados foram submetidos a testes estatísticos usando o aplicativo XLSTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As lâminas de água recebidas pela palma forrageira nos tratamentos baseados na ETo, e a variação sazonal da temperatura do ar durante o período experimental podem ser observados na Figura 1. A lâmina de 0% recebeu quantidade de água referente apenas à precipitação pluviométrica, totalizando 263,6 mm. Já na lâmina de 25% foram aplicados 475 mm; na de 50%, 637 mm; na de 75%, 787 mm; e na de 100%, a lâmina igual a 934 mm.

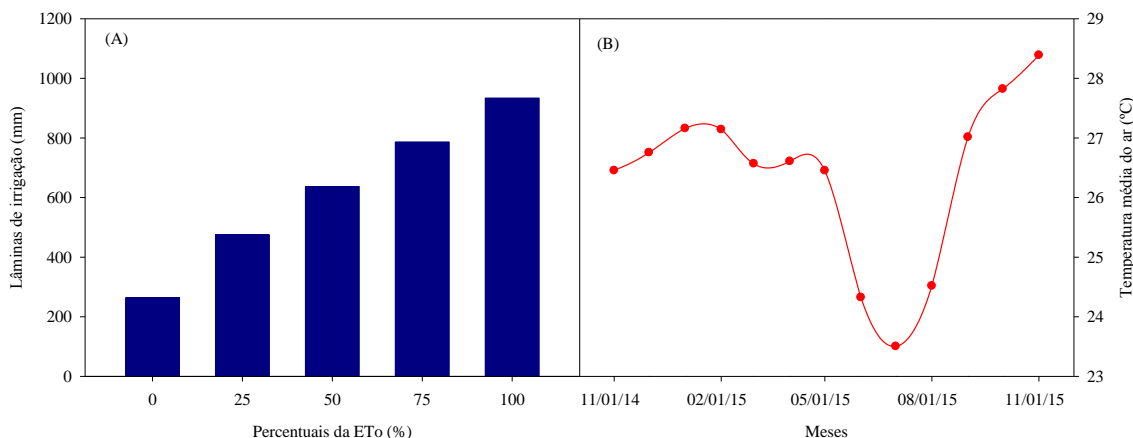


Figura 1. Lâminas de irrigação aplicadas com base em percentuais da ETo (mm)(A); e valores mensais de temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$)(B), em ambiente cultivado com palma

forrageira, no período de novembro/2014 a novembro/2015, no município de Serra Talhada, PE.

A temperatura média do ar apresentou oscilações ao longo do período experimental, com os meses de junho a agosto sendo mais frios (24,1°C), e os meses mais quentes foram outubro e novembro (28,1°C). A temperatura média do ar para o período de estudo foi de 26,4°C.

Não houve efeito significativo das lâminas de irrigação e dos sistemas de cultivo na duração das fases fenológicas da palma forrageira ($p > 0,05$, teste não paramétrico de Kruskal-Wallis), com durações médias destacadas na Figura 3.

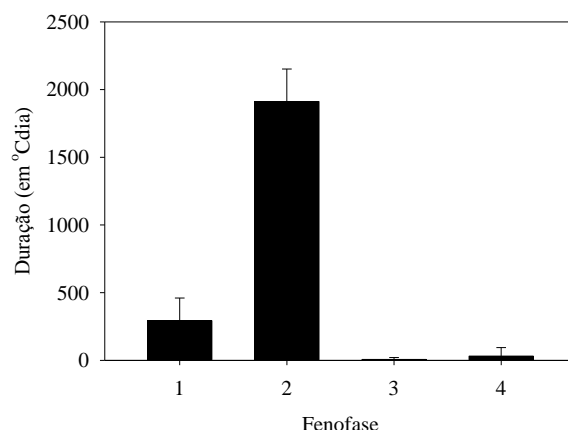


Figura 2. Duração das fenofases da palma forrageira durante o quarto ciclo produtivo.

O desenvolvimento da palma forrageira foi dividido em quatro fenofases de acordo com a taxa de emissão de cladódios. Amorim et al. (2017) citam que este critério de definição da fenologia da palma é o mais fácil e simples para a adequação do manejo da cultura pelo produtor. No presente estudo, verificou-se que a fenofase I, caracteriza pela emissão de cladódios de 1ª ordem, teve duração média de 300°Cdia⁻¹. Por sua vez, a fenofase II foi a de maior duração, em torno de 1800°Cdia⁻¹, a qual é definida pela redução da emissão de cladódios de 1ª ordem e o surgimento de cladódios de 2ª ordem de maneira menos efetiva. Na fenofase III, a emissão de cladódios de 2ª ordem é mais expressiva, porém teve duração média de apenas 50°C dia⁻¹. A última fenofase averiguada foi a 4ª, quando a emissão de cladódios de 2ª ordem diminui, resultando duração média em torno de 100°Cdia⁻¹. A emissão de cladódios de ordem superior não foi significativa a ponto de superar a taxa de emissão dos cladódios de 2ª ordem, o que não se caracterizou a ocorrência de uma nova fenofase. Assim, a duração total das quatro fenofases da palma, durante o seu quarto ciclo produtivo, foi de 2.243°Cdia⁻¹.

CONCLUSÕES

A palma forrageira, independentemente das lâminas de irrigação aplicadas e do consórcio, apresentou em um ano produtivo a ocorrência de quatro fenofases com durações de 300°Cdia⁻¹ na 1ª fase, 1800°C dia⁻¹ na 2ª fase, 50°C dia⁻¹ na 3ª fase e 100°C dia⁻¹ na 4ª fase. A palma forrageira no seu 4º ciclo produtivo totalizou quatro fenofases em 2.243°Cdia⁻¹.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration**: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56)

AMORIM, D. M. et al. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 1, p. 62-71, 2017.

CÂMARA, G. M. de S. Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção. 5.ed. Piracicaba, SP: **Visão agrícola**, 2006.p. 63-66

MORAIS, J. E. F. de et al. Hydrodynamic changes of the soil-cactus interface, effective actual evapotranspiration and its water efficiency under irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.4, p.273-278, 2017.

OLIVEIRA, F. T. de. et al. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.4, p. 27-37, 2010.

QUEIROZ, M. G. de et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.10, p.931-938, 2015.

SILVA, T. G. F. Da et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.

ESTIMATIVA E VALIDAÇÃO DO NÚMERO DE HORAS DE FRIO PARA POÇOS DE CALDAS-MG

Vitor Hugo A. MARRAFON^{1,2}, Jéssica C. MENDES^{1,3}, Kelvem R. OLIVEIRA^{1,4},
Pedro Ygor C. CORREA^{1,5}, Fabrina Bolzan MARTINS^{1,6}

¹IRN/UNIFEI - Itajubá - Minas Gerais – ^{1,2}vitor-h.a@hotmail.com, ^{1,3}jessica.cassia_mendes@hotmail.com,
^{1,4}kelvemgoldem@gmail.com, ^{1,5}pedro.ygor@hotmail.com, ^{1,6}fabrinabm@gmail.com

RESUMO: O número de horas frio (NHF) é a quantidade de horas acumuladas abaixo de uma temperatura base (Tb) que as culturas de clima temperado necessitam acumular para saírem do período de dormência. O objetivo do trabalho foi estimar o NHF através de um modelo baseado em relações trigonométricas e obter a média climatológica, considerando as Tb's de 7°C, 10°C e 13°C para Poços de Caldas – MG. Os dados utilizados para a estimativa foram do período de 1986 à 2015 e para a validação do modelo foram de 2006 à 2015. O modelo utilizado é uma boa alternativa para o cálculo do NHF em Poços de Caldas-MG para saber se a região é apta para cultivo de algumas espécies de clima temperado.

Palavras-chave: Climatologia, temperatura base, estimativa.

CHILLING HOURS TO POÇOS DE CALDAS-MG

ABSTRACT: The number of chilling hours (NHF) is the amount of hours accumulated below a base temperature (Tb) that temperate crops need to accumulate to exit the dormancy. The objective of this work was to estimate the NHF through a model based on trigonometric relations and to obtain the climatological average, considering the Tb's of 7°C, 10°C and 13°C for Poços de Caldas - MG. The data used for the estimation were from the 1986 to 2015 period and for the validation of the model were from 2006 to 2015. The model used is a good alternative for the calculation of the NHF in Poços de Caldas-MG to know if the region is fit for cultivation of some species of temperate climate.

Keywords: Climatology, base temperature, estimation.

INTRODUÇÃO

Algumas espécies agrícolas, geralmente as frutíferas de clima temperado, necessitam ser expostas a temperaturas mais baixas. Quando são suprimidas do frio, elas apresentam um atraso no florescimento ou não o alcançam (LIMA, 2008). Essa exigência é quantificada pelo número de horas de frio (NHF), que é definido como o número de horas que a temperatura do ar permanece abaixo de uma determinada temperatura base (Tb). Em geral, os estudos que avaliam a adaptação de cultivares de clima temperado em diversas regiões utilizam os valores de Tb de 7°C, 10°C e 13°C, para cultivares exigentes, intermediárias e menos exigentes no acúmulo de frio, respectivamente. Em estudos sobre adaptação de plantas de clima temperado a maneira mais precisa para contabilizar o NHF é a existência de uma rede ampla e bem distribuída de postos meteorológicos equipados com termógrafos (ANGELOCCI et al, 1979) ou com registros horários de temperaturas e divulgação destes registros, o que é

inviável tanto em estações convencionais quanto automáticas. Uma alternativa tem sido o uso de modelos trigonométricos para obter indiretamente o NHF. O objetivo deste trabalho foi determinar o NHF para Poços de Caldas- MG a partir de um modelo de semelhança de triângulos proposto por Angelocci et al. (1979).

MATERIAL E MÉTODOS

Para a determinação do NHF foram utilizados dados diários de temperatura máxima, mínima e das 21h (°C) no período de 15 de maio a 15 de setembro dos anos de 1986 à 2015. Os dados são provenientes da estação meteorológica convencional de Poços de Caldas-MG (21,8° S e 46,55° W, 1196 m de altitude) e disponibilizados pelo banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP).

Primeiramente, foi realizada uma análise da qualidade dos dados, já que dados faltantes causam um déficit no valor de NHF acumulado mensal e anual, e conseqüentemente na climatologia do NHF. Para avaliar a qualidade dos dados foi usado um programa em linguagem computacional Fortran, contabilizando a porcentagem de dados faltantes para cada mês e ano. Meses com mais de 25% de dados faltantes foram considerados inválidos para a estimativa do NHF. Após selecionar os meses inválidos, foi determinado o NHF, utilizando a metodologia proposta por Angelocci *et al.*, (1979) baseada em relações trigonométricas.

1° Caso: $T_b > T_m$; $T_b \leq T_{21}$; $T_b < T_{M1}$; $T_b < T_{M2}$, $NHF = \frac{9(T_b - T_m)}{T_{21} - T_m} + \frac{8(T_b - T_m)}{T_{M2} - T_m}$ (1); 2°

Caso: $T_b > T_m$; $T_b \geq T_{21}$; $T_b < T_{M1}$; $T_b < T_{M2}$, $NHF = \frac{6(T_b - T_{21})}{T_{M1} - T_{21}} + \frac{8(T_b - T_m)}{T_{M2} - T_m} + 9$ (2);

3° Caso: $T_b > T_m$; $T_b \geq T_{M1}$; $T_b \leq T_{M2}$, $NHF = \frac{8(T_b - T_m)}{T_{M2} - T_m} + 16$ (3); 4° Caso: $T_b > T_m$;

$T_b \geq T_{M2}$; $T_b \geq T_{21}$; $T_b < T_{M1}$, $NHF = \frac{6(T_b - T_{21})}{T_{M1} - T_{21}} + 17$ (4); 5° Caso: $T_b > T_m$; $T_b \leq$

T_{21} ; $T_b < T_{M1}$; $T_b > T_{M2}$, $NHF = \frac{9(T_b - T_m)}{T_{21} - T_m} + 8$ (5); 6° Caso: $T_b \geq T_{M1}$; $T_b \geq T_{M2}$,

$NHF = 24$ (6); 7° Caso: $T_b \leq T_m$, $NHF = 0$ (7).

Em que, T_b = temperatura base (7°C, 10°C e 13°C), T_m é a temperatura mínima (°C), T_{M1} é a temperatura máxima do dia anterior (°C), T_{M2} é a temperatura máxima do dia (°C) e T_{21} é a temperatura do ar às 21 horas (°C).

Os valores diários de NHF foram estimados duas vezes, uma utilizando T_{21} do dia (1ª estimativa) e outra considerando a T_{21} para o dia anterior (2ª estimativa). A partir disso calculou-se a climatologia do NHF.

Para a validação do modelo utilizou-se dados horários de temperatura do ar (°C) oriundos da estação meteorológica automática para o período dos dados de 15 de Maio a 15 de setembro dos anos de 2006 à 2015. Foram calculados valores diários e uma climatologia anual para o NHF observado, o NHF contabilizado foi $NHF = \sum \text{Número de horas que } (T_n < T_b)$ (8) em que, T_n = temperatura horária do ar.

A partir dos valores diários de NHF avaliou-se o desempenho do modelo utilizando as estatísticas: $RQME = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (E_i - O_i)^2}$ (9), $r = \frac{\sum (E_i - \bar{E})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum (E_i - \bar{E})^2 \sum (O_i - \bar{O})^2}}$ (10), $BIAS = (\sum E_i - \sum O_i) / \sum O_i$ (11)

Em que E_i = valor estimado de NHF (pelo método trigonométrico), O_i = valor observado de NHF (estação automática), \bar{E} = valor médio de NHF estimado, \bar{O} = valor médio de NHF observado e N = número de dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido a quantidade de dados faltantes, foram desconsiderados 13 anos para os cálculos de climatologia do NHF para Poços de Caldas (1987-1991, 1997, 1999-2005). Para descrever razoavelmente o clima de uma região são necessários 30 anos consecutivos de dados. A falta da qualidade dos dados pode acarretar em valores climatológicos que não condizem com a realidade. Nesse sentido, os valores estimados de NHF para Poços de Caldas, deve ser analisado com certa ressalva, devido a falta de 13 anos de dados. As tabelas 1 e 2 apresentam as médias climatológicas de NHF considerando 1ª e 2ª estimativa, ou seja, a T21h do dia e do dia anterior, respectivamente e a tabela 3 o desempenho do modelo referente as duas estimativas (T21h do dia e T21h do dia anterior).

Tabela 1 – Climatologia do Número de Horas Frio para a 1ª estimativa, considerando a T21h do dia para os três valores de Tb. Poços de Caldas (MG), 1986 – 2015.

TB	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	TOTAL
7°C	17,21	77,98	87,07	56,10	3,73	248,84
10°C	63,67	180,50	192,74	161,64	28,68	586,23
13°C	103,96	237,53	255,93	251,53	79,56	895,33

Tabela 2 – Climatologia do Número de Horas Frio para a 2ª estimativa, considerando a T21h do dia anterior para os três valores de Tb. Poços de Caldas (MG), 1986 – 2015.

TB	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	TOTAL
7°C	14,48	75,32	80,62	53,12	4,21	229,93
10°C	50,66	187,05	189,26	152,30	29,90	581,56
13°C	50,66	187,05	189,26	160,75	29,90	583,00

Tabela 3 – Desempenho do modelo proposto por Angelocci et al.(1979) para a T21 do dia e T21 do dia anterior. Poços de Caldas (MG), 2006 – 2015.

TB	T21 do dia			T21 do dia anterior		
	RQME	r	BIAS	RQME	r	BIAS
13°C	2,84	0,92	-0,10	6,37	0,58	-0,11
10°C	3,11	0,53	-0,12	3,34	0,98	-0,30
7°C	2,95	1,00	-0,05	3,27	0,98	-0,02

Para as Tb's de 7°C e 10°C a climatologia de NHF encontrada pelas duas estimativas foram próximos e apresentaram um bom desempenho tanto considerando a T21h do dia como do dia anterior. Para a Tb de 13°C detectou-se uma diferença razoável entre a estimativa do NHF considerando a T21h do dia e do dia anterior, sendo melhor quando se considerou a T21h do dia (Tabela 3). Independentemente do valor de Tb, os valores de NHF são maiores quando se considera a T21 h do dia (Tabelas 1 e 2) em relação a T21h do dia anterior.

Os valores de NHF para Poços de Caldas estão entre os maiores do estado de Minas Gerais, resultado que era esperado uma vez que regiões montanhosas apresentam

uma maior frequência de temperaturas baixas em função da topografia (PEREIRA,2015). A média climatológica encontrada para Poços de Caldas-MG apresentou valores semelhantes ao encontrado por Pereira (2015) para outras regiões montanhosas no sul de Minas Gerais, como exemplo, Lambari, Passa Quatro, São Lourenço e Maria da Fé. Pela média climatológica de NHF, percebe-se que a região é apta para o plantio de determinadas espécies de clima temperado, as quais tem exigência intermediária de horas frio como: pêsego, oliveira e nectarina. Não se recomenda o cultivo de plantas exigentes em frio, como: damasco e cerejeira.

CONCLUSÕES

Ainda que dados das temperaturas utilizadas neste estudo estejam disponíveis para os últimos 30 anos, pouco mais da metade destes dados foram considerados válidos para a estimativa da climatologia do NHF. O modelo proposto por Angelocci et al. (1979), baseado na semelhança de triângulos, apresentou um bom desempenho na estimativa de NHF para Poços de Caldas-MG, principalmente para a Tb de 7°C. A média climatológica de NHF mostrou que a região é apta para o plantio de determinadas espécies de clima temperado, como pêsego, oliveira e nectarina.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelo fornecimento dos dados das estações automáticas para a pesquisa.

Ao Centro de Previsão de Tempo de Minas Gerais (CEPREMG) pela disponibilidade do local de trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ANGELOCCI, L.B.; CAMARGO, M.B.P.; PEDRO JR., J.M.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R. **Estimativa do total de horas abaixo de determinada temperatura-base através das medidas diárias da temperatura do ar**. Bragantia, Campinas, v.38, n.1, p.123-130. 1979.

LIMA, D.W., **Fisiologia do florescimento do cafeeiro**, 2008. 26 f. Trabalho de conclusão de curso - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Muzambinho-MG, 2008.

PEDRO Jr., M. J., ORTOLANI, A.A. **Estimativa de horas de frio abaixo de 7 de 13°C para regionalização da fruticultura de clima temperado no Estado de São Paulo**. Bragantina, Campinas, v.38, n.13, 1979.

PEREIRA, R.A.A., **Impacto de projeções de mudanças climáticas no número de horas frio e possíveis implicações no zoneamento para a cultura de oliveira em Minas Gerais**, 2015. 69 f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2015.

SEGANTINE, D.M.; LEONEL, S.; CUNHA, A.R.; FERRAZ, R.A.; RIPARDO, A.K.S.,Exigência térmica e produtividade da amoreira-preta em função das épocas de poda, **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.36 , n.3, 2014.

CONDIÇÕES FOTOPERIÓDICAS PARA O CULTIVO DE MUDAS DE URUCUZEIRO

Gabriel Lorena Florêncio¹, Fabrina Bolzan Martins², Mabele de Cassia Ferreira³

¹ Graduando em Ciências Atmosféricas, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, gabrielflorencio1797@gmail.com; ² Professora Adjunto III, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, fabrina@unifei.edu.br; ³ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, mabeleferreira@yahoo.com.br;

RESUMO: Fatores ambientais como a temperatura do ar e o fotoperíodo contribuem efetivamente para o conhecimento dos padrões de desenvolvimento vegetativo das plantas. O objetivo deste trabalho foi identificar a resposta ao fotoperíodo no desenvolvimento vegetativo de mudas de urucuzeiro (*Bixa orellana* L.). Foi instalado um experimento à campo na Universidade Federal de Itajubá (MG), sob o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constando de doze épocas de semeadura, instaladas em intervalos de aproximadamente trinta dias e cinco unidades experimentais (U.E) por tratamento, totalizando sessenta U.E. O desenvolvimento vegetativo foi obtido pela contagem do número de folhas acumuladas na haste principal (NF), realizada semanalmente. Para verificar a influência fotoperiódica no desenvolvimento vegetativo foi adotada a metodologia proposta por Rosa et al. (2009), em que foram ajustadas regressões lineares entre o filocrono e o fotoperíodo médio. Concluiu-se que na fase de muda de urucuzeiro, a espécie é responsiva a temperatura do ar e fotoperíodo, evidenciando uma resposta fotoperiódica típica de uma planta de dia curto.

PALAVRAS-CHAVE: filocrono; fotoperíodo; *Bixa orellana* L.

PHOTOPERIODIC CONDITIONS FOR THE CULTIVATION OF SEEDLINGS OF URUCUZEIRO

ABSTRACT: Environmental factors such as air temperature and photoperiod contribute effectively to the knowledge of the vegetative development patterns of plants. The objective of this work was to identify the response of photoperiod in vegetative development of urucuzeiro seedlings (*Bixa orellana* L.). A field experiment was carried out at the Federal University of Itajubá (MG), under a completely randomized experimental design, consisting of twelve sowing dates, installed at intervals of approximately thirty days and five experimental units (E.U) per treatment, totaling sixty E.U. The vegetative development was obtained by counting the number of leaves accumulated in the main stem (NL), quantified weekly. In order to verify the thermophotoperiodic influence in vegetative development, the methodology proposed by Rosa et al. (2009), in which linear regressions were adjusted between the phyllochron and the mean photoperiod. It was concluded that in the moulting phase of urucuzeiro, the species is responsive to air temperature and photoperiod, evidencing a typical photoperiodic response of a short day plant.

KEY-WORDS: phyllochron; photoperiod; *Bixa orellana* L.

INTRODUÇÃO

O urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) é uma das principais fontes de corantes naturais utilizados mundialmente (KISSMANN et al., 2013). Sua cultura tem como principal produto a semente, cujo valor agrícola e econômico está relacionado ao pigmento carotenóide bixina, associado à superfície da semente.

Diante da importância da espécie, estudos considerando seus aspectos silviculturais são fundamentais para subsidiar planos de manejo e garantir o desenvolvimento das mudas no campo. Um aspecto importante a ser considerado neste tipo de estudo é a influência do fotoperíodo no desenvolvimento foliar das plantas, atuando na interceptação da radiação solar e conseqüentemente na fotossíntese, na produção de fitomassa e na produtividade (SOLTANI; SINCLAIR, 2012).

O efeito do fotoperíodo nas plantas pode ser expresso por meio da quantificação do número de horas de luz disponível. Uma das maneiras de identificar sua influência é através da relação linear entre o filocrono médio e fotoperíodo médio (ROSA et al., 2009) para isso, deve-se instalar experimentos a campo com várias épocas de semeadura ao longo do ano. Assim, é possível identificar o comportamento das espécies, caracterizadas como plantas de dia curto, dia longo e plantas fotoneutras, que devem receber um período de luz menor, maior ou uma ampla faixa de variação considerando como referência o fotoperíodo crítico, respectivamente (RAVEN et al., 2011).

Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi identificar a resposta ao fotoperíodo de mudas de urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) em seu desenvolvimento foliar.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento a campo na área experimental da Universidade Federal de Itajubá (22°24'46.43" S 45°26'48.94" O, 1.050m de altitude), Itajubá (MG), no período de maio de 2015 a abril de 2016, sob o delineamento inteiramente casualizado, considerando doze épocas de semeadura, instaladas em intervalos de aproximadamente trinta dias e cinco unidades experimentais (U.E) por tratamento, totalizando sessenta U.E, com duas plantas de urucuzeiro (*Bixa orellana* L) por U.E.

O desenvolvimento foliar foi obtido pela contagem do número de folhas acumuladas na haste principal (NF), realizada semanalmente. A contagem iniciou quando havia uma folha visível com, no mínimo, 1,0 cm de comprimento e finalizou quando cada repetição atingiu 20 folhas (SOUZA; MARTINS, 2014).

Para verificar a influência do fotoperíodo no desenvolvimento vegetativo foi adotada a metodologia proposta por Rosa et al. (2009), em que foram ajustadas regressões lineares entre o filocrono médio (média aritmética das 5 U.E) e o fotoperíodo médio (F_{med}). O filocrono médio de cada época de semeadura foi determinado pela média aritmética dos valores de filocrono encontrados para cada U.E. O filocrono é obtido pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear $NF = a \cdot GD + b$, em que NF = número de folhas emitidas, GD = graus-dia acumulados a partir da data de emergência (*i*) até o término da fase de muda (*n*) ($^{\circ}$ C dia) *a* = coeficiente angular e *b* = coeficiente linear. Para o F_{med} obteve-se a média aritmética do fotoperíodo diário (F), desde a emergência (*i*) até o término da fase de muda (*n*) de cada época de semeadura, por meio do algoritmo de Kiesling (1982):

$$F = 2/15 \cdot \arccos[\cos\alpha \cdot \sec\phi \cdot \sec\delta - \tan\phi \cdot \tan\delta]$$

$$\alpha = 90 + B$$

$$\delta = \arcsen(0,39779) \cdot \sen\lambda$$

$$\lambda = M + 1,916 - \sen M + 0,020 \cdot \sen 2M + 282,565$$

$$M = 0,985600 \cdot NDA - 3,251$$

em que F = Fotoperíodo diário (horas), α = ângulo zenital (graus), Φ = latitude (graus), δ = declinação solar (graus e décimos), 0,39779 = seno de 23°27'; M = anomalia média

solar (graus), NDA = número do dia do ano (dia juliano), B = ângulo abaixo do plano do horizonte (6°).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cultivo no campo em diferentes épocas de semeadura, propiciou a espécie desenvolver em condições fotoperiódicas distintas, as quais influenciaram na duração, em dias, e nos valores de filocrono (Tabela 1). Esse comportamento indica influência do fotoperíodo (ROSA et al., 2009).

Tabela 1. Duração das doze épocas de semeadura correspondentes à fase de muda, caracterização da temperatura do ar, filocrono médio e fotoperíodo médio durante a condução do experimento a campo para urucuzeiro. Itajubá (MG), 2015/2016.

Épocas de semeadura	Datas de semeadura	Duração (dias)	Temperatura média (°C)	Filocrono médio (°C dia . folha ⁻¹)	Fotoperíodo médio (h)
1	12/05/2015	209	20,5	57,57	12,9
2	12/06/2015	197	21,2	52,45	13,2
3	10/07/2015	184	21,7	48,92	13,4
4	11/08/2015	170	22,5	41,19	13,7
5	10/09/2015	153	23	49,94	13,9
6	09/10/2015	172	22,9	47,67	13,7
7	13/11/2015	168	22,2	51,56	13,4
8	11/12/2015	144	21,8	41,12	13,1
9	12/01/2016	198	19,3	49,48	12,3
10	11/02/2016	189	18,6	48,29	12,2
11	11/03/2016	176	18,1	40,84	12,1
12	12/04/2016	157	17,5	35,27	12,1

As épocas que apresentaram menor valor do filocrono e, conseqüentemente, maior velocidade de emissão de folhas e desenvolvimento vegetativo foram as E4 (11/08), E8 (11/12), E11 (11/03) e E12 (12/04). Exceto na E8, nas demais épocas ocorreram simultaneamente os menores comprimentos do dia (≤ 12 horas de luz) e condições de temperatura do ar amenas.

A análise do ajuste da regressão entre o filocrono médio em função do fotoperíodo médio (Figura 1) corroborou com o indicativo de que o urucuzeiro é responsivo ao fotoperíodo, demonstrando que a espécie apresenta comportamento típico de planta de dia curto, uma vez que o coeficiente angular é positivo (inclinação positiva) e significativo ($p \leq 0,05$), ou seja, quanto menor o número de luz, menor é o valor do filocrono e maior o desenvolvimento.

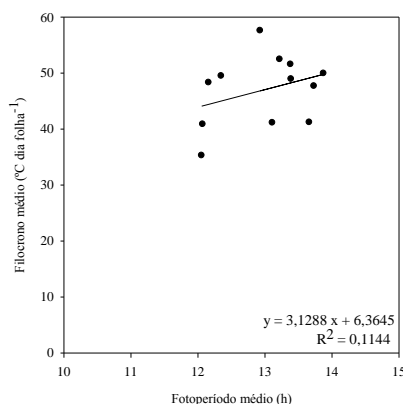


Figura 1. Relação entre o filocrono médio e fotoperíodo médio em mudas de urucuzeiro nas doze épocas de semeadura. Itajubá (MG), 2015/2016. Cada ponto é representativo de uma época de semeadura.

Infelizmente, os efeitos do fotoperíodo no desenvolvimento de plantas perenes ainda são incipientes, controversos e inconclusivos, (RAWAL et al., 2014), principalmente em espécies arbóreas e nativas, como o urucuzeiro.

No entanto, os resultados deste estudo indicaram que o desenvolvimento vegetativo do urucuzeiro cultivados na região de Itajubá ou em locais de latitudes próximas, é maior durante os meses de maio a setembro, os quais tem um comprimento do dia inferior a 12 horas e temperaturas do ar amenas. Estas informações contribuem para a otimização das técnicas de cultivo e manejo das mudas, indicando a época do ano adequada e as condições termofotoperiódicas ideais para o cultivo desta espécie, garantindo o máximo desenvolvimento das plantas no campo.

O filocrono tem sido uma variável de desenvolvimento vegetativo bastante utilizada em estudos ecofisiológicos e em modelos de simulação do desenvolvimento de culturas anuais como o arroz (STRECK et al., 2011), trigo (ROSA et al., 2009), batata-doce (ERPEN et al., 2013) e também em culturas perenes como eucalipto (MARTINS; STRECK, 2007) e oliveira (MARTINS et al., 2014). No entanto, os resultados encontrados neste estudo são importantes por demonstrar o efeito do fotoperíodo no desenvolvimento vegetativo de urucuzeiro, variável que até então raramente é considerada nas culturas perenes.

CONCLUSÕES

O urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) desenvolveu-se diferentemente em função das épocas de semeadura, indicando influência do fotoperíodo no desenvolvimento vegetativo. Épocas com menores comprimentos do dia (maio a setembro), aliadas a temperaturas do ar amenas, apresentam menor valor de filocrono e conseqüentemente maior desenvolvimento. O urucuzeiro apresenta comportamento típico de planta de dia curto.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ERPEN, L.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; LANGNER, J. A.; WINCK, J. E. M.; GABRIEL, L. F. Estimativa das temperaturas cardinais e modelagem do desenvolvimento vegetativo em batata-doce. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1230-1238, 2013.

KIESLING, T. C. Calculation of the length of the day. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.758-759, 1982.

KISSMANN, C.; SCALON, S. P. Q.; TEODÉSIO, T. K. C. Condicionamento das sementes e sombreamento na emergência e no crescimento de plantas de *Bixa orellana* L. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 48-56, 2013.

MARTINS, F. B.; PEREIRA, R. A. A.; PINHEIRO, M. V. M.; ABREU, M. C. Desenvolvimento foliar em duas cultivares de oliveira estimado por duas categorias de modelos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 505 - 514, 2014.

MARTINS, F. B.; STRECK, N. A. Aparecimento de folhas em mudas de eucalipto estimado por dois modelos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1091-1100, 2007.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E.; **Biologia Vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. 830 p.

RAWAL, D. S.; KASEL, S.; KEATLEY, M. R.; APONTE, C.; NITSCHKE, C. R. Environmental effects on growth phenology of co-occurring Eucalyptus species. **International Journal of Biometeorology**, [s.l.], v. 58, n. 4, p. 427–442, 2014.

ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1374-1382, 2009.

SOLTANI, A.; SINCLAIR, T. R. **Modeling Physiology of crop development, growth and yield**. Oxfordshire: CAB Internacional, 2012. 322 p.

SOUZA, P. M. B.; MARTINS, F. B. Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira Grappolo e Maria da Fé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 307-313, 2014.

STRECK, N. A.; LAGO, I.; OLIVEIRA, F. B.; HELDWEIN, A. B.; DE AVILA, L. A.; BOSCO, L. C. Modeling the Development of Cultivated Rice and Weedy Red Rice. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, Michigan, v. 54, n. 1, p.371-384, 2011.

BIOMETRIA DA PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICA E NÍVEIS DE COBERTURA MORTA

Hygor Kristoph Muniz Nunes Alves¹, Matheus Phelippe Santos Tolêdo¹, Cleber Pereira Alves¹, Maria Gabriela de Queiroz², Thieres George Freire da Silva³

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, hygorkristoph22@gmail.com; ²Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG; ³Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: Pouco se conhece sobre a resposta da palma forrageira sob o uso de práticas como irrigação e cobertura morta. Logo, objetivou-se avaliar o crescimento da palma, cv. Orelha de Elefante Mexicana, sob distintos regimes hídricos e sistemas de cultivo de cobertura morta. O experimento foi conduzido no município de Serra Talhada, PE, no quarto ano produtivo da cultura, entre os meses de novembro/2014 e novembro/2015. O delineamento experimental foi o em blocos casualizados, em quatro repetições, com parcelas subdivididas no esquema fatorial 2 x 2, onde as parcelas foram compostas por dois regimes hídricos (0% e 25% da evapotranspiração de referência - ETo); e as subparcelas por dois sistemas de cultivo, um com e outro sem cobertura morta. Ao final do período experimental foram feitas medidas biométricas nas plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativos ao teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Não houve efeito significativo da interação regime hídrico e sistemas de cultivo ($p > 0,05$). A lâmina de 25% da ETo (563,3 mm), comparada ao regime de sequeiro, 0% ETo (354,7 mm), e o sistema com cobertura morta, em relação ao cultivo sem cobertura, incrementaram a altura e largura da planta e a emissão de cladódios. Logo, práticas de irrigação e uso de cobertura morta promovem incrementos significativos ao sistema de produção da palma forrageira em ambiente Semiárido.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de crescimento, *Opuntia stricta*, Semiárido.

BIOMETRY OF FORAGE CACTUS UNDER DIFFERENT WATER AVAILABILITIES AND LEVELS OF MULCHING

ABSTRACT: Little is known about the response of forage cactus under the use of practices such as irrigation and mulching. Therefore, it was aimed to evaluate the growth of the forage cactus, cv. 'Orelha de Elefante Mexicana', under different water regimes and mulching systems. The experiment was carried out in the municipality of Serra Talhada, State of Pernambuco, in the fourth crop cycle, between November 2014 and November 2015. The experimental design was a randomized complete block, in four replications, with subdivided plots in the 2 x 2 factorial scheme, where the plots were composed of two water regimes (0% and 25% of the reference evapotranspiration - ETo); and the subplots by two cropping systems, one with and one without mulching. Biometric measurements were made at the end of the experimental period. The data were submitted to analysis of variance, and when significant to the Tukey test at the 5% level of significance. There was no significant interaction effect between water regime and cropping systems ($p > 0.05$). The depth of 25% of the ETo (563.3 mm), compared to the rainfall regime, 0% ETo (354.7 mm), and the mulching system, in relation to the

uncovered crop, increased the canopy height and width and the cladode emission. Therefore, irrigation practices and the use of mulch promote significant increases to the forage cactus production system in semi-arid environment.

KEY-WORDS: Growth analysis, *Opuntia stricta*, semiarid.

INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil é caracterizada por apresentar longos períodos de escassez hídrica e, curtos períodos chuvosos, originando uma forte sazonalidade na disponibilidade e qualidade das pastagens nativas (NASCIMENTO et al., 2013). Assim, o uso de plantas forrageiras adaptadas é de grande importância, uma vez que a pecuária é uma das principais atividades econômicas nessa região (QUEIROZ et al., 2015).

Como alternativa ao cultivo no Semiárido, a palma (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.), é uma cultura que permite amenizar os efeitos do baixo rendimento pecuário, uma vez que melhora o balanço nutricional e oferta de água aos animais. Quando bem manejada pode atingir elevado desenvolvimento (SANTOS et al., 2011; QUEIROZ et al., 2015).

Para a palma forrageira, as informações sobre o uso e a eficiência da água na sua produção são limitadas (SANTOS et al., 2011; QUEIROZ et al., 2016). Em anos secos, essa cultura apresenta baixo desenvolvimento e produtividade (ALMEIDA et al., 2011). Desta maneira, em regiões caracterizadas por grandes períodos de déficit hídrico devem ser empregadas práticas que reduzam os efeitos negativos das baixas precipitações, como irrigação e uso de cobertura morta, que permitem melhorias no crescimento das culturas (SIVA et al., 2016).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da disponibilidade de água e da aplicação de cobertura morta sobre o solo, no crescimento da palma forrageira em ambiente Semiárido.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, situado em Serra Talhada, PE (7°59' S, 38°15' O e 461 m), região Semiárida do Brasil. O clima local, segundo a classificação de Köppen é BSw^h, com os verões chuvosos e os meses frios, secos. As condições climáticas são caracterizadas por médias anuais de umidade relativa do ar de 62,5%, precipitação pluvial de 642,1 mm e temperatura média anual de 24,8 °C (SILVA et al., 2015a).

O material vegetal utilizado foi palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016, dispostos no espaçamento 1,60 x 0,40 m, com densidade de plantio de 15.625 plantas ha⁻¹. A área foi implantada em março de 2011 e o experimento foi conduzido entre os meses de novembro de 2014 e novembro de 2015, com a palma no seu quarto ciclo produtivo. Foram efetuadas tratamentos culturais sempre que se fizeram necessárias. Durante o período experimental foram realizadas adubações químicas com NPK (14-00-18+16 S), sendo aplicadas 525 kg ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados (DBC), em 4 blocos com parcelas subdivididas no esquema fatorial 2 x 2, onde as parcelas foram compostas por dois regimes hídricos (0% e 25% da evapotranspiração de referência - ET₀); e as subparcelas por dois sistemas de cultivo (com e sem cobertura morta).

Para a aplicação das lâminas de água, o sistema adotado foi por gotejo, com fitas gotejadoras a 0,25 m de distância da planta e emissores espaçados a 0,40 m, a uma pressão de 100 kPa (vazão de 1,32 ± 0,12 L h⁻¹). A cobertura morta utilizada nas subparcelas foi

proveniente da vegetação espontânea obtida nos entornos da área experimental, aplicando 8,2 t ha⁻¹, sem reposição durante o período avaliado.

O monitoramento das variáveis meteorológicas ao longo do período experimental foi realizado por uma estação meteorológica automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, localizada a 1,5 km da área experimental. Estas variáveis foram utilizadas no cálculo da ETo, determinada pela equação de Penman-Monteith conforme o Boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998). Os dados de chuva foram obtidos por um pluviômetro automático instalado na área experimental.

O crescimento da palma forrageira foi avaliado por meio de medições biométricas realizadas nas plantas ao final do ciclo produtivo, sendo selecionadas três plantas por subparcelas. Os dados medidos nas plantas foram: altura e largura (AP e LP, cm); número de cladódio total (NCT, unidades); e número de cladódios de primeira e segunda ordem (NC1, NC2, unidades). Os dados foram submetidos a teste de normalidade, homocedasticidade, em seguida, à análise de variância, e quando necessário, suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental a precipitação pluviométrica foi de 354,7 mm (lâmina de água no tratamento 0% da ETo). Já o tratamento de 25% da ETo recebeu 208,6 mm via irrigação, de modo que somada a precipitação, totalizou um lâmina de água recebida pelo sistema igual a 563,3 mm.

Não houve efeito da interação entre as lâminas de irrigação e os sistemas de cultivo (CC e SC) sobre as variáveis de crescimento da palma forrageira. Assim, foram avaliados os efeitos isolados de cada fator (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis biométricas da palma forrageira (*Opuntia stricta*) cv. Orelha de Elefante Mexicana, submetida a lâminas de irrigação e sistemas de cultivo no município de Serra Talhada, PE.

Lâminas	Variáveis biométricas				
	AP	LP	NCT	NC1	NC2
0% ETo	52,708 b	55,333 b	11,708 b	9,708 a	1,00 b
25% ETo	60,395 a	63,083 a	15,791 a	11,875 a	2,916 a
Sistemas					
SC	49,562 b	53,00 b	11,416 b	10,208 a	0,208 b
CC	63,541 a	65,416 a	16,083 a	11,375 a	3,708 a

Altura de plantas (AP, cm); Largura de planta (LP, cm); Número de cladódios total (NCT, unidade); Número de cladódios de primeira e segunda ordem (NC1, NC2, unidade). Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Das cinco variáveis analisadas, apenas o NC1 não se diferenciou entre os tratamentos e sistemas ($p > 0,05$) (Tabela 1). Para a análise do efeito das lâminas de irrigação sobre as variáveis de crescimento, pode-se verificar que as variáveis AP, LP, NCT e NC2 apresentaram um ganho significativo na lâmina de 25% da ETo, com um aumento de quase 8 cm tanto para AP como para LP, e incremento de 25,86% do NCT (Tabela 1).

Os ganhos nessas variáveis estão associados a maior disponibilidade de água à planta, principalmente devido aos baixos índices pluviométricos durante o período avaliado. Oliveira et al. (2011) descrevem bons rendimentos para a palma forrageira, em períodos com valores de chuva em torno de 600 mm ano⁻¹. Isso indica que, para

ambientes semiáridos a cultura da palma necessita de irrigação complementar durante os períodos de déficit hídrico para obter maiores crescimento.

Pereira et al. (2015) em estudo conduzido no município de Serra Talhada, PE com o clone Orelha de Elefante Mexicana, obtiveram valores de 46,9 e 56,8 cm para a variável AP e LP, respectivamente. Silva et al. (2015b) encontraram o valor de NCT igual a 14,11 unidades, estando próximo ao observados nesse trabalho.

Quando se avaliou o efeito dos sistemas isolados (CC e SC), verificaram-se melhores ganhos para o tratamento que recebeu a cobertura morta, tendo um incremento nas variáveis AP e LP de 22% e 20%, e para NCT e NC2 um aumento de 4,66 e 3,5 cladódios, respectivamente, em relação ao sistema sem cobertura morta sobre o solo (Tabela 1). Estes resultados podem estar relacionados a diminuição da evaporação e conservação da umidade do solo por um período maior de tempo, possibilitando às plantas um maior aproveitamento da água para o atendimento de suas necessidades.

Borges et al. (2014) citam que o uso de irrigação e cobertura morta aumentam a umidade do solo, e resultam em benefícios positivos ao desenvolvimento das culturas em região semiárida.

CONCLUSÕES

O uso de irrigação complementar e cobertura morta no sistema de produção da palma forrageira aumentaram expressivamente o crescimento da cultura.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 301 p. Irrigation and Drainage Paper 56.

ALMEIDA, A. A. et al. Perfil sócio-econômico e nível tecnológico dos produtores de palma (*Opuntia ficus indica* Mill.) no cariri paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 86-92, 2011.

BORGES, T. K. de S. et al. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1862-1873, 2014.

NASCIMENTO, M. C. O. et al. Armazenamento de forragem para caprinos e ovinos no semiárido do nordeste. **Revista ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 9, n. 4, p. 20-27, 2013.

OLIVEIRA, A. S. C. et al. A palma forrageira: alternativa para o semi-árido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 9, p. 49-58, 2011.

PEREIRA, P. de C. et al. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184-195, 2015.

QUEIROZ, M. G. et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 19, p. 931-938, 2015.

QUEIROZ, M. G. et al. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.

SANTOS, M. V. F. et al. Manejo da Palma Forrageira. In: II Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactáceas, 2011, Garanhuns-PE. **Anais...** Garanhuns, 2011. Disponível em: <http://pecnordestefaec.org.br/palma/artigos/MANEJO-DA-PALMA-FORRAGEIRA.pdf>>. Acesso em: 09 de Abr. 2017.

SILVA, T. G. F. et al. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 515-525, 2015a.

SILVA T. G. F. da et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015b.

SIVA, J. N. et al. Crescimento do milho bandeirante sob lâminas de irrigação e *mulching*. **Revista ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 11, n. 4, p. 87-96, 2016.

EMISSÃO DE CLADÓDIOS DA PALMA FORRAGEIRA SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E CONSÓRCIO

Cleber Pereira Alves¹, George do Nascimento Araújo Júnior², Maria Gabriela de Queiroz³, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, cleberp.alves@hotmail.com; ²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, georgejunior_91@hotmail.com; ³Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, mg.gabi@hotmail.com; ⁴Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, alexandremrfj@gmail.com;

⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thiageoprofissional@hotmail.com

RESUMO: A emissão de cladódios pela palma depende do manejo adotado e reflete a sua capacidade produtiva. Objetivou-se analisar a influência de diferentes regimes hídricos e sistemas de cultivo na emissão de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), durante o quarto ciclo produtivo. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, arranjo fatorial 5x2, com cinco lâminas de irrigação baseada em frações da evapotranspiração de referência (0%, 25%, 50%, 75% e 100%), e dois diferentes sistemas de cultivo (palma exclusiva e consórcio palma-sorgo). Análises biométricas foram realizadas ao longo do tempo a fim de determinar a quantidade de cladódios emitidos por ordem de surgimento (1ª, 2ª ordem, e, assim sucessivamente) e por planta. Como resultados, verificou-se que não houve influência dos tratamentos na emissão de cladódios por ordem de surgimento e total da planta ($p > 0,05$). A maior emissão de cladódios foi de 1ª ordem quando comparada com a de 2ª ordem. Em média, o número de cladódios de 1ª ordem emitidos foi 10 unidades, enquanto de 2ª ordem foi de uma unidade. Conclui-se que no quarto ciclo produtivo da cultura as lâminas de água de 263,6 mm a 670,5 mm ano⁻¹ e a adoção do consórcio palma-sorgo não afetaram na emissão de cladódios.

PALAVRAS-CHAVE: biometria, configuração palma-sorgo, semiárido.

CLADODES EMISSION OF THE FORAGE CACTUS UNDER IRRIGATION DEPTH AND INTERCROPPING SYSTEM

ABSTRACT: The cladode emission of forage cactus depends on the management adopted and reflects their productive capacity. The objective of this study was to analyze the influence of different water regimes and cropping systems on the cladode emission of forage cactus (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) during the fourth productive cycle. The experimental design was a randomized block design with a 5 x 2 factorial arrangement with five irrigation depth based on reference evapotranspiration fractions (0%, 25%, 50%, 75% and 100%), and two different cropping systems (single system and forage cactus-sorghum intercropping system). Biometric analyzes were performed over time to determine the amount of cladodes emitted in order of appearance (1st, 2nd order, and so on) and per plant. As results, it was verified that there was no influence of the treatments on the cladodes emission in order of appearance and total of the plant ($p > 0.05$). The highest emission was of cladodes 1st order when compared to the cladodes 2nd order. On average, the number of 1st order cladodes issued was 10 units, while the 2nd order cladodes was 1 unit. It was concluded that in the fourth crop cycle the water depths from 263.6 mm to 670.5 mm year⁻¹ and the adoption of the forage cactus-sorghum intercropping system did not affect the cladodes emission.

KEY-WORDS: biometry, forage-sorghum configuration, semiarid.

INTRODUÇÃO

A palma forrageira surge no cenário agrícola do Semiárido como alternativa de cultivo adaptada as condições climáticas locais (SILVA et al., 2014). Como relatado por Nunes (2015), a emissão de cladódios pelas plantas reflete a sua capacidade produtiva, logo pode ser usada como indicativo de adaptação aos diferentes ambientes de cultivo.

O manejo empregado para a palma afeta diretamente o desempenho produtivo da cultura (SILVA et al., 2015). Logo, a boa escolha do sistema de cultivo pode maximizar a utilização dos recursos naturais e aumentar a sua produtividade. Embora resistente ao elevado déficit hídrico, o uso de irrigação tem sido aplicado para a maximização de seu rendimento (QUEIROZ et al., 2015). Em adicional, sistema de cultivo como consórcio tem sido incentivado para melhorar o aproveitamento da área e da água, o controle de plantas daninhas e a cooperação mútua da palma e de seu consorte (DINIZ, 2016).

Diante do exposto, neste estudo foi investigado o efeito das lâminas de irrigação e do consórcio palma-sorgo na emissão de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) em seu quarto ciclo produtivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra, Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, localizado no município de Serra Talhada - PE (latitude: 07° 59' 31" S, longitude: 38° 17' 54" W e altitude: 429m), pertencente à Região Nordeste, na microrregião do Vale do Pajeú. O clima local é do tipo semiárido, BSw^h, de acordo com a classificação de Köppen, onde os meses mais quentes são aqueles com maiores níveis de chuva e os meses frios são aqueles mais secos.

Foram utilizados cladódios da Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), espaçados em 1,6 x 0,40 m. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com dez tratamentos, dispostos em arranjo fatorial 5x2, com cinco lâminas de irrigação (0%; 25%; 50%; 75% e 100% da evapotranspiração de referência, ETo), e dois sistemas de cultivo (palma solteira e consórcio palma-sorgo), com quatro repetições.

O sistema de irrigação foi por gotejamento, com gotejadores espaçados a 0,4 m entre si, e as irrigações foram realizadas três vezes por semana.

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), cv. SF-15, foi utilizado para consórcio com a palma, onde foi semeado a 0,25 m da linha de plantio da palma, e cultivado durante dois ciclos, brota e rebrota.

As variáveis meteorológicas foram monitoradas ao longo do tempo para cálculo da ETo. Os dados foram provenientes da estação meteorológica automática, pertencente ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), a qual estava situada a 1,5 km da área. As variáveis monitoradas foram: radiação global incidente ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do vento (m s^{-1}), umidade relativa do ar (%), e pressão atmosférica (hPa). Para a estimativa da evapotranspiração de referência, utilizou-se da equação de Penman-Monteith, parametrizada no boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998). A medição da chuva foi feita por um pluviômetro automático (S-RGB-M002).

Na ocasião da colheita, três plantas por subparcela foram amostradas para a contagem do número de cladódios emitidos por ordem de surgimento (1ª ordem, 2ª ordem, e assim, sucessivamente), bem como o número total de cladódios por planta. Em seguida, os efeitos das lâminas de irrigação e sistema de cultivo foram analisados.

Os dados foram submetidos a testes estatísticos utilizando o aplicativo XLSTAT. Como os resíduos dos dados não apresentaram normalidade aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações sazonais dos valores de evapotranspiração de referência (ET_o) e da radiação solar global incidente (R_g) estão descritos na Figura 1. A R_g é o fator que mais influencia na ET_o, logo nos meses de maio a julho houve redução da ET_o. Os meses de maior ET_o foram setembro e outubro, quando a incidência de radiação era mais intensa. Essa sazonalidade afetou nas lâminas aplicadas ao longo do ciclo da cultura (Tabela 1).

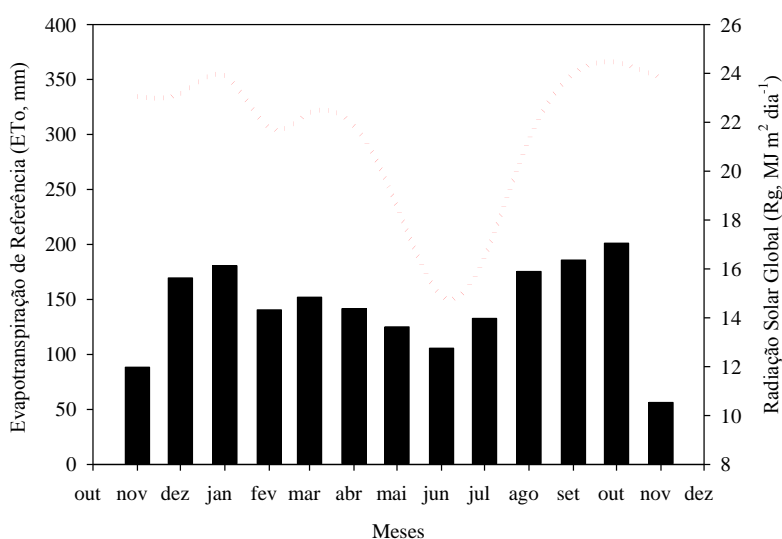


Figura 1. Evapotranspiração de referência mensal (mm) e da radiação solar global incidente média ($\text{MJ m}^2 \text{dia}^{-1}$) entre os meses de novembro de 2014 e novembro de 2015, no município de Serra Talhada, PE.

Tabela 1. Lâminas de irrigação aplicadas com base na ET_o (mm) para a palma forrageira no município de Serra Talhada, PE.

Mês-Ano	Lâmina irrigação (mm)				
	0%	25%	50%	75%	100%
Novembro-2014	11	0	0	0	0
Dezembro-2014	39,8	0	0	0	0
Janeiro-2015	17,4	29,40	52,05	72,29	92,79
Fevereiro-2015	66	2,57	4,55	6,33	8,12
Março-2015	69,2	21,44	38,27	53,31	68,85
Abril-2015	6,8	25,33	44,84	62,27	79,94
Maio-2015	15,6	22,03	39,16	54,46	70,12
Junho-2015	37,8	12,47	22,08	30,66	39,36
Julho-2015	0	21,50	38,05	52,85	67,84
Agosto-2015	0	32,39	57,38	77,86	98,80
Setembro-2015	0	32,81	58,08	80,67	103,55
Outubro-2015	0	5,20	9,21	12,79	16,41
Novembro-2015	0	6,19	9,49	19,63	24,67
Total	263,6	211,3	373,2	523,1	670,5

A lâmina de 0% ETo correspondeu apenas aos eventos de chuva, que somada às lâminas de irrigação totalizou para o tratamento de 100%.ETo magnitude de lâmina próxima à norma climatológica do município de Serra Talhada, PE (657 mm ano⁻¹).

Apesar da discrepância dos valores das lâminas de água (263,6 mm versus 670,46) não se verificou diferença entre os tratamentos. O mesmo foi apontado em relação ao sistema de cultivo consorciado com sorgo, o qual não alterou a emissão de cladódios. Os valores médios são apresentados na Figura 2.

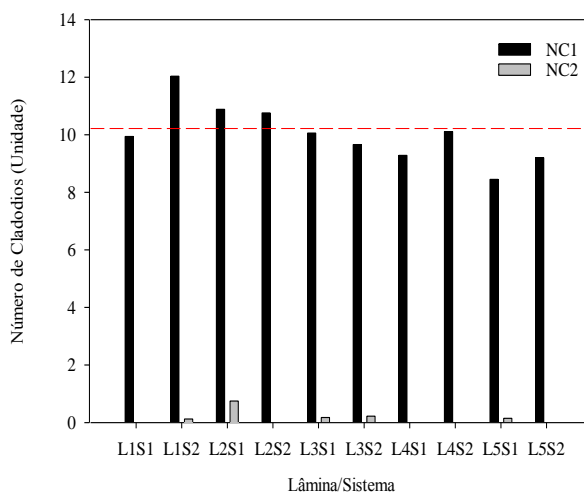


Figura 2. Número de cladódios por ordem de surgimento na planta da palma forrageira sob lâminas de água e sistema de cultivo (S1 - palma exclusiva e S2 - consórcio palma-sorgo). Obs.: NC1 é o número de cladódio de 1ª ordem e NC2, cladódios de 2ª ordem.

Estes resultados indicam que a emissão de cladódios da palma forrageira esteve mais associada a características morfológicas ou genéticas do clone do que a mudança microclimática promovida pelos tratamentos no ambiente de cultivo. Queiroz et al., (2015) afirmam que, no segundo ano de cultivo, após o 1º corte realizado no cladódio basal, a *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. irrigada, emite mais cladódios de 1ª e 2ª ordem. A emissão de cladódio de 1ª ordem foi superior aos de 2ª ordem, independentemente do tratamento de lâmina de água ou sistema de cultivo, resultando em média 10 cladódios de 1ª ordem e uma unidade de cladódios de 2ª ordem. Pereira et al., (2015) encontraram 6,67 unidades de cladódios de 1ª ordem e 1,56 de cladódios de 2ª ordem para esta mesma espécie irrigada durante o seu segundo ciclo produtivo, porém com lâminas de água abaixo da aplicada no presente estudo.

CONCLUSÕES

No quarto ciclo produtivo, a emissão de cladódios pela palma forrageira, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw., não foi modificada pelo aumento das lâminas de água de 263,6 mm a 670,5 mm ano⁻¹ e pela adoção do consórcio com o sorgo.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56)

NUNES, J da S. L. **Características morfofisiológicas e propriedades biofísicas de cultivares de palma forrageira no semiárido brasileiro.** 2015. 61 f. Dissertação

(Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2015.

PEREIRA, P. de C. et al. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184-195, 2015.

QUEIROZ, M. G. de et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.10, p.931-938, 2015.

SILVA, L. M. da et al. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.11, p. 2064-2071, 2014.

SILVA, T. G. F. da et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.

EFLUXO DE CO₂ DO SOLO COM *BRACHIARIA BRIZANTHA* SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Davi Boehringer¹, Milton Edgar Pereira Flores², Flávio Barbosa Justino³

¹Eng. Agrônomo, Pós- doutorando em Meteorologia Aplicada, Depto. Engenharia Agrícola (UFV), Viçosa-MG, daviwbr@outlook.com

²Eng. Agrônomo, Pós- doutorando em Meteorologia Aplicada, Depto. Engenharia Agrícola (UFV), Viçosa-MG, miltonpereira2001@yahoo.com

³Meteorologista, Prof. Titular, Depto. Engenharia Agrícola (UFV), Viçosa –MG, fjustino@ufv.br

RESUMO: A compreensão sobre o efluxo de CO₂ do solo em áreas de pastagem é ainda limitada. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variação do efluxo de CO₂ do solo em áreas de *Brachiaria brizantha*, cv Marandu, submetidas a diferentes lâminas de irrigação durante o inverno. O experimento foi conduzido em lisímetros de drenagem com capacidade para 1,12 m³ de solo, situados na área experimental de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Viçosa. Os tratamentos constituíram-se de quatro lâminas de irrigação: reposição de 100% (L1), 75% (L2), 50% (L3) e 25% (L4) da evapotranspiração da cultura acumulada (ETc ac). Houve diferença significativa no efluxo de CO₂ do solo entre os tratamentos. O efluxo foi maior nos tratamentos com as maiores lâminas de irrigação. As médias foram de 2,3; 2,1; 1,4 e 1,2 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para os tratamentos com reposição de 100, 75, 50 e 25% da ETc ac, respectivamente. Independente das baixas temperaturas, a umidade do solo é a maior responsável pela variação no efluxo de CO₂ do solo. À medida que o solo seca, a umidade do solo torna-se o maior limitante.

PALAVRAS-CHAVE: pastagem, umidade do solo, temperatura do solo.

SOIL CO₂ EFFLUX WITH *BRACHIARIA BRIZANTHA* UNDER DIFFERENT IRRIGATION LEVELS

ABSTRACT: Our understanding of soil CO₂ efflux in pasture areas is still limited. In this way, the objective of this work was to evaluate the variation of soil CO₂ efflux in *Brachiaria brizantha*, cv Marandu areas submitted to different irrigation levels during the winter growth season. The experiment was conducted in drainage lysimeters with a capacity of 1.12 m³ of soil, located in the experimental area of Irrigation and Drainage of the Federal University of Viçosa. The treatments consisted of four irrigation levels: 100% (L1), 75% (L2), 50% (L3) and 25% (L4) of the accumulated crop evapotranspiration (ETc ac). There was a significant difference in soil CO₂ efflux between treatments. The efflux was higher in the treatments with the larger irrigation levels. The averages were 2.3; 2.1; 1.4 and 1.2 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ for the treatments with 100, 75, 50 and 25% replacement of the ETc ac., respectively. Regardless of low temperatures, the soil moisture is the major responsible for the variation in the soil CO₂ efflux. When the soil dries, soil moisture becomes the major limiting factor.

KEY-WORDS: pasture, soil moisture, soil temperature.

INTRODUÇÃO

O efluxo de CO₂ do solo é um dos principais componentes do ciclo global do carbono e representa a emissão de CO₂ pela respiração de raízes, atividades microbiológicas e oxidação do carbono decorrente da decomposição de matéria orgânica do solo. Estima-se que cerca de 50% do carbono emitido para o ecossistema provém da respiração do solo (ROBERTS, 2000). A magnitude desse processo varia no tempo e no espaço, dependendo das condições edafoclimáticas e do manejo. Dentre os principais fatores que influenciam o efluxo de CO₂ do solo estão a temperatura e umidade do solo e o tipo de vegetação (CURSI, 2016). O entendimento do efluxo de CO₂ do solo é a chave para entender a troca do fluxo solo-planta-atmosfera, e quantificá-lo em função de variáveis do microclima local, ajudará a aprimorar modelos de interações climáticas (SILVA et al, 2016).

As pastagens, base da produção animal no Brasil, constituem em um dos maiores e mais importantes agroecossistemas do País. As pastagens são a maneira mais prática e econômica para a alimentação de bovinos, garantindo baixos custos de produção (DIAS-FILHO, 2014).

A compreensão sobre o efluxo de CO₂ do solo em áreas de pastagem é ainda limitada. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variação do efluxo de CO₂ do solo em áreas de *Brachiaria brizantha*, cv Marandu, submetidas a diferentes lâminas de irrigação durante o inverno.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em lisímetros de drenagem com capacidade para 1,12 m³ de solo, situados na área experimental de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A acidez e fertilidade do solo foram corrigidas a partir dos resultados da análise físico-química, conforme Ribeiro et al. (1999).

O experimento com *Brachiaria brizantha*, cv Marandu foi conduzido no período de 1º de junho a 29 de setembro de 2016. Os tratamentos constituíram-se de quatro lâminas de irrigação: reposição de 100% (L1), 75% (L2), 50% (L3) e 25% (L4) da evapotranspiração da cultura acumulada (ET_c ac). As irrigações foram realizadas sempre que a evapotranspiração do tratamento L1 acumulava um valor de 20 mm. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições.

Os dados da precipitação e evapotranspiração de referência (ET_o) foram coletados pela estação meteorológica automática e portátil, modelo Vantage Pro2 (DAVIS). O ET_c foi calculado multiplicando a ET_o pelo K_c da cultura. Foi utilizado K_c com os valores de 0,4 até 1,05 conforme crescimento da cultura e ajustados periodicamente pelos dados do balanço de água do solo.

O efluxo de CO₂ do solo, ou ainda, a taxa da troca líquida de CO₂ (Net CO₂ Exchange Rate = NCER) foi medido entre 8:00 e 10:00 da manhã com um analisador de gás por infravermelho IRGA (Infra Red Gas Analyzer), acoplado ao sistema portátil LC-Pro+ (ADC BIO SCIENTIFIC). Sete avaliações ao longo do estudo foram realizadas entre o dia 29 de julho e 17 de setembro. Durante as medições foi registrada a temperatura do solo com termômetro na profundidade de 0-5 cm. Também foram coletadas amostras de solo a 0-5 cm de profundidade para determinação da umidade do solo pelo Método Gravimétrico.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e comparação de médias, utilizando o software Sisvar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas do solo foram mais baixas nos meses de julho e agosto, variando entre 15,3 e 18°C (Fig. 1a). A partir de setembro, as temperaturas aumentaram gradativamente até atingir a média de 20,7°C no último dia de medição. As temperaturas do solo foram semelhantes em todos os tratamentos.

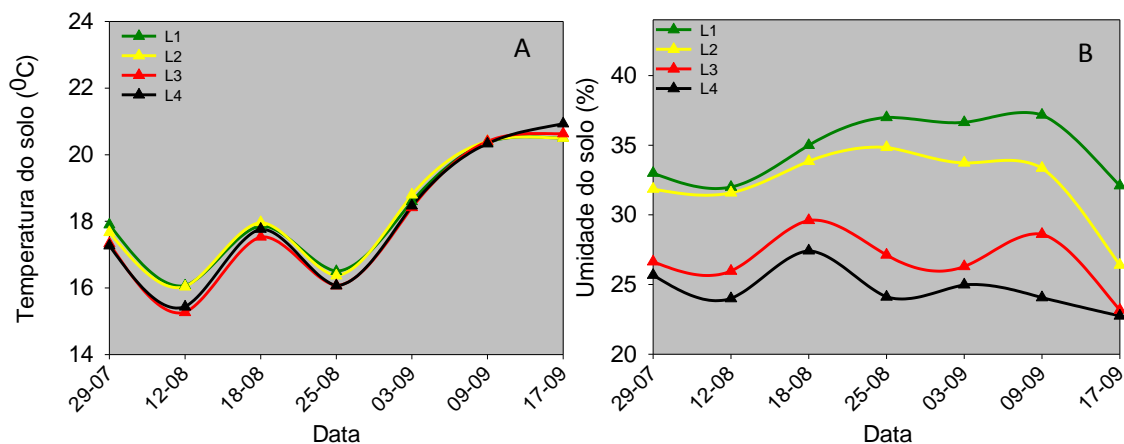


Figura 1. Temperatura do solo (A) e umidade do solo (B) em áreas de *Brachiaria brizantha*, cv Marandu, submetidas aos tratamentos com 100% (L1), 75% (L2), 50% (L3) e 25% (L4) de reposição da evapotranspiração da cultura acumulada (ETc ac.).

A umidade do solo permaneceu alta durante todo o experimento no tratamento L1 (Fig. 1b) com valores acima de 32%. Nos demais tratamentos a umidade do solo caiu gradativamente, pois a evapotranspiração era maior que a reposição da água. No tratamento L2, a umidade do solo caiu drasticamente somente em meados de setembro. Nas medições realizadas no dia 17 de setembro, a umidade do solo nesse tratamento foi de 26,4%. Por outro lado, nos tratamentos L3 e L4, a umidade do solo foi menor durante todo o experimento, oscilando entre 23,17 e 29,6% no tratamento L3, e entre 22,75 e 27,42% no tratamento L4.

Houve diferença significativa no efluxo de CO₂ do solo entre os tratamentos ($p < 0,05$). O efluxo foi maior nos tratamentos com as maiores lâminas de irrigação (Fig. 2). As médias foram de 2,3; 2,1; 1,4 e 1,2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para os tratamentos L1, L2, L3 e L4, respectivamente. Isso corresponde a uma redução de 9, 36 e 47% dos tratamentos L2, L3 e L4 em relação ao tratamento L1. Diversos estudos demonstram a grande influência da umidade na emissão de gases do solo (PINTO-JUNIOR et al., 2009; SILVA et al., 2016). Além de melhorar o ambiente para os micro-organismos do solo, a umidade ideal favorece o crescimento das plantas, aumentando seu metabolismo, a produção de exsudados radiculares e conseqüentemente, a respiração das raízes.

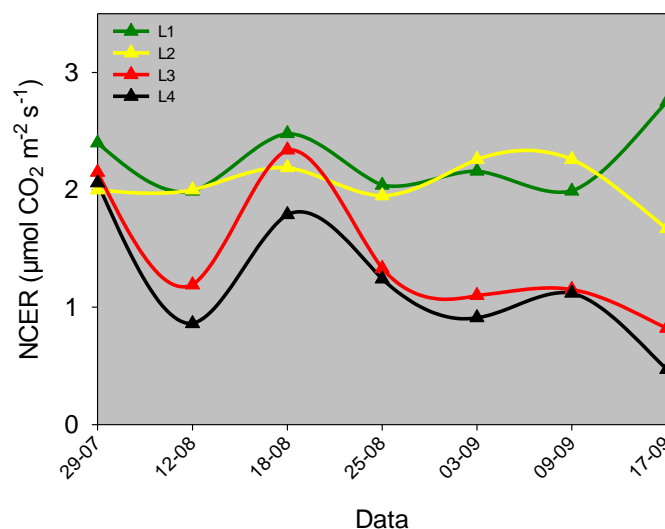


Figura 2. Efluxo de CO₂ do solo (NCER) em áreas de *Brachiaria brizantha*, cv Marandu, submetidas aos tratamentos com 100% (L1), 75% (L2), 50% (L3) e 25% (L4) de reposição da evapotranspiração de cultura acumulada (ETc ac.).

Durante a maior parte das medições, o efluxo nos tratamentos L3 e L4 foi significativamente menor em relação aos tratamentos L1 e L2 ($p < 0,05$), evidenciando a influência direta da umidade do solo no NCER em curtos períodos de tempo. Por sua vez, o efluxo dos tratamentos L1 e L2 foram semelhantes até início de setembro. Somente no último dia de medição, quando a umidade do solo no tratamento L2 caiu drasticamente, houve redução do efluxo de CO₂ do solo para a atmosfera. Nos tratamentos com menor disponibilidade hídrica, a influência da umidade do solo sobre o efluxo é maior e em menor espaço de tempo. As correlações entre o efluxo e umidade do solo foram de -0,32; 0,55; 0,63 e 0,82 nos tratamentos com L1, L2, L3 e L4, respectivamente.

Por sua vez, a temperatura do solo influenciou de maneira mais expressiva os tratamentos com as maiores lâminas de irrigação. As correlações entre a temperatura do solo e o efluxo de CO₂ do solo foram de 0,88; 0,72; -0,35 e -0,36 nos tratamentos L1, L2, L3 e L4, respectivamente. Assim, verificou-se a relação do NCER e a interação entre umidade e temperatura do solo.

As emissões de CO₂ do solo são de natureza complexa, não sendo possível identificar um único atributo do solo ou do ambiente que, isoladamente, explique sua variação no tempo e no espaço (BRANDÃO, 2012). Entretanto, percebeu-se neste trabalho, a grande influência que a umidade e a temperatura do solo exercem sobre o efluxo de CO₂. Janssens et al. (2000), reportaram que as mudanças na temperatura do solo podem influenciar em até 80% as variações temporais no fluxo de CO₂, desde que haja adequada umidade do solo. Da mesma forma, outro estudo realizado por Smith et al. (2003) indicaram que o CO₂ liberado pela respiração aeróbica é dependente principalmente da temperatura, mas se torna dependente da umidade à medida que um solo seca. Assim, as variações de umidade do solo ao longo do inverno influenciam grandemente os fluxos de carbono em pastagens com *B. brizantha*, além da produtividade das mesmas.

CONCLUSÕES

O efluxo de CO₂ do solo durante o inverno foi maior nos tratamentos com as maiores lâminas de irrigação. Independente das baixas temperaturas, a umidade do solo

é a maior responsável pela variação no efluxo de CO₂ do solo. À medida que o solo seca, a umidade do solo torna-se o maior limitante.

REFERÊNCIAS

BRANDÃO, A. A. **Dinâmica Temporal do Efluxo de CO₂ do Solo em Área de Cerrado no Pantanal Matogrossense**. 68 p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2012.

CURSI, A. G. **Análise Temporal do Efluxo de CO₂ e Desenvolvimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. 40 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2016.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia, 2014

JANSSENS, I. A., et al. Assessing forest soil CO₂ efflux: an in situ comparison of four techniques. **Tree Physiology, Berkeley**, v. 20, n. 1, p. 23-32, 2000.

PINTO-JUNIOR, O. B., et al. Efluxo de CO₂ do solo em floresta de transição Amazônia Cerrado e em área de pastagem. **Acta Amazonia**, v. 39, n. 4, p. 813–822, 2009.

RIBEIRO, A. C., et al. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

ROBERTS, J.M. **Effects of temperature on soil respiration: a brief overview**. Wallingford: Center for Ecology and Hydrology, 45 p. 2000.

SILVA, C. M. da, et al. Variação temporal do efluxo de CO₂ do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 1, p. 1–12, 2016.

SMITH, K.A, et al. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interaction between soil physical factors and biological process. **European Journal of Soil Science**, v. 54, n. 4, p. 779-791. 2003.

VOLUME OCUPACIONAL DA PALMA FORRAGEIRA SOB ADOÇÃO DE COBERTURA MORTA

Hygor Kristoph Muniz Nunes Alves¹, Maria Gabriela de Queiroz², George do Nascimento Araújo Júnior³, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim³, Thieres George Freire da Silva⁴

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE hygorkristoph22@gmail.com; ²Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG; ³Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ⁴Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: As práticas de irrigação e cobertura morta em ambiente Semiárido ajudam na mitigação dos baixos rendimentos da palma forrageira. Assim, objetivou avaliar as características volumétricas da palma forrageira irrigada sob a adoção de sistemas de cultivo com e sem cobertura morta. O experimento foi realizado no município de Serra Talhada, PE, entre os meses de novembro de 2014 e novembro de 2015, durante o quarto ciclo produtivo da cultura. Foram avaliadas as variáveis volumétricas da ocupação da planta, sendo: Volume de ocupação da planta e dos cladódios de primeira e segunda ordem (VOP, VOC-1 e VOC-2, nesta ordem), volume de ocupação total e dos vazios (VOtotal e VOgap, nesta ordem), calculados a partir de variáveis biométricas e de área dos cladódios. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativos ao teste de Tukey a 5%. O uso de cobertura morta promoveu maior volume de cladódios, assim como maior volume de ocupação da planta, total e de espaços vazios, quando comparado ao sistema sem cobertura morta. Estas informações podem ser úteis na avaliação do crescimento e desenvolvimento da palma forrageira.

PALAVRAS-CHAVE: Área do cladódio, Biometria, Irrigação, Semiárido.

OCCUPATIONAL VOLUME OF THE FORAGE CACTUS UNDER USE OF MULCHING

ABSTRACT: Irrigation and mulching practices in the semi-arid environment help to mitigate the low yields of forage cactus. The objective of this study was to evaluate the volumetric characteristics of the forage cactus irrigated under the cultivation systems with and without mulch. The experiment was carried out in the municipality of Serra Talhada, State of Pernambuco, between November 2014 and November 2015, during the fourth crop cycle. The volumetric variables of the plant occupation were: volume of occupancy of the plant and first and second order cladodes (VOP, VOC-1 and VOC-2, in this order), total occupation volume and voids (VOtotal and VOgap, in this order), calculated from biometric variables and area of the cladodes. Data were submitted to analysis of variance, and when significant to the Tukey test at 5%. The increase in mulch increased the cladode volume, as well as greater volume plant occupancy, total and empty spaces, when compared to the system without mulching. Therefore, the use of these volumetric indexes can help to evaluate the growth and development of forage palm.

KEY-WORDS: Cladode area, Biometry, Irrigation, Semiarid.

INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro caracteriza-se por apresentar baixos índices de precipitação pluvial e altas temperaturas, com uma demanda atmosférica, em termos de evapotranspiração potencial, próximo a 2.000 mm ano⁻¹, ocorrendo períodos chuvosos nos meses de janeiro a abril, e posteriormente, longos períodos de estiagem estendendo-se de maio a dezembro (VIANA et al., 2016). Estas condições estão relacionadas à alta incidência de radiação solar nesta região têm efeito significativo na temperatura e umidade relativa do ar, temperatura do solo e, na evapotranspiração, afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas (ALVES et al., 2014; CARNEIRO et al., 2014).

Devido a essas características, o uso de técnicas agrícolas, como a prática de irrigação é uma alternativa para mitigar os efeitos dos baixos rendimentos das culturas nesta região, bem como a utilização de espécies adaptadas às condições locais, como a palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.). Outra prática que apresenta grande importância neste cenário é o uso de cobertura morta, onde exibe potencial para a modificação do microclima, tendo efeito na conservação da umidade do solo, na temperatura, além de reduzir a evaporação e disponibilizar nutrientes às plantas (ABD EL-MAGEED; SEMIDA; ABD EL-WAHED, 2016).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar as características volumétricas da palma forrageira irrigada sob a adoção de sistemas de cultivo com e sem cobertura morta sobre o solo, em ambiente Semiárido.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra, pertencente ao Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA, situado em Serra Talhada, PE (Lat.: 7° 59' S, Long.: 38° 15' O e Alt.: 461 m), Semiárido brasileiro. As condições climáticas são caracterizadas por médias anuais de umidade relativa do ar de 62,5%, precipitação pluvial de 642,1 mm e temperatura média de 24,8 °C (SILVA et al., 2015).

O clone utilizado foi a *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.cv. Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016, dispostos no espaçamento 1,60 x 0,40 m, com densidade de plantio de 15.625 plantas por hectare. A área foi implantada em março de 2011 e o experimento foi conduzido entre os meses de novembro de 2014 e novembro de 2015, com a palma no seu quarto ciclo produtivo. Foram efetuadas capinas manuais sempre que se fizeram necessárias. Durante o período experimental foram aplicados 525 kg ha⁻¹ da formulação (14-00-18+16 S) em duas adubações químicas.

O delineamento experimental utilizado em blocos casualizados (DBC), com dois tratamentos (sem cobertura e com cobertura morta sobre o solo), em 4 blocos. Todas as parcelas experimentais receberam durante o experimento, lâmina de irrigação equivalente a 25% da evapotranspiração de referência - ETo.

A cobertura morta utilizada nas parcelas foi proveniente da vegetação espontânea obtida próxima a área experimental, sendo distribuída uniformemente entre as linhas de plantio e dentro das linhas entre as plantas, aplicando 8,2 t ha⁻¹, sem reposição durante o período avaliado.

As variáveis meteorológicas ao longo do período foram monitoradas por uma estação meteorológica automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, localizada a 1,5 km da área experimental. Estas variáveis foram utilizadas no cálculo da ETo, a qual foi determinada pela equação de Penman-Monteith conforme o Boletim 56

da FAO (ALLEN et al., 1998). Já a precipitação pluvial foi monitorada por meio de um pluviômetro automático instalado na área experimental.

Os dados avaliados para o monitoramento das variáveis volumétricas da palma forrageira foram: altura (AP, cm); largura (LP, cm); número de cladódios total e por ordem de surgimento (NCT, NC1 e NC2, unidades). Já os dados dos cladódios foram: comprimento (CC, cm); largura (LC, cm); espessura (EC, mm); perímetro (PC, cm); e área do cladódio (AC, cm²). A AP, LP, CC, LC e PC foram obtidos por meio de fita milimétrica e para medição da EC foi utilizado um paquímetro. A AC foi determinada utilizando expressões matemáticas previamente estabelecidas, conforme descrito por Silva et al. (2014).

A determinação dos valores do volume de ocupação dos cladódios de primeira e segunda ordem (VOC-1; VOC-2) foram obtidos com base na área do cladódio e sua respectiva espessura (Equação 1):

$$VOC = AC \times EC \quad (1)$$

em que: VOC = volume de ocupação do cladódio (cm³), AC = área do cladódio (cm²) e EC = espessura do cladódio (cm).

O volume de ocupação da planta (VOP) foi obtido por meio do somatório de todos os valores encontrados para VOC de uma mesma planta.

O volume de ocupação total (VO_{total}, cm³) da planta foi determinado considerando que a palma forrageira tem uma arquitetura cilíndrica (Equação 2):

$$VO_{total} = \frac{\pi \times LP^2}{4} \times AP \quad (2)$$

em que: LP = largura da planta (cm), AP = altura da planta (cm).

O volume de ocupação dos espaços vazios dentro do dossel (VO_{gap}, cm³) foi determinado pela diferença entre o VO_{total} e o VOP.

Os dados para ambos os tratamentos foram submetidos a teste de normalidade, homocedasticidade, em seguida, a análise de variância, e quando significativo ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período avaliado, os eventos de precipitação pluviométrica somados a lâmina de irrigação de 25% da ETo (208,6 mm) totalizaram 563,3 mm.

Para as variáveis volumétricas analisadas, apenas o VOC-2 não apresentou efeito significativo do sistema de cultivo (dados não apresentados). Já as demais variáveis (VOC-1, VOP, VO_{gap} e VO_{total}), diferenças foram verificadas, onde o cultivo com cobertura apresentou valores superiores ao sistema sem cobertura ($p < 0,05$) (Figura 1).

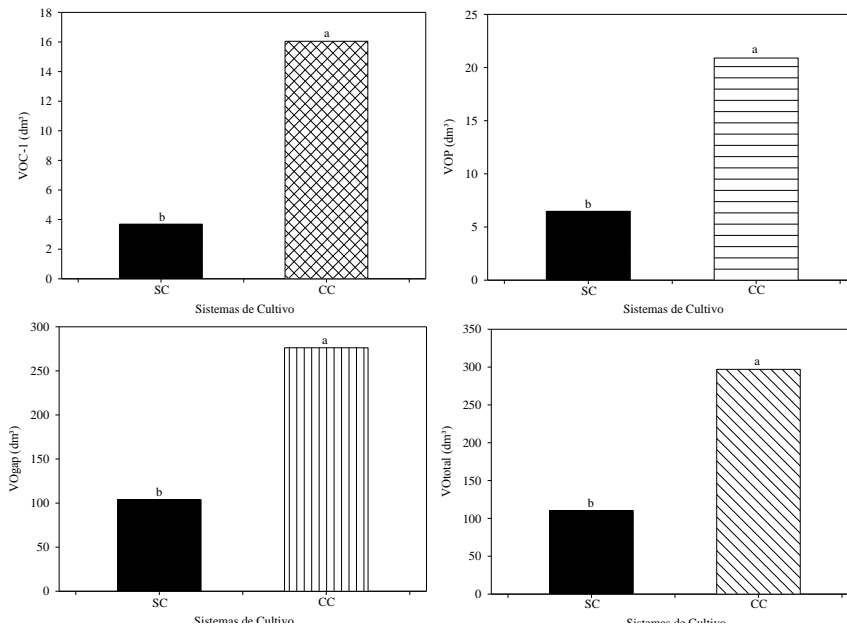


Figura 1. Variáveis volumétricas da palma forrageira irrigada, sob dois sistemas de cultivo: Com cobertura (CC) e Sem cobertura (SC), durante o seu quarto ciclo produtivo, no Semiárido brasileiro. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

Para a variável VOC-1, pode-se observar que o sistema SC apresentou valores menores ao sistema CC (Figura 1). Quando se analisou o volume de ocupação da planta (VOP) em relação ao volume de ocupação total (VOTotal), notou-se que a maior parte do volume é ocupado por espaços vazios (VOgap). Pelos resultados, constata-se que a planta de palma não tem uma boa ocupação do seu volume no espaço, sendo os maiores valores de VOGap no sistema CC. Nesta condição, o maior desenvolvimento da planta possui relação proporcional ao volume de ocupação; quanto mais desenvolvida a planta, maior o valor para o VOGap e, conseqüentemente, para o VOTotal.

Embora se tenha encontrado valores de VOGap superiores para o sistema CC, pode-se observar que não houve modificação na arquitetura da planta para ambos os sistemas, mantendo-se semelhantes o porcentual de espaços vazios no volume de ocupação total da planta, sendo 94% e 93% para o sistema SC e CC, respectivamente. Logo, esta característica parece bem peculiar à espécie de palma e está associado ao seu hábito de crescimento.

O fato das variáveis no sistema CC serem superiores ao sistema SC pode estar relacionado aos benefícios promovidos pela cobertura, a qual favorece a maior retenção de água, uma vez que diminui a incidência de radiação solar direta na superfície do solo, e minimiza a evaporação. Estes benefícios também são relatados na literatura por outros autores (NUNES et al., 2015).

CONCLUSÕES

O uso de cobertura morta no cultivo irrigado da palma favorece maiores volumes de ocupação pela cultura.

REFERÊNCIAS

ABD EL-MAGEED, T. A.; SEMIDA, W. M.; ABD EL-WAHED, M. H. Effect of mulching on plant water status, soil salinity and yield of squash under summer-fall deficit irrigation in salt affected soil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 173, n. 1, p. 1-12, 2016.

ALLEN, R. G. et al. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, Rome: FAO, 1998, 301 p. Irrigation and Drainage Paper 56.

ALVES, M. de F. A. et al. Fatores climáticos limitantes para a palma forrageira no Semiárido: estudo de caso no município de São Bentinho-PB. **Revista Informativo Técnico do Semiárido**, Pombal, v. 8, n. 1, p. 15-18, 2014.

CARNEIRO, R. G. et al. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 99-108, 2014.

NUNES, J. C. et al. Humitec[®] e cobertura morta do solo no crescimento inicial da goiabeira cv. 'Paluma' no campo. **Revista Agro@mbiental**, Boa Vista, v. 8, n. 1, p. 89-96, 2014.

QUEIROZ, M. G. et al. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido, **Revista Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.

SILVA, T. G. F. da et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Agrária**, Recife, v. 9, n. 4, p. 633-641, 2014.

SILVA, T. G. F. et al. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 515-525, 2015.

VIANA, R. M. da S. P. et al. Avaliação do impacto da desertificação no ambiente e na população do semiárido brasileiro por meio de uma base de dados geográficos. **Revista Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 7, Edição Especial, p. 52-68, 2016.

INFLUÊNCIA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI

Bruna Souza da Costa ¹, Vandeilson Belfort Moura ², Thaynara Fernandes Ramos ³,
Allan Pereira de Sousa ⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza ⁵

¹ Graduanda em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, brunasouzacosta@outlook.com.br; ² Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, vandeilsonbelfort@hotmail.com; ³ Graduanda em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, thaynara_ramos@yahoo.com.br; ⁴ Graduando em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, jhonyallan1@hotmail.com; ⁵ Prof. Dr^o em Agrometeorologia, UFRA, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: A deficiência hídrica é condição comum no nordeste do país e ela reduz a produtividade do feijão-caupi em regiões produtoras. Desse modo, objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes lâminas de água na produtividade do feijão-caupi, na região de Castanhal, Nordeste Paraense. O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural da Amazônia (Fazenda Escola), em uma área de 0,3 ha, no período de setembro a novembro de 2016. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com seis repetições e quatro tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de disponibilidade de água no solo durante a fase reprodutiva: T4_sem irrigação; T3_Irigado com reposição de 25% da água perdida pela evapotranspiração da cultura (ETc); T2_Repôs 50% da ETc e T1_Repôs 100% da ETc. Nas condições de déficit hídrico, a cultivar BR3-Tracueteua produziu acima da média (684 kg ha⁻¹), sob tratamento T4. E obteve a produtividade máxima de grãos sob irrigação plena de 1.597 kg ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata* L. Walp, Déficit hídrico, Irrigação.

INFLUENCE OF SOIL WATER AVAILABILITY IN PRODUCTIVITY OF COWPEA

ABSTRACT: Water deficiency is a common condition in the Northeast of the country and it reduces the productivity of cowpea in producing regions. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of different irrigation depths on yield of cowpea in the region of Castanhal, Northeast of Pará. The experiment was conducted at Federal Rural University of Amazon (Experimental Farm) in an area of the 0.3 ha, from September to November 2016. The experimental design of randomized blocks with six replicates and four treatments consisted of different levels of water availability in the soil during the reproductive phase: T4_no irrigation; T3_Irrigated with 25% replacement of water lost by crop evapotranspiration (ETc); T2_Return 50% of the ETc and T1_Return 100% of the ETc. Under the conditions of water deficit, BR3-Tracueteua cultivar produced above average (684 kg ha⁻¹), even in T4, and reached maximum grain yield under full irrigation of 1,597 kg ha⁻¹.

KEY-WORDS: *Vigna unguiculata* L. Walp, Water deficit, Irrigation.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.)), também conhecido como feijão de corda, feijão macassar, feijão da colônia, feijão de praia e feijão de estrada, dentre outras denominações, é uma leguminosa muito utilizada na alimentação humana por ser uma importante fonte de proteína (SILVA, 2009).

A área cultivada com feijão-caupi no mundo está, em sua maior parte, localizada no Oeste e Centro da África, cerca de 7,8 milhões de hectares, o restante está na América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo Sudoeste da Europa, dos Estados Unidos e Oceania. O Brasil é um dos principais produtores da cultura, e seu cultivo ocorre nas regiões Norte e Nordeste, onde se constitui na principal dieta alimentar (NASCIMENTO, 2009). Diante da importância do feijão-caupi, torna-se indispensável a realização de estudos que visam avaliar o desempenho da cultura, frente às limitações hídricas impostas que ocorrem na fase reprodutiva da cultura.

O déficit hídrico no feijão-caupi, nas fases de florescimento e enchimento de grãos, tem mostrado que, apesar de ser uma cultura tolerante à seca, pode provocar consideradas reduções na produtividade de grãos. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo analisar a influência do déficit hídrico sobre a produtividade do feijão-caupi cultivado em Castanhal, Nordeste Paraense.

MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia, no município de Castanhal, Nordeste Paraense (01°17'38" S e 47°55'35" W) entre os meses de setembro a novembro 2016, em uma área de aproximadamente 0,3 ha. O delineamento experimental em blocos ao acaso com seis repetições e quatro tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de disponibilidade de água no solo durante a fase reprodutiva: T4_sem irrigação; T3_Irrigado com 25% de reposição da água perdida pela evapotranspiração da cultura (ETc); T2_Irrigado com 50% de reposição da água perdida pela ETc e T1_Irrigado com 100% de reposição da água perdida pela ETc. A irrigação se deu de modo uniforme durante o período vegetativo, com o início dos tratamentos a partir da fase reprodutiva. Foram utilizadas coberturas móveis para no tratamento T4 para evitar a precipitação no experimento.

A lâmina de água aplicada diariamente foi distribuída por meio de um sistema de irrigação por gotejamento. Sendo calculada considerando a evapotranspiração de referência obtida por meio da equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) com os dados medidos na estação meteorológica do Inmet instalada a 5 km do experimento e multiplicada pelo coeficiente de cultura do feijão-caupi disponível na literatura (BASTOS et al., 2008) a fim de se obter a evapotranspiração da cultura.

Para obtenção das variáveis climáticas foi instalada uma estação meteorológica automática no centro da área experimental, com sensores de radiação solar global incidente, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação pluviométrica e pressão atmosférica. Sendo estes conectados a um datalogger CR1000 (*Campbell Scientific*) e a um multiplexador AM416 (*Campbell Scientific*) com leituras a cada 10 segundos e gravação das médias a cada 10 minutos.

Para a produtividade, foi demarcada uma área de 0,5 m x 2,0 m da qual foram colhidos todos os grãos e secados em estufa. A massa total de grãos foi dividida pela área para obter a produtividade. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, utilizando para a análise estatística o Software Assistat. Foi realizado um balanço hídrico climatológico conforme Carvalho et al. (2011) para quantificação das deficiências impostas pelos tratamentos submetidos ao déficit hídrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da comparação das médias e a análise de variância das variáveis produtivas se encontram na Tabela 1. Houve diferenças significativas entre os tratamentos para todas as variáveis estudadas. Ao se reduzir a lâmina de irrigação de 113,81 mm (T1) para 0 mm (T4), deu-se redução de aproximadamente 57% na produtividade de grão.

Tabela 1. Resumo de análises de variância das características agrônômicas do caupi.

Tratamento	M de 100 grãos (g)			Produtividade (kg ha ⁻¹)		
	M	±	Letra	M	±	Letra
T1 100% da ETc	27,95	±1,04	a	1597	±123,0	a
T2 50% da ETc	26,77	±0,90	b	1295	±48,67	b
T3 25% da ETc	25,74	±0,81	c	1068	±114,96	c
T4 Sem Irrigação	24,43	±0,75	d	684	±23,06	d
CV (%)	2,48			8,01		

*M (Massa); MT (Massa Total).

Durante a fase vegetativa não houve um controle na disponibilidade de água para os tratamentos. Sendo assim, de irrigação todos obtiveram 84,64 mm e 141,18 mm de precipitação. Os tratamentos começaram a ser diferenciados a partir da fase reprodutiva, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Lâmina total no ciclo do feijão-caupi.

Tratamentos	Lâmina (mm)				Total	D.A
	Fase Vegetativa		Fase Reprodutiva			
	Irrigação	Precipitação	Irrigação	Precipitação		
T1	87,64	141,18	113,81	12,19	354,82	5,0
T2	87,64	141,18	56,09	12,19	297,10	31,40
T3	87,64	141,18	28,45	12,19	269,46	56,40
T4	87,64	141,18	0	0	228,82	91,42

*D.A (Deficiência Acumulada)

Para a lâmina total de 354,82 mm obteve-se a maior produtividade dos grãos, sendo demonstrado na Figura 1, estando de acordo com a literatura disponível (SILVA et al., 2016; RAMOS et al., 2012) que mostram que as lâminas de irrigação variam de 370 a 570 mm com reflexo direto na produtividade de grãos de 1.376 a 2.905 kg ha⁻¹. Segundo Taiz e Zeiger (2004), uma das explicações para a redução da produtividade de grãos em decorrência do déficit hídrico, é que, nesta condição, a planta sofre redução da condutância e da transpiração foliar e, como consequência, há um aumento da temperatura foliar e redução na produção de fotoassimilados, causando redução na produtividade de grãos.

Isso demonstra que a cultura, quando cultivada com um padrão de tecnologia para obtenção de altas produtividades, tem resposta positiva quando há lâminas crescentes de irrigação atingindo um ponto máximo econômico produtivo.

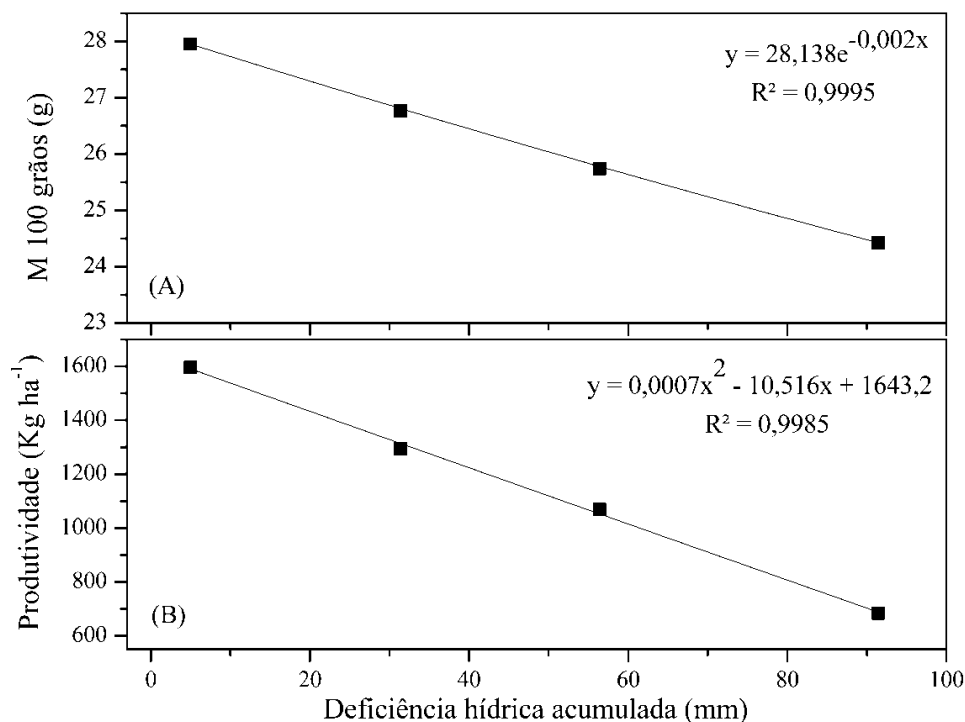


Figura 1. Relação entre massa de 100 grãos (A), produtividade (B) e deficiência acumulada durante o experimento.

Os resultados obtidos com relação a esta variável de produção confirmam a conclusão apresentada por Bezerra et al. (2003) de que o caupi é sensível ao déficit hídrico durante a fase reprodutiva. Resultados de trabalhos realizados com feijão mostram que os estádios de floração e enchimento de grãos são os mais críticos ao déficit hídrico (FERREIRA et al. 1991; BRITO, 1993; ANDRADE et al. 1999). Também está de acordo com o presente trabalho, pois a massa de 100 grãos é menor conforme o aumento na deficiência hídrica.

CONCLUSÕES

O estresse hídrico na fase reprodutiva da cultura do feijão-caupi determinou uma redução significativa na produtividade de grãos. Os resultados obtidos estão em concordância com a literatura, pois com a lâmina total de 354,82 mm obteve-se a produtividade máxima de 1.597 kg ha⁻¹. Desse modo, pode-se observar que quanto maior a deficiência acumulada ao longo do ciclo, menor será a produtividade da cultura.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará (FAPESPA) pelo financiamento da pesquisa através do edital nº 007/2016. Também ao CNPq e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade (processo nº 31145/2013-2). À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm) E ao meu amigo Denilson Pontes.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 299p. 1998.
- ANDRADE, E.M.; PEREIRA, O.J.; CRUZ, M.G.M. Resposta da cultivar BR-1 de caupi (*Vigna unguiculada* (L.) Walp.), submetido a diferentes deficiências hídricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA Agrícola, 28, 1999, Pelotas. **Resumos...**: SBEA, 1999. CD Rom.
- BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. M.; SILVA, C. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no vale do Gurguéia, PI. **Revista Irriga**, v.13, p.182-190, Ano 2008.
- BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n.1, 2003.
- BRITO, J.A.P. DE. **Respostas de caupi (*Vigna unguiculada* (L.) Walp.) a diferentes períodos de deficiência hídrica.** 1993. 125f. Dissertação.(Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- CARVALHO, H. P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R. E. F. E MELO, B. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, 27, 221-229, 2011.
- FERREIRA, L.G.R.; COSTA, J.O.; ALBUQUERQUE, I.M.DE. Estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva de duas cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.7, p.1049-55, 1991.
- NASCIMENTO, S. P. DO. **Efeito do déficit hídrico em feijão-caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca.** Estado do Piauí, abril 2009.
- RAMOS, H. M. M.; BASTOS, E. A.; JÚNIOR, A. S. de A.; MAROUELLI, W. A. Estratégias ótimas de irrigação do feijão-caupi para produção de grãos verdes. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.4, p.576-583, abr. 2012.
- SILVA, C. D. S. **Ecofisiologia e Bioquímica da cultivar BRS-Xiquexique: [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], sob deficiência hídrica.** São Cristóvão-Sergipe, abril 2009.
- SILVA, V. de P. R. da; SILVA, B. B. da; BEZERRA, J. R. C.; ALMEIDA, R. S. R. Consumo hídrico e viabilidade econômica da cultura do feijão-caupi cultivado em clima semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 662-672, outubro-dezembro, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719p.

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE TIANGUÁ, CEARÁ

Willame Candido de Oliveira¹, Antonio Álissom Alves de Aguiar², Juarez Cassiano Lima Junior³, Kleber Gomes Macêdo⁴, Francisco Dirceu Duarte Arraes⁵

¹Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Bolsista Cnpq, Laboratório de Geoprocessamento, IFCE, Iguatu - CE, Fone: (88)98813-4681, willamecandidoo@gmail.com; ² Graduando em Engenharia Agrônômica 2017.1, UESPI - Campus Alexandre Alves de Oliveira, alissomaguiaralves@gmail.com; ³ Mestre em Ciência do Solo, UFC, Fortaleza – CE, limajr.soil@gmail.com; ⁴ Mestrando em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza – CE, kleber117@hotmail.com; ⁵ Doutor, Professor do IFSertão, Salgueiro - PE, dirceuarraes@gmail.com

RESUMO: A evapotranspiração de referência é fundamental para manejo da agricultura irrigada, existindo vários equipamentos e equações empíricas que tem como objetivo estimar esse fenômeno. Assim, o objetivo desse estudo foi comparar dois modelos: Benavidez e Lopes e Hargreaves e Samani com o método do Tanque Classe “A”, para a cidade de Tianguá – CE. A comparação revela que os dois modelos estimaram a evapotranspiração de referência com “Mau” desempenho, atingindo R² 0,43 e 0,36, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: tanque classe “a”, benavidez e lopes, hargreaves e samani, manejo de irrigação.

COMPARISON REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION METHODS FOR THE MUNICIPALITY OF TIANGUÁ, CEARÁ

ABSTRACT: The reference evapotranspiration is fundamental for irrigated agriculture management, and there are several equipment and empirical equations that aim to estimate this phenomenon. The aim of this study was to compare two models: Benavidez and Lopes and Hargreaves and Samani with the results obtained by the Tank class "A", to the city of Tianguá - CE. The comparison showed that the two methods evaluated estimated the reference evapotranspiration with "Bad" performance, reaching R² 0.43 and 0.36, respectively.

KEY-WORDS: tank class "a", benavidez and lopes, hargreaves and samani, irrigation management.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_o) é a principal forma da quantificação de transferência de água para atmosfera a partir de uma superfície vegetada, e a precisão de sua medição e/ou estimativa é de suma importância para um manejo de irrigação eficiente.

Para quantificação da água evaporada para o ambiente é utilizado como equipamento padrão o Tanque Classe “A” (TCA), segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), o TCA pode ser utilizado para estimativa da ET_o quando utilizado um coeficiente de ajuste denominado K_p (DOORENBOS E PRUITT, 1977).

Vários modelos foram propostos para estimativa da ET_o, entre eles Hargreaves e Samani (HS), uma equação empírica desenvolvida para região de clima seco, baseada na temperatura do ar e amplitude térmica (HARGREAVES; SAMANI, 1985), com a desvantagem de apresentar superestimativas em climas úmidos (TABARI et al., 2013;).

Já Benavides e Lopez (BL) (1970) propuseram uma equação que requer dados de temperatura média do ar e umidade relativa, obtendo estimativas de ETo satisfatórias em regiões da Venezuela e Angola.

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento e desempenho dos métodos empíricos de estimativa de ETo, comparando-os com o TCA, no período de agosto de 2015 a julho de 2016 na cidade de Tianguá, Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados são provenientes de uma estação meteorológica DAVIS, modelo 651, pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE), no município de Tianguá, localizado nas coordenadas $-3,73^\circ$ de latitude e 41° de longitude Oeste, a uma altitude de 810 m. Segundo Koppen, o clima de Tianguá é AW (tropical com estação seca de inverno). Foram utilizados dados de: Temperatura máxima, média e mínima do ar (T_x , T_m e T_n), Umidade Relativa (UR), Velocidade do Vento (Vv), Precipitação Pluviométrica (P) e evaporação do Tanque Classe A (ECA), coletados de agosto de 2015 até julho de 2016.

O taque classe A foi considerado como padrão de estimativa da ETo para este estudo, por meio da seguinte equação:

$$E_{To} = K_p \cdot ECA \quad (1)$$

Em que, ETo é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); ECA é a evaporação medida do Tanque Classe “A” (mm dia^{-1}), e K_p é o coeficiente de ajuste do tanque (adimensional).

$$K_p = 0,108 - 0,0286 V_v + 0,0422 \ln(b) + 0,1434 \ln(UR) - 0,00063 [\ln(b)]^2 \ln(UR) \quad (2)$$

Em que, V_v – velocidade média diária do vento a 2 m de altura (m s^{-1}); b é a área coberta de bordadura ao tanque (m) e UR é a umidade relativa do ar diária (%)

Os modelos avaliados no estudo podem ser observados na tabela 1 (equações 3 e 4).

Tabela 1- Modelos empíricos de estimativa de evapotranspiração de referência avaliados no estudo.

Sugerido por	Modelo	Equação
Hargreaves e Samani (1985)	$E_{To} = 0,0023(T_x - T_n)^{0,5} (T_m + 17,8) Ra \cdot 0,408$	(3)
Benavidez e Lopes (1970)	$E_{To} = 1,21 \cdot 10 \left(\frac{7,45 \cdot T_m}{234,7 + T_m} \right) (1 - 0,01 \cdot UR) + 0,21 \cdot T_m - 2,3$	(4)

A comparação entre os modelos foi realizada seguindo metodologia descrita por Legates e McCabe Junior (1999): Índice de concordância de Wilmott (Id), equação 5. O desempenho dos métodos foi avaliado de acordo com Camargo e Sentelhas (1997), em que a correlação (r) foi obtida pela equação 6, e a confiança pelo indicador “c”, equação 7.

$$Id = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \quad (5)$$

$$r = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O) \cdot (P_i - O)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - O)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - O)^2}} \quad (6)$$

$$c = Id \cdot r \quad (7)$$

Em que: P_i – valores médios obtidos pelos modelos propostos; O_i – valores estimados pelo modelo padrão; O – média dos valores observados; N – número de dados.

O coeficiente de desempenho de Camargo e Sentelhas (1997) é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Valores do coeficiente de desempenho “c”

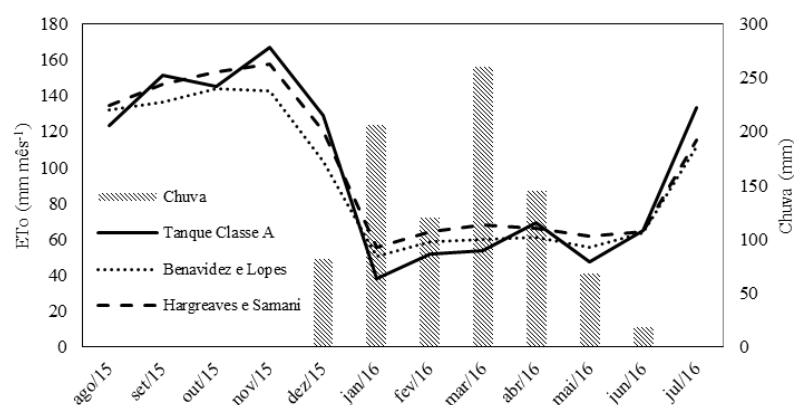
Valor	Desempenho	Valor	Desempenho
>85	Ótimo	0,51 a 0,60	Sofrível
0,71 a 0,85	Bom	0,41 a 0,50	Mau
0,61 a 0,70	Mediano	<0,40	Péssimo

Adaptado de Camargo e Sentelhas (1997)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação temporal das estimativas de ETo mensal possuem tendência semelhante ao longo do período estudado, com maiores e menores valores de ETo nos meses de novembro e janeiro respectivamente (Figura1).

Figura 1. Variação dos valores de precipitação e evapotranspiração de referencia para o período avaliado.

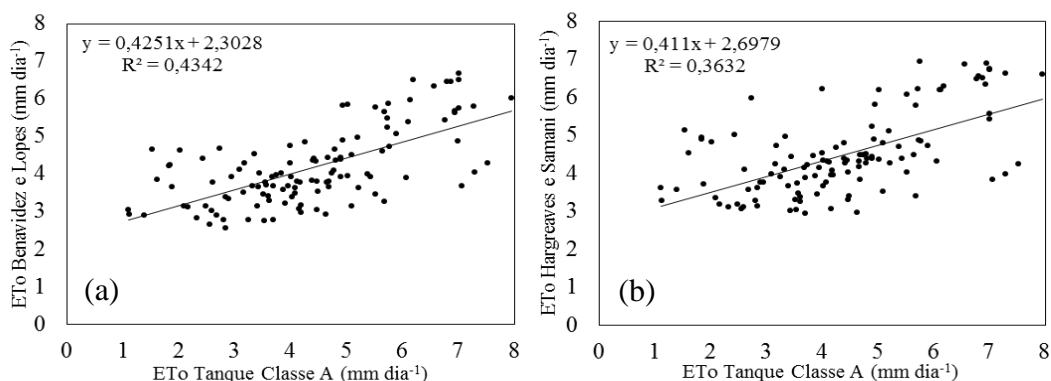


Possivelmente esse comportamento é explicado pela distribuição da precipitação pluviométrica no período estudado, as estimativas obtidas pelas equações subestimaram a ETo nos meses sem chuva e superestimaram nos meses chuvosos, a equação de HS tende a subestimar a ETo em regiões e/ou períodos secos e superestimar em úmidos (TEMESGEN; ALLEN; JENSEN, 1999; XU; SINGH, 2002).

De acordo com a Figura 2 os coeficientes de determinação obtidos pelas equações BL com R^2 de 0,43 (Figura 2a) e HS com R^2 de 0,36 (Figura 2b) não foram satisfatórios, explicando menos de 50% dos valores estimados pelo TCA. A equação BL teve resultado discretamente superior a de HS, isso ocorre em função de seus parâmetros de entrada, a equação BL utiliza dados de UR e T_m , já HS somente a temperatura do ar.

Segundo Ismael Filho et al., 2015 a temperatura do ar contribui de forma positiva direta com 29% da ETo e a umidade relativa tem relação negativa direta de 34% com a ETo, em avaliação realizada em Areia-PB. Sobretudo, mesmo com a vantagem de uma variável de entrada medida a mais, a equação de BL não obteve estimativas satisfatórias.

Figura 2. Dispersão dos valores de ETo estimados pelos modelos avaliados.



As estimativas obtidas pela equação BL para Tianguá - CE (Tabela 3) obtiveram “Mau” desempenho ($c = 0,50$), vale ressaltar que o modelo Penman Monteith FAO 56 (PM) foi o método padrão de estimativa de ET_0 utilizado nesse estudo. Entretanto em trabalho semelhante realizado em algumas cidades do estado do Ceará, a equação BL apresentou grande variação, com desempenho “Péssimo” ($c = 0,14$), “Muito Bom” ($c = 0,84$) e “Bom” ($c = 0,74$) para as cidades de Crateús, Campos Sales e Jaguaruana, respectivamente (ARAÚJO et al., 2010).

Tabela 3. Indicadores estatísticos de análise de concordância (Id), correlação (r) e confiança (c) da correlação dos modelos empíricos de evapotranspiração de referência com o Tanque Classe A.

	Id	r	c
Benavidez e Lopes	0,762	0,66	0,50
Hargreaves e Samani	0,745	0,60	0,45

A equação de HS obteve “Mau” desempenho ($c = 0,45$), resultado discrepante aos obtido em comparações com o modelo de referência PM, os índices “c” obtidos foram de 0,62 (Crateús, CE), 0,57 (Campos Sales, CE), 0,73 (Jaguaruana, CE), tendo desempenhos variando de “mediano” a “muito bom” (ARAÚJO et al., 2010).

CONCLUSÕES

As equações avaliadas não apresentam bom desempenho para a estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Tianguá, CE.

Para utilização das equações Benavidez e Lopes e Hargreaves e Samani na região do município de Tianguá, CE, se faz necessário ajuste e/ou calibração local dos parâmetros empíricos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. M. OLIVEIRA, J. B., ARAÚJO, E. M., LEDO, E. R. F., DA SILVA, M. G. Desempenho de métodos de estimativa de ETo correlacionados com a equação padrão Penman Monteith FAO56, em cidades do estado do Ceará. **Acta Tecnológica**, v. 5, n. 2, p. 84-101, 2010.
- BENAVIDES, J. G.; LOPEZ, J. D. Formula para el calculo de la evapotranspiracion potencial adaptada al tropico (15° N - 15° S). **Agronomia Tropical**, v. 20, n. 5, p. 335-345, 1970.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.89-97, 1997.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. **Rome: FAO**,1977. 144 p (FAO Irrigation and drainage paper, 24).
- ISMAEL FILHO, A.; BORGES, P, F.; ARAÚJO, L, S.; PEREIRA, A, R.; LIMA, E, M.; SILVA, L, S.; SANTOS JUNIOR, C, V. Influência das variáveis climáticas sobre a evapotranspiração. **Gaia Scientia**, v.9, n. 1, 2015.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 01, n. 02, p. 96-99, 1985.
- LEGATES, D.R.; MCCABE, G.J. Evaluating the use of “goodness- of- fit” measures in hydrologic and hydro climatic model validation. **Water Resources Research**. v. 35, n. 1, p. 233-241, 1999.
- TABARI, H.; GRISMER, M. E.; TRAJKOVIC, S. Comparative analysis of 31 reference evapotranspiration methods under humid conditions. **Irrigation Science**, v.31, n.2, p. 107–117, 2013.
- TEMESGEN, B.; ALLEN, R.; JENSEN, D. *et al.* Adjusting temperature parameters to reflect well-water conditions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 125, n. 1, p. 26-33, 1999.
- XU, C. Y.; SINGH, V. P. Cross comparison of empirical equations for calculating potential evapotranspiration with data from Switzerland. **Water Research Management**, v. 16, n. 3, p. 197-219, 2002.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO FEIJÃO CAUPI EM ESCALA HORARIA ESTIMADA PELO MODELO DE PENMAN MONTEITH

Erika de Oliveira Teixeira¹, Vivian Dielly da Silva Farias², Thais de Nazaré Oliveira Novais³, Denilson Pontes Ferreira⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁵

¹Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, eriikateixeira@hotmail.com; ²Dr. em Agronomia, UFOPA, Juruti, Pará, viviandielly19@yahoo.com.br;

³Graduanda em Eng. Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará thaisnovais4@gmail.com; ⁴Mestrando em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia

(UFRA), Belém, PA, pontes.agro@gmail.com; ⁵Meteorologista (Dr. em Agrometeorologia), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, PA, paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: Os métodos indiretos vêm sendo utilizados para estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c), por serem mais práticos e viáveis, além disso, são essenciais para melhorar a gestão da água na agricultura, compreender as interações entre o ambiente físico e os ecossistemas, o ciclo regional da água de manejo da irrigação. Sendo assim, este estudo tem por objetivo estimar a ET_c horária do feijão caupi nas condições de Castanhal Pará, através da equação do modelo de Penman-Monteith com uma resistência do dossel (rc) proposta por Ortega-Farias (1993, p. 137). Para avaliar a estimativa pelo método de Penman-Monteith (ET_{cPM}) a ET_c foi obtida pelo método do balanço de energia Razão de Bowen (ET_{cB}), cuja avaliação incluiu a razão (b) entre ET_{cPM} e ET_{cB}, e o teste Z para checar se o valor de b foi significativamente diferente de 1. A avaliação do desempenho e eficiência do modelo foi feita por meio de testes estatísticos de validação como: Erro padrão (SE); índice de concordância (d) e coeficiente de confiança (c). O modelo de Penman-Monteith com a resistência proposta por Ortega Farias (1993, p. 137), pode ser usado para se estimar a evapotranspiração do feijão caupi, cultivado nas condições edafoclimáticas de Castanhal Pará. O modelo apresentou uma elevada exatidão, para todas as fases fenológicas do feijão caupi, na escala horária em diferentes condições atmosféricas.

PALAVRAS-CHAVE: Consumo Hídrico; Razão de Bowen; Resistência do Dossel.

EVAPOTRANSPIRATION OF THE CAUPI ON HOURLY OF THE PENMAN MONTEITH MODEL

ABSTRACT: Indirect methods have been used to estimate crop evapotranspiration (ET_c), because they are more practical and feasible. In addition, they are essential for improving water management in agriculture, understanding the interactions between the physical environment and ecosystems and the regional water cycle of irrigation management. Therefore, this study aims to estimate the hourly and daily ET_c of cowpea under climatic conditions of Castanhal Pará considering the equation of the Penman-Monteith's model with a canopy resistance (rc) proposed by Ortega-Farias (1993, p. 137). In order to evaluate the estimation by the Penman-Monteith's method, the ET_c was obtained by the Bowen ratio energy balance method. This evaluation included the ratio (b) between ET_{cPM} and ET_{cB}, the Z test to check if the value of b was significantly different from 1. The evaluation of the performance and efficiency of the model was through statistical validation tests such as: Standard error (SE); Concordance index (d) and confidence coefficient (c). The Penman-Monteith's model coupled with the resistance proposed by Ortega Farias (1993, p. 137), can be used to estimate the evapotranspiration of cowpea cultivated under the edaphoclimatic conditions of Castanhal Pará. The model presented a high accuracy, for all the phenological phases of the cowpea, in the hourly scale in different atmospheric conditions.

KEY-WORDS: Water Consumption; Bowen Ratio; Canopy Resistance.

INTRODUÇÃO

Na região Norte, a produtividade do feijão caupi tem destaque no Estado do Pará, em especial na região do nordeste Paraense, onde se sobressai como uma das culturas mais cultivadas na região. Além disso, a região vem se notabilizando pela forte incorporação de tecnologia ao sistema produtivo, almejando reduzir riscos e planificar a produção permitindo que o uso de modelos agrometeorológicos se torne uma excelente ferramenta de planejamento.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) pode ser determinada por métodos diretos e indiretos, contudo, os métodos indiretos vêm sendo utilizados para estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c), por serem mais práticos e viáveis. O modelo de Penman-Monteith (PM) tem sido usado com sucesso para estimar a ETC em diversos locais e variadas culturas (LIMA et al., 2006; Xu et al., 2017).

Para avaliar a aplicabilidade de um modelo ao local de interesse, é necessário testar suas estimativas comparando-as com dados observados. O maior obstáculo no uso PM está relacionado com a estimativa correta da resistência do dossel (*rc*). Ortega-Farias (1993) propôs um modelo para a estimativa da *rc* que é muito favorável para os usuários da equação de Penman-Monteith.

O objetivo deste trabalho foi estimar a ET_c horária do feijão caupi para todas as estádios fenológicos e em diferentes condições atmosféricas nas condições do nordeste paraense, através da equação de Penman-Monteith (ET_{cPM}) com uma resistência do dossel (*rc_o*) proposta por Ortega Farias (1993).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia, no município de Castanhal, PA (1°19'24.48"S; 47°57'38.20"W), entre os anos de 2013 e de 2014, no período de setembro a novembro em uma área de 15.000 m². A semeadura do feijão-caupi, cultivar BR3-Tracuateua, foi realizada mecanicamente. Realizou-se fertilização do solo fundamentada no resultado da análise química do solo.

A altura da planta foi avaliada diariamente 10 dias após a semeadura (DAS), assim como o desenvolvimento fenológico, usando a escala proposta por Gepts e Fernández (1982) em um experimento inteiramente casualizado, com oito repetições de um metro linear de plantas.

Os sensores para medir as variáveis meteorológicas foram instalados com bordadura suficiente na direção predominante do vento (de 600 m) a fim de se evitar problemas associados ao efeito de áreas adjacentes nas medidas, obedecendo a razão sugerida de 1:100. Nos dias em que não ocorreram precipitações utilizou-se irrigação por gotejamento aplicada no final do dia, a umidade do solo foi medida por TDRs, a capacidade de campo (θ_{cc}) e ponto de murcha permanente (θ_{pm}) foram obtidos em laboratório, determinados em amostras de solo com estrutura indeformada, utilizando-se a câmara de pressão de Richards.

A evapotranspiração horária do feijão caupi foi obtida pelo método do balanço de energia (ETC_B), que é baseado no princípio de conservação de energia (SILVA et al., 2015). Assumiu-se a evapotranspiração da cultura (ETC_B) como sendo dependente do fluxo de calor latente consumido no dia.

A ETC_{PM} foi expressa de acordo com a equação proposta por Monteith&Unsworth (1990). Para estimativa da resistência aerodinâmica foi utilizado a equação recomendada por Allen et al. (1989).

A resistência do dossel foi obtida pela equação proposta por Ortega-Farias (1993), a qual foi utilizada na estimativa horária da ETC_{PM}. É um modelo alternativo

muito atrativo para os usuários da equação de Penman-Monteith, pois necessita de dados similares (saldo de radiação, déficit de pressão de vapor), sendo de fácil implementação, podendo incluir os valores do conteúdo de água do solo.

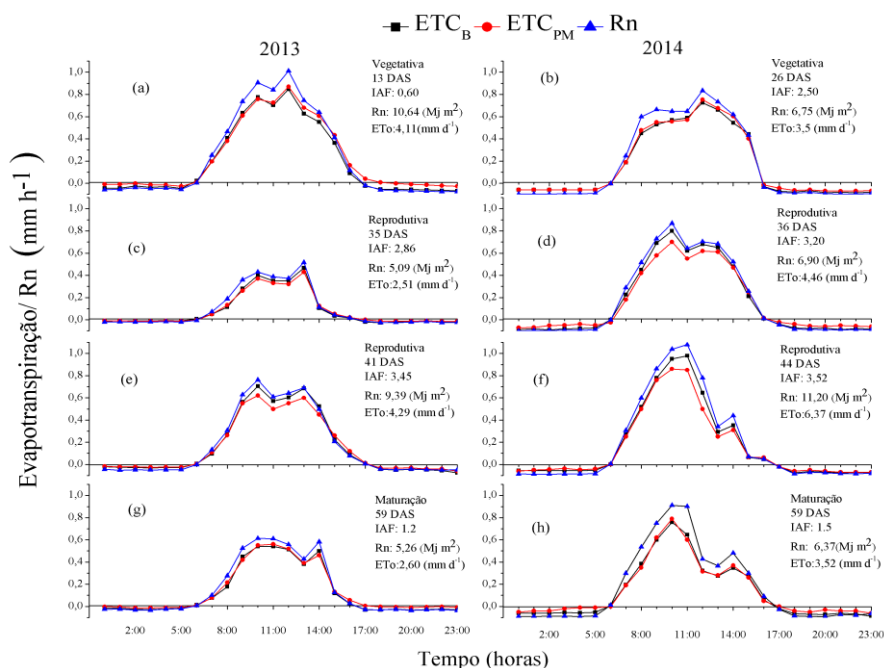
A avaliação das estimativas da evapotranspiração calculadas por Penman-Monteith (ET_{CPM}) foi feita em comparação com ET_{CB} . A avaliação do desempenho e eficiência do modelo foi por meio de testes estatísticos de validação como: Erro padrão (SE); índice de concordância de willmott (d) e coeficiente de confiança (c) e coeficiente de determinação (r^2). Os melhores resultados devem apresentar elevados valores de d , cr^2 e valores reduzidos valores de SE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de evapotranspiração horária durante a fase vegetativa, reprodutiva e de maturação fisiológica do feijão caupi, obtidos pelo método do balanço de energia - Razão de Bowen (ET_{CB}) e estimada pelo método de Penman-Monteith (ET_{CPM}) são apresentados na Figura 1. Apesar dos dias avaliados apresentarem condições atmosféricas diferentes nos dois anos, conforme observado nos dados de saldo de radiação (R_n) e de evapotranspiração de referência (ET_o), o conteúdo de água do solo esteve sempre elevado, tanto na fase vegetativa como na fase reprodutiva e na maturação fisiológica, e sob tais condições a estimativa de ET_{CPM} na escala horária apresentou bom ajuste e mesmo padrão para diferentes condições meteorológicas e para os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

O R_n e as ET_{CB} e ET_{CPM} diminuíram rapidamente em 2013 nos dias 35 e 59 DAS e em 2014 nos dias 26 e 44 DAS. Esse fenômeno pode ser atribuído às condições de nebulosidade devido a chuva ocorrida nesses dias, e a grande variação na condutância estomática da cultura que ocorre à medida que a luz se desvanece (Xu et al 2017). Para todas as condições climáticas analisadas, a ET_{CPM} e a ET_{CB} foram amplamente afetadas por R_n , e o seu padrão de variação diurno acompanhou basicamente a curva de disponibilidade de energia. Xu et al. (2017) também observaram que tanto os valores de evapotranspiração observados como os simulados por ET_{CPM} foram influenciados por R_n e apresentaram o mesmo padrão de variação em todos os estádios de crescimento do arroz, independente das condições meteorológicas, com uma tendência em superestimar ou subestimar ao meio-dia.

Figura 1- Valores de evapotranspiração horária estimada por Razão de Bowen (ET_{CB}), Penman-Monteith (ET_{CP}) e Saldo de radiação (R_n), em diferentes fazes fenológicas do feijão-caupi e diferentes condições atmosféricas.



Observa-se que durante a fase vegetativa os valores de $ET_{c_{PM}}$ foram próximos aos de ET_{c_B} , com índice de concordância de 0,9964 e de 0,9942, para os anos de 2013 e 2014, respectivamente. Na fase reprodutiva, os valores de ET_{c_B} e de $ET_{c_{PM}}$ também foram similares, independentemente das condições atmosféricas. Todos os dias apresentaram uma alta exatidão na estimativa de $ET_{c_{PM}}$ com d acima de 0,9905, havendo, no entanto, uma tendência em subestimar a evapotranspiração medida (ET_{c_B}) durante o período de 10:00 hs as 14:00 hs, nos dias de maior demanda atmosférica, semelhante ao observado por Xu et al. (2017).

Considerando que nessa fase o índice de área foliar é superior a 3, a evaporação do solo é tão pequena, que a resistência de superfície permite uma boa aproximação do parâmetro fisiológico resistência estomática. Portanto, a subestimativa nos valores de $ET_{c_{PM}}$ nessa fase, pode ser devido a maior resistência estomática, provocada pelo aumento do saldo de radiação no horário.

Xu et al. (2017) também notaram que a evapotranspiração observada do arroz foi ligeiramente superior à simulada pelo modelo de Penman-Monteith ao meio-dia (durante 11:00-13:00) nos dias em que o solo estava saturado e em períodos de grande taxa de evaporação. Os autores deduziram que, como o modelo PM é caracterizado como um modelo de "grande-folha", o dossel é praticamente a única fonte de vapor de água no período de maior IAF, e a evapotranspiração é equivalente à transpiração da cultura.

Durante a fase reprodutiva a cultura utiliza maior quantidade de água nos seus processos fisiológicos do que nas fases anteriores resultando em um valor médio da razão ET_{c_B}/R_n na fase de 0,85 e da razão $ET_{c_{PM}}/R_n$ de 0,82. Durante a fase vegetativa a razão ET_B/R_n atingiu 0,74 e 0,76 para a razão ET_{PM}/R_n , indicando um aumento da evapotranspiração da fase vegetativa para a fase reprodutiva. A elevada fração evaporativa já era esperada, visto que a lâmina total de água aplicada nos dois anos de experimento, através da irrigação e da chuva, atingiu em média $386,04 \text{ mm} \pm 18,13 \text{ mm}$. Comparando esse valor com a evapotranspiração acumulada no mesmo período, constata-se que a cultura não sofreu restrição de água, tendo recebido uma lâmina extra, em todo período estudado.

Durante os dias observados na fase de maturação fisiológica os valores de ET_{c_B} e $ET_{c_{PM}}$ também foram muito próximos com d igual a 0,99. Nessa fase a cultura ainda

utiliza água para os seus processos fisiológicos, porém em menor quantidade do que na fase reprodutiva, já que parte de suas folhas se encontrava em senescência, havendo supostamente contribuição da evaporação da água do solo na evapotranspiração.

CONCLUSÕES

A ETC horária do feijão caupi foi estimada com elevada precisão e exatidão nas condições do nordeste paraense através da equação de PenmanMonteith (ETC_{PM}), para todas as fases fenológicas do feijão caupi, em diferentes condições atmosféricas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade do quinto autor (processo nº 311145/2013-2). À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56, 1998. 297p.
- LIMA, J.R.S.; ANTONINO A.C.D.; SOARES, W.A.; SILVA, I.F. Estimativa da evapotranspiração do feijão caupi utilizando o modelo de penman-monteith. *irriga, botucatu*, v. 11, n. 4, p. 477-491, outubro-dezembro, 2006.
- MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M. **Principles of environmental physics**. 2.ed. Londres: Edward Arnold, 1990. 291 p.
- ORTEGA-FARIAS, S. **A comparative evaluation of the residual energy balance, Penman and Penman-Monteith estimates of daytime variation of evapotranspiration**. 1993. 137f. Tese Phd. Oregon State University, Corvallis, Oregon, 1993.
- SILVA, V. P.R.; GARCÊZ, L.R.A; SILVA, B.B.; ALBUQUERQUE, M.F.; ALMEIDA, R.S.R. Métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar em condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.5, p.411-417, 2015.
- XU, J.; LIU, X.; YANG, S.; QI, Z.; WANG, Y. Modeling rice evapotranspiration under water-saving irrigation by calibrating canopy resistance model parameters in the Penman-Monteith equation. **Agricultural Water Management**. v. 182, p. 55-66, 2017.

MARCA DIURNA DA TEMPERATURA DO CLADÓDIO DA PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

Rayles Mayara Moreira Chagas¹, Gabriel Ítalo Novaes da Silva¹, Renan Matheus Cordeiro Leite¹, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim², Thieres George Freire da Silva²

¹Graduandos em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, raylesmoreira@hotmail.com, gabrielitalo.novaes@gmail.com, renanmatheuscl@gmail.com, ²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, alexandremrfj@gmail.com, ³Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: Objetivou-se avaliar a variação da temperatura da superfície do cladódio de três clones de palma forrageira submetidos a quatro regimes hídricos. O experimento foi conduzido em Serra Talhada, PE, disposto em blocos ao acaso, com quatro repetições, em arranjo fatorial de 4x3. As parcelas foram compostas pelos regimes hídricos, ou seja, três lâminas de irrigação (25, 50 e 75% da evapotranspiração da cultura) mais a condição de sequeiro, enquanto as subparcelas por três clones IPA-Sertânia (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), Miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.). O monitoramento da marcha diurna da temperatura da superfície do cladódio foi feito com o auxílio de um termômetro a infravermelho durante três dias consecutivos, em intervalos de uma hora no período de 7 a 17 h. Não houve efeito do regime hídrico e do clone sobre a TSC ($p > 0,05$). A menor TSC ocorreu nas primeiras horas do dia magnitude de 24,4 °C e a máxima às 14 h com 29,2 °C, resultando em amplitude térmica de 4,8 °C. Conclui-se a temperatura da superfície do cladódio da palma forrageira não respondeu aos diferentes regimes hídricos e clones, exibindo marcha diária similar à temperatura do ar.

PALAVRAS-CHAVE: amplitude térmica, dados meteorológicos, termômetro.

DAILY VARIATION OF THE CLADODE TEMPERATURE OF FORAGE CACTUS UNDER DIFFERENT WATER REGIMES

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the temperature variation of the cladode surface of three forage cactus clones submitted to four water regimes. The experiment was conducted in Serra Talhada, PE, arranged in randomized blocks, with four replications, in a factorial arrangement of 4x3. The plots were composed of three irrigation slides (25, 50 and 75% of crop evapotranspiration) plus rainfall, while the subplots by three clones: IPA Sertania (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), Miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) and Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.). The monitoring of the daytime variation of the cladode surface temperature was done with the aid of an infrared thermometer for three consecutive days, at intervals of one hour in the period from 7 to 17 h. There was no effect of the water regime and the clone on the TSC ($p > 0.05$). The lowest TSC occurred in the first hours of the day, magnitude of 24.4 °C and the maximum at 14 h with 29.2 °C, resulting in thermal amplitude of 4.8 °C. It was concluded that the cladode surface temperature of the forage cactus did not respond to the different water regimes and clones, exhibiting daily gait similar to the air temperature.

KEY-WORDS: thermal amplitude, meteorological data, thermometer.

INTRODUÇÃO

O interesse econômico da palma forrageira vem crescendo substancialmente ao longo dos anos, sobretudo devido a ocorrência de fenômenos mais intensos de seca. As suas características anatômicas, morfológicas e fisiológicas peculiares às espécies de Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC) elevam a tolerância a altas temperaturas e déficit hídrico, gerando elevada eficiência no uso da água (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010; SILVA et al., 2014).

A alta produção de fitomassa com elevado valor energético da palma (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.) garante a equilíbrio na produção de alimento ao animal. Embora adaptada às regiões semiáridas, o déficit hídrico intenso interfere no desenvolvimento da palma, uma vez que promove redução do conteúdo de água na planta e fechamento dos estômatos, diminuindo a dissipação do calor e, portanto, aumentando a temperatura superficial do cladódio (RAMOS et al., 2011). Distintos regimes hídricos podem afetar a temperatura da superfície do cladódio e apesar de pertencentes ao mesmo gênero, espécies de palma exibem respostas distintas em condições variadas de cultivo (SILVA et al., 2015a; QUEIROZ et al., 2016).

Com isso, objetivou-se avaliar a variação diurna da temperatura da superfície do cladódio de três clones de palma forrageira submetidos a quatro regimes hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Plantas Forrageiras, localizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, município de Serra Talhada, PE (7°59' S; 38°15' O e 431 m). De acordo com a classificação climática de Köopen, o clima da região é do tipo BSw^h (seco e quente com estação chuvosa no verão), com precipitação média de 642,1 mm ano⁻¹, temperatura média do ar de 24,8 °C, umidade relativa do ar aproximadamente de 62,5%, e demanda atmosférica acima de 1.800 mm ano⁻¹ (SILVA et al., 2015b). O solo da área foi classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico.

Antes do plantio da cultura, em janeiro de 2016, realizou-se práticas de preparo do solo (aração e gradagem). Os clones foram plantados em espaçamento 1,0 m x 0,2 m, resultando em densidade de 50.000 plantas ha⁻¹. A área destinada ao experimento foi composta por quatro blocos, cada dividido em quatro parcelas e estas por três subparcelas, contendo quatro fileiras com 25 plantas, totalizando 100 plantas por subparcela, que ocupava área total de 20 m² e área útil de 18,4 m² (42 plantas).

O experimento foi disposto em arranjo fatorial 4x3 com parcela subdividida. As parcelas foram constituídas por quatro regimes hídricos, sendo três irrigados (25, 50 e 75% da evapotranspiração da cultura) mais a condição de sequeiro, enquanto as subparcelas por três clones de palma forrageira: IPA-Sertânia/IPA-200205 (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), Miúda/IPA-100004 (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.).

A irrigação foi feita de acordo com a evapotranspiração de referência (ET_o) e o coeficiente da cultura (k_c) de 0,52, conforme sugerido por Queiroz et al. (2016). Os eventos de irrigação foram em intervalos de dois dias (segunda, quarta e sexta-feira), com água de condutividade elétrica igual a 1,5 dS m⁻¹ bombeada de um poço artesiano,

e aplicada na área experimental por um sistema de irrigação por gotejamento com vazão de $1,86 \text{ L h}^{-1}$ e coeficiente de uniformização de 94%.

Para análise da temperatura da superfície do cladódio de clones foram realizadas leituras ao longo dos dias 18, 19 e 20 de abril de 2017, durante 11 horários (7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 h), utilizando-se cinco réplicas para cada clone. As condições meteorológicas de precipitação pluvial no mês de abril até o dia 20 de abril de 2017 e a média horária da radiação solar global e temperatura do ar nos três dias avaliados são apresentadas na Figura 1.

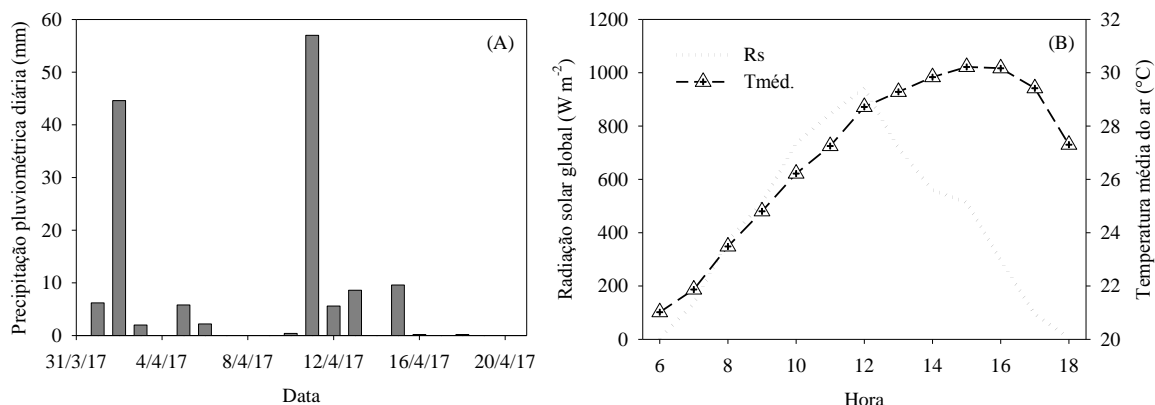


Figura 1. (A) Precipitação pluviométrica no mês de abril de 2017 até o 20º dia e (B) médias da radiação solar global e temperatura do ar nos dias de medição (18, 19 e 20 de abril de 2017) da temperatura dos cladódios de clones de palma forrageira sob quatro regimes hídricos no município de Serra Talhada, PE.

As medidas da temperatura da superfície do cladódio foram realizadas por meio de um termômetro infravermelho MINIPA (Modelo MT-350), faixa de $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $550 \text{ }^{\circ}\text{C}$, com precisão de $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, em cladódios que se encontravam expostos à radiação solar direta, ao longo do dia. As variáveis meteorológicas tais como, temperatura média do ar (Tméd), radiação solar global (Rg) e precipitação pluvial (P) foram obtidas de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada a 20 m da área.

Os dados foram processados em planilha eletrônica no Excel, obtendo-se médias da marcha diurna e diárias (médias dos dados dos horários de 11, 12 e 13 h) da temperatura da superfície do cladódio. Em seguida, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e, quando necessário a testes de médias. As rotinas estatísticas foram realizadas utilizando o aplicativo computacional XLSTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura da superfície do cladódio (TSC) não sofreu efeito do fator clone ($p > 0,05$). Esse resultado indica que a TSC é um atributo atrelado à palma forrageira e que, certamente, está associada às crassuláceas, embora possuam morfologias distintas (SILVA et al., 2014).

Da mesma forma, o fator regime hídrico e sua interação com clone não afetou a TSC, o que pode ser explicado pela ocorrência dos eventos de chuva antecedente aos dias de medição. Nesta condição, a umidade do solo nos diferentes regimes hídricos supostamente foi mais elevada, atenuando as discrepâncias entre os tratamentos. Araújo Primo et al. (2015), estudando clones de palma forrageira (*Nopalea* sp. e *Opuntia* sp.) não averiguaram diferenças na umidade do solo. Por sua vez, Silva et al. (2015b) citam que, clones de palma não apresentaram diferenças na evapotranspiração real. Logo, espera-se que de fato a TSC não mude entre os clones.

Na Figura 2, a TSC apresentou menores valores diurnos nas primeiras horas do dia (7 a 10 h), aumentando conforme o incremento da temperatura do ar, que atinge as maiores magnitudes no meio da tarde (entre 14 e 16 h). Após esse momento, a TSC diminui em resposta a redução da incidência dos raios solares, que afetam tanto a temperatura do ar quando a temperatura da superfície do cladódio.

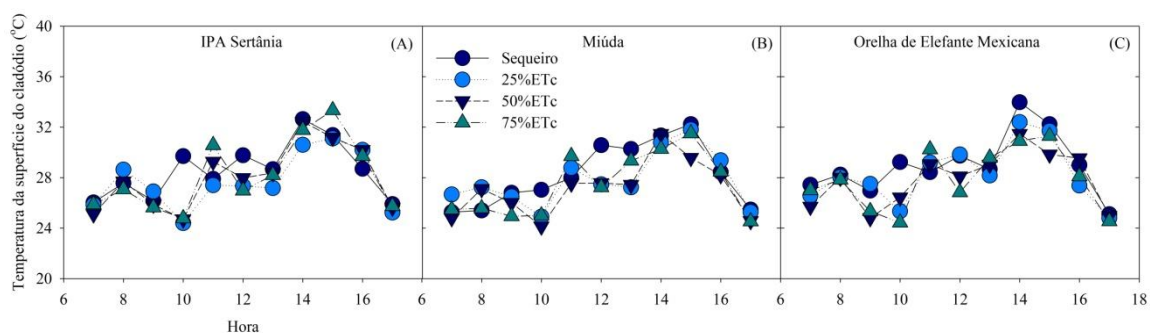


Figura 2. Temperatura horária (média das medidas dos dias 18, 19 e 20 de abril de 2017) da superfície do cladódio de clones de palma forrageira (A - clone IPA Sertânia, B - Miúda, C - Orelha de Elefante Mexicana) sob quatro regimes hídricos (sequeiro e, 25%, 50% e 75% da evapotranspiração da cultura), no município de Serra Talhada, PE.

A menor TSC ocorreu nas primeiras horas do dia com magnitude de 24,4 °C e a máxima no meio da tarde com 29,2 °C, resultando em amplitude térmica de 4,8 °C. Este resultado foi menor do que a amplitude da temperatura do ar, que foi de 8,4°C, indicando que a marcha diurna da TSC não apresenta uma elevada variação. Essa baixa alteração ocorre, devido o teor de água presente nas plantas da palma, a qual diminui as mudanças abruptas da TSC ao longo do tempo (SCALISI et al., 2016).

CONCLUSÕES

A temperatura da superfície do cladódio da palma forrageira não respondeu aos diferentes regimes hídricos e clones, exibindo marcha diária similar à temperatura do ar.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO PRIMO, J. T. et al. Calibração de sondas capacitivas, funções físico-hídricas e variação do armazenamento de água em um argissolo cultivado com palma forrageira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 1, p. 20-29, 2015.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira - Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.
- QUEIROZ, M. G. et al. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.
- RAMOS, J. P. A. F. et al. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, p. 41-48, 2011.

SCALISI, A. et al. Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus indica* under drought. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 122, p. 158-167, 2016.

SILVA, T. G. F. et al. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 184-191, 2014.

SILVA, T. G. F. et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015a.

SILVA, T. G. F. et al. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 515-525, 2015b.

MORTALIDADE DE PLANTAS DE PALMA FORRAGEIRA DEPENDE MAIS DA ESPÉCIE DO QUE DO REGIME HÍDRICO

João Pedro Alves de Souza Santos¹, Hygor Kristoph Muniz Nunes Alves¹, Thalyta Soares dos Santos², Allan Rodrigues Silva³, Thieres George Freire da Silva⁴

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, peualves02@gmail.com, hygorkristoph22@gmail.com, ²Pesquisadora DCR/FACEPE/CNPq, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thalysoares@gmail.com, ³Doutor em Ciências Climáticas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, allansilva.r@gmail.com, ⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: O Semiárido brasileiro é conhecido por apresentar baixos índices de chuva, podendo afetar diretamente a atividade pecuária. A palma forrageira é uma alternativa, logo que, pode apresentar boa adaptação aos locais com alto déficit hídrico. Entretanto, a mortalidade das plantas emerge como uma limitação a este espécie pois, impacta no rendimento da cultura e nos custos de produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar a mortalidade de plantas de palma forrageira sob diferentes regimes hídricos durante o biênio climático de 2012-2013. Foram estudados os clones Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw) Haw), IPA Sertânia (*Nopalea cochenillífera*) e Miúda (*Nopalea cochenillífera*) com espaçamento de 1,6 x 0,2 m (31.250 plantas ha⁻¹). A irrigação foi feita por meio de um sistema de gotejamento, considerando três lâminas fixas (2,5, 5,0 e 7,5 mm, as parcelas) em três frequências de reposição (7, 14 e 28 dias, as subparcelas) para ambos os clones. Além disso, nove subsubparcelas foram implantadas adjacentes à área de cultivo sob condição de sequeiro. Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso, com três repetições. O índice de mortalidade de plantas (IMP) foi quantificado, considerando uma infestação > 50% como doente. Não houve de tendência de efeito do regime hídrico sobre a mortalidade de plantas da palma forrageira, a qual foi dependente da espécie. A IPA Sertânia foi a espécie com maior magnitude do IMP, nos diferentes regimes hídricos. Conclui-se que, a mortalidade de plantas da palma forrageira está mais associada à espécie do que ao regime hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: Clones, Dipolo do Atlântico, Irrigação.

PLANTS MORTALITY OF FORAGE CACTUS DEPENDS MORE OF THE SPECIES THAN THE WATER REGIME

ABSTRACT: The Brazilian semi-arid region is known to have low rainfall rates, and can directly affect livestock activity. The forage palm is an alternative, as soon as, it can present good adaptation to the places with high water deficit. However, the mortality of the plants emerges as a limitation to this species because it impacts the yield of the crop and the costs of production. The objective of this work was to evaluate the mortality of forage palm plants under different water regimes during the climatic biennia of 2012-2013. The Mexican elephant ear (*Opuntia stricta* (Haw) Haw), IPA Sertânia (*Nopalea cochenillífera*) and Little (*Nopalea cochenillífera*) clones with spacing of 1.6 x 0.2 m (31,250 plants ha⁻¹) were studied. Irrigation was done by means of a drip system, considering three fixed slides (2.5, 5.0 and 7.5 mm, plots) in three replacement frequencies (7, 14 and 28 days, the subplots) for Both clones. In addition, nine sub-subplots were implanted adjacent to the cultivated area under dry conditions. The treatments were arranged in randomized blocks with three replicates. The plant mortality index (PPI) was quantified, considering infestation > 50% as a patient. There

was no trend of effect of the water regime on the mortality of forage palm plants, which was dependent on the species. The IPA Sertânia was the species with the greatest magnitude of the IMP, in the different water regimes. It is concluded that, the mortality of forage palm plants is more associated to the species than to the water regime.

KEY-WORDS: Clones, Atlantic Dipole, Irrigation.

INTRODUÇÃO

O Semiárido é caracterizado por apresentar baixos índices de precipitação, os quais são intensificados em anos com ocorrência de fenômenos climáticos como El Niño e Dipolo do Atlântico. Esse último evento, tem-se registro de ocorrência no biênio 2012-2013 (PEREIRA et al., 2015). E, sob estas condições, a pecuária pode ser severamente impactada. A palma forrageira, que possui Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC), consegue tolerar ambientes com alto déficit hídrico (PEREIRA et al., 2015). E pode ter sua produtividade incrementada pelo usos de eventos de irrigação (QUEIROZ et al., 2015).

Os clones de palma forrageira, IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana, são os mais difundidos atualmente no Nordeste brasileiro, e se caracterizam pela resistência à cochonilha do carmim (LOPES et al., 2010). Porém, possuem distintas taxas de mortalidade de plantas (SILVA et al., 2015). De acordo com Vasconcelos et al. (2009), esta mortalidade deve-se a ocorrência de patógenos do solo, e tem como consequências o aumento das perdas econômicas, sobretudo em cultivos adensados, uma vez que favorece a dispersão e contaminação.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a mortalidade de plantas de palma forrageira sob diferentes regimes hídricos durante o biênio climático de 2012-2013.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra, pertencente ao Instituto Agronômico de Pernambuco, Serra Talhada, PE (7°59' S, 38°15' 431 m). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico franco arenoso. O clima local é do tipo BSw^h (Semiárido quente), segundo a classificação de Köppen (SILVA et al., 2015).

No preparo da área foi realizada aração e gradagem e, em seguida, adubação nitrogenada (130 kg ha⁻¹ de ureia) e adubação orgânica (com esterco bovino 3.000 kg ha⁻¹). Na ocasião do plantio, em fevereiro de 2010, os cladódios foram enterrados com 50% do seu comprimento no solo.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com três repetições, em esquema de parcela subdividida, onde foram estudados os clones Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), IPA-Sertânia/IPA-200205 (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) e Miúda/IPA-100004 (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), dispostas no espaçamento de 1,6 x 0,2 m (densidade inicial de 31.250 plantas ha⁻¹). Os clones foram mantidos em sequeiro até fevereiro de 2012, quando se realizou o primeiro corte, e em seguida os mesmos foram submetidos a eventos de irrigação, entre março de 2012 a agosto de 2013. Este período compreendeu o presente estudo.

Os eventos de irrigação complementar foram realizados por meio de um sistema de gotejamento com emissores espaçados a cada 0,20 m, com vazão nominal de 1,25 L h⁻¹, à pressão de 100 kPa. Três lâminas fixas de irrigação (2,5 mm; 5,0 mm e 7,5 mm)

compuseram as parcelas, aplicadas em três frequências de reposição de água (7, 14 e 28 dias), as subparcelas, e os clones de palma forrageira foram as subsubparcelas.

A mortalidade de plantas foi avaliada na área útil de cada subsubparcela (32 plantas), na ocasião da colheita, a qual foi expressa em percentual. Para o índice de mortalidade de palma (IMP), foi considerado que as plantas com um nível de infestação > 50%, seria classificada como doente. Calculado pela seguinte equação: $IMP (\%) = (NPDoentes/NPSadias) \times 100$. Sendo, NPDoentes-numero de plantas doentes: NPSadias-número de plantas saudas.

Os dados foram submetidos aos testes estatísticos não paramétricos de Kruskal-Wallis e Conover-Iman ($p < 0,05$), devido à ausência da normalidade de seus resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de experimento, a precipitação pluviométrica foi abaixo do normal, que é de 642 mm (PEREIRA et al., 2015). Em 18 meses a chuva foi de 544 mm (equivalente a 363 mm ano^{-1}). Na Figura 1 são apresentadas as lâminas acumuladas (tratamento lâmina versus frequência) recebidas pelos três clones, variando de 717 mm (equivalente a 493 mm ano^{-1}) a 1102 mm (equivalente a 756 mm ano^{-1}).

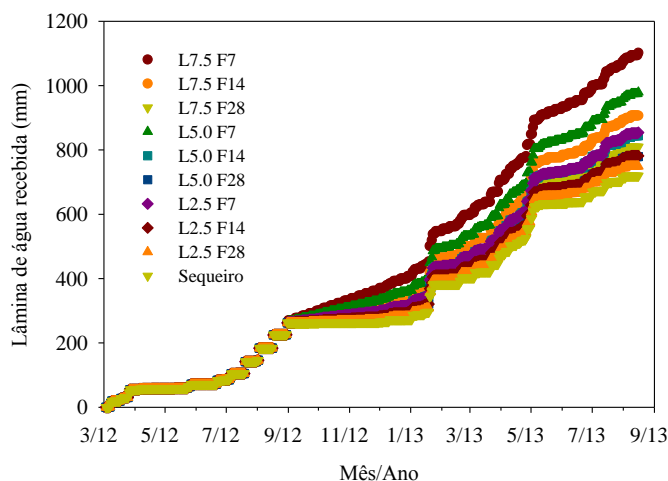


Figura 1. Lâminas de água recebidas por espécies de palma forrageira cultivados no município de Serra Talhada, PE, entre março de 2012 e agosto de 2013.

Apesar das diferenças de lâminas de irrigação não se verificou uma tendência de efeito do regime hídrico sobre a mortalidade de plantas da palma forrageira (Tabela 1), mas sim a depender da espécie. A IPA-Sertânia foi a espécie com maior magnitude do IMP, sobretudo na condição de 5,0 mm em 28 dias (779 mm ou 535 mm ano^{-1}). Dentre os 30 tratamentos possíveis quando se combina o regime hídrico (lâmina versus frequência de irrigação) e clone, ou seja, 10 tratamentos por clones, em todos os tratamentos com a IPA-Sertânia, os valores de IMP foram os maiores.

Tabela 1. Análise do índice de mortalidade de plantas de espécies de palma forrageira cultivadas em Serra Talhada, PE, entre março de 2012 e agosto de 2013.

Lâmina	Frequência	Espécie		IMP (%)			DFP (plantas ha ⁻¹)
	Sequeiro	IPA	36		b	a	19.857
	Sequeiro	MIU	13	a	b	a	27.344
	Sequeiro	OEM	4	a	b	a	29.948
2,5	28	IPA	26	c	b	a	23.112
2,5	28	MIU	15	c	b	a	26.693
2,5	28	OEM	3	c	b	a	30.273
5,0	28	IPA	39			a	19.206
5,0	28	MIU	21	c	b	a	24.740
2,5	14	IPA	6	c	b	a	29.297
5,0	28	OEM	11	c	b	a	27.669
2,5	14	MIU	11	c	b	a	27.669
2,5	14	OEM	0	c			31.250
7,5	28	IPA	17	c	b	a	26.042
7,5	28	MIU	17	c	b	a	26.042
7,5	28	OEM	5	c	b	a	29.622
5,0	14	IPA	14	c	b	a	27.018
5,0	14	MIU	23	c	b	a	24.089
5,0	14	OEM	3	c	b	a	30.273
2,5	7	IPA	19	c	b	a	25.391
2,5	7	MIU	15	c	b	a	26.693
2,5	7	OEM	6	c	b	a	29.297
2,5	14	IPA	24	c	b	a	23.763
7,5	14	MIU	11	c	b	a	27.669
7,5	14	OEM	4	c	b	a	29.948
5,0	7	IPA	10	c	b	a	27.995
5,0	7	MIU	11	c	b	a	27.669
5,0	7	OEM	2	c	b		30.599
7,5	7	IPA	21	c	b	a	24.740
7,5	7	MIU	13	c	b	a	27.344
7,5	7	OEM	1	c			30.924

IPA - IPA-Sertânia; OEM - Orelha de Elefante Mexicana; MIU - Miúda; DFP - Densidade Final de Plantas. *Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pela associação dos testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e Conover-Iman ($p > 0,05$).

A Orelha de Elefante Mexicana foi a espécie com menor IMP, sobretudo quando irrigada com 2,5 mm a cada 14 dias. Silva et al. (2015) citam que a IPA Sertânia também foi a espécie que apresentou maior taxa de mortalidade, quando cultivada em condições de sequeiro do semiárido brasileiro, sendo um dos motivos para a baixa produção por área dessa espécie comparada à espécies do gênero *Opuntia*. Segundo esses autores, a mortalidade de plantas da espécie IPA Sertânia foi em média 10,4%, com densidade inicial de plantas igual ao do presente estudo (31.250 plantas ha⁻¹).

No presente estudo, a densidade final de plantas variou de 19.206 plantas ha⁻¹ (IPA Sertânia) a 31.250 plantas ha⁻¹ (Orelha Elefante Mexicana).

CONCLUSÕES

A mortalidade de plantas da palma forrageira está mais associada à espécie do que ao regime hídrico.

REFERÊNCIAS

DUBEUX JR., J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 67, n. 1, p. 357-372, 2006.

LOPES, E. B. et al. Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp.) e (*Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental - Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 204-215, 2010.

PEREIRA, P. de C. et al. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184-195, 2015.

SILVA, T. G. F. et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.

VASCONCELOS, A. G. V. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.

CALIBRAÇÃO DOS COEFICIENTES DA EQUAÇÃO DE ANGSTRÖM-PRESCOTT PARA TUCURUÍ, ESTADO DO PARÁ

João Vitor de Nóvoa Pinto¹, Deborah Luciany Pires Costa², Daniely Florência Silva de Souza³, Allan Pereira de Sousa⁴ Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁵

¹ Eng. Agr., UFRA, Belém, PA, e-mail: jvitorpinto@gmail.com; ² Eng. Agr., doutoranda em agronomia, UFRA, Belém, PA, e-mail: deborahpires.agro@gmail.com; ³ Eng. Agr., UFRA, Belém, PA, e-mail: florenciadany@hotmail.com; ⁴ graduando em agronomia, UFRA, e-mail: Jhonyallan1@hotmail.com ⁵ Prof. Dr., UFRA, Belém, PA, e-mail: paulo.jorge@ufra.edu.br.

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho ajustar os coeficientes mensais e anuais da equação de Angström-Prescott para o município de Tucuruí, estado do Pará. Utilizaram-se dados da estação convencional e da estação automática do INMET, localizadas no município. Os coeficientes ajustados foram comparados aos coeficientes recomendados pela FAO e por Glover e McCulloch (1958) (método da latitude) por meio do coeficiente de correlação de Pearson, índice de concordância de Willmott et al. (1985) e índice de desempenho de Camargo e Sentelhas (1997). O ajuste foi realizado com dados diários de 2008 a 2014 e a validação foi realizada com dados de 2015 e 2016. Os coeficientes obtidos pelo método da latitude superestimaram a radiação e tiveram o pior desempenho. Os coeficientes anuais podem ser usados em alternativa aos sazonais sem grandes prejuízos para a estimativa.

PALAVRAS-CHAVE: radiação solar, saldo de radiação, radiação global.

CALIBRATION OF ANGSTRÖM-PRESCOTT EQUATION COEFFICIENTS FOR TUCURUÍ, STATE OF PARÁ

ABSTRACT: This work aimed to calibrate monthly and yearly coefficients of Angström-Prescott equation for Tucuruí, state of Pará. We used daily records from a conventional weather station and an automated weather station, both belonging to INMET and located in the municipality. The calculated coefficients are compared to those recommended by FAO and by Glover and McCulloch (1958) (latitude method) by using the Pearson correlation coefficient, the agreement index of Willmott et al. (1985) and the performance index of Camargo and Sentelhas (1997). The adjustment was performed with daily data from 2008 to 2014 and validation was performed with data recorded in 2015 and 2016. Coefficients obtained with the latitude method overestimate solar radiation and therefore they show the worst performance. Annual coefficients may be used with minimal difference to the estimate.

KEYWORDS: solar radiation, net radiation, global radiation.

INTRODUÇÃO

A radiação global é utilizada para estimar o saldo de radiação, quando medidas diretas do saldo de radiação não estão disponíveis. Sabe-se que a radiação global possui relação linear com o número de horas de brilho solar, sendo esta relação expressa por meio da equação de Angström-Prescott. Todavia, o uso desta equação aonde não exista medidas da radiação global precisa que seus coeficientes sejam ajustados: a (coeficiente

linear) e b (coeficiente angular) para que a mesma possa proporcionar estimativas da radiação global.

Na ausência de valores calibrados de a e b , a FAO recomenda a utilização dos valores $a = 0,25$ e $b = 0,50$. Glover e McCulloch (1958) relatam que os destes coeficientes $a = 0,29 \cos(\varphi)$, em que φ é a latitude do local, e $b = 0,52$ podem dar estimativas válidas de radiação global para uma ampla gama de localidades. Apesar disso, não se encontrou na literatura trabalhos visando a calibração dos coeficientes ou ainda a validação destes valores “padronizados” para o município de Tucuruí, no estado do Pará.

A radiação global exerce uma influência grande na evapotranspiração de referência calculada por meio da equação de Penman-Monteith FAO. Por este motivo, é importante que, na ausência de medições diretas de radiação global, esta seja estimada. Este trabalho teve como objetivo obter os valores mensais e anual dos coeficientes a e b da equação de Angström-PreScott e comparar os valores ajustados obtidos para Tucuruí aos recomendados pela FAO (Allen et al., 1997) e por Glover e McCulloch (1958).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram usados registros do número de horas de brilho solar (n) da estação convencional (identificada pelo código 82361) ($3^{\circ}49'22''S$, $49^{\circ}40'30''W$) e registros de radiação global incidente (R_s) da estação automática (identificada pelo código A229) ($3^{\circ}46'00''S$, $49^{\circ}40'00''W$) ambas localizadas em Tucuruí/PA. Embora as estações estejam a uma distância de aproximadamente 6,3 km, os valores medidos apresentaram boa correlação ($r = 0,840$). A radiação extraterrestre (R_a) e a duração do dia (N) foram calculados conforme a metodologia descrita por Allen (1998).

O município de Tucuruí possui clima Am de acordo com a classificação climática de Köppen. Neste trabalho foi considerado como período seco os meses com precipitação total média menor que 60 mm, e período chuvoso os demais meses. A precipitação média mensal foi obtida a partir das normais climatológicas disponibilizadas pelos INMET (INMET, 2009).

Os coeficientes a e b da equação foram calculados por meio de regressão linear entre a razão de radiação R_s/R_a (eixo das ordenadas) e a razão de insolação n/N (eixo das abscissas). Os dados utilizados correspondem ao período de 2008 a 2016. Esta série foi dividida em duas: de 2008 a 2014 – sendo estes anos utilizados para o cálculo dos coeficientes – e de 2015 a 2016 – onde foi feita a validação dos resultados. Os coeficientes foram calculados para o período seco (de julho a setembro) e chuvoso (de dezembro a junho) e também para o ano. Para a validação, foi calculada a radiação global com os coeficientes ajustados para os dois períodos ($R_{s,adj}$), coeficientes anuais ($R_{s,ano}$), recomendados pela FAO ($R_{s,FAO}$) e recomendados por Glover e McCulloch ($R_{s,lat}$).

A verificação da eficiência do ajuste foi realizada por meio do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson (r), do índice de concordância de Willmott et al. (1985) (d) e do índice de desempenho de Camargo e Sentelhas (1997) ($c = rd$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores ajustados de a e b , bem como os resultados do índice de correlação de Pearson, índice de concordância (d) e índice de desempenho (c) são mostrados nas tabelas 1 e 2. Os valores ajustados para os coeficientes diferem entre os períodos chuvoso e seco.

Na Figura 1 são mostrados os diagramas de dispersão entre os valores observados e estimados (com os diferentes coeficientes) de R_s . Tanto os coeficientes indicados pela FAO quanto aqueles obtidos pelo método da latitude tendem a superestimar R_s , o que resultou em baixos valores para o índice de concordância de

Tabela 3. Valores ajustados por período (seco ou chuvoso) e para o ano dos coeficientes a e b da equação de Angström-Preseott para o município de Tucuruí e respectivos intervalos de confiança para a média ($p < 0,01$), coeficiente de determinação e erro padrão da regressão (SE).

Período	a	b	r^2	SE	Dias
Chuvoso	0,286 ± 0,008	0,368 ± 0,015	0,696	0,057	1687
Seco	0,240 ± 0,025	0,422 ± 0,035	0,647	0,054	529
Ano	0,283 ± 0,007	0,369 ± 0,013	0,707	0,057	2216

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson (r), índice de concordância de Willmott (d) e interpretação do índice de desempenho (c) de Camargo e Sentelhas (1997) para os diferentes métodos de estimativa de radiação. B – bom, Sof – sofrível.

Período	$R_{s,adj}$			$R_{s,ano}$			$R_{s,FAO}$			$R_{s,lat}$		
	r	d	c	r	d	c	r	d	c	r	d	c
Chuvoso	0,797	0,883	B	0,796	0,884	B	0,786	0,839	B	0,789	0,733	Sof
Seco	0,842	0,889	B	0,844	0,856	B	0,840	0,804	B	0,842	0,677	Sof
Ano	0,806	0,886	B	0,801	0,883	B	0,791	0,838	B	0,793	0,729	Sof

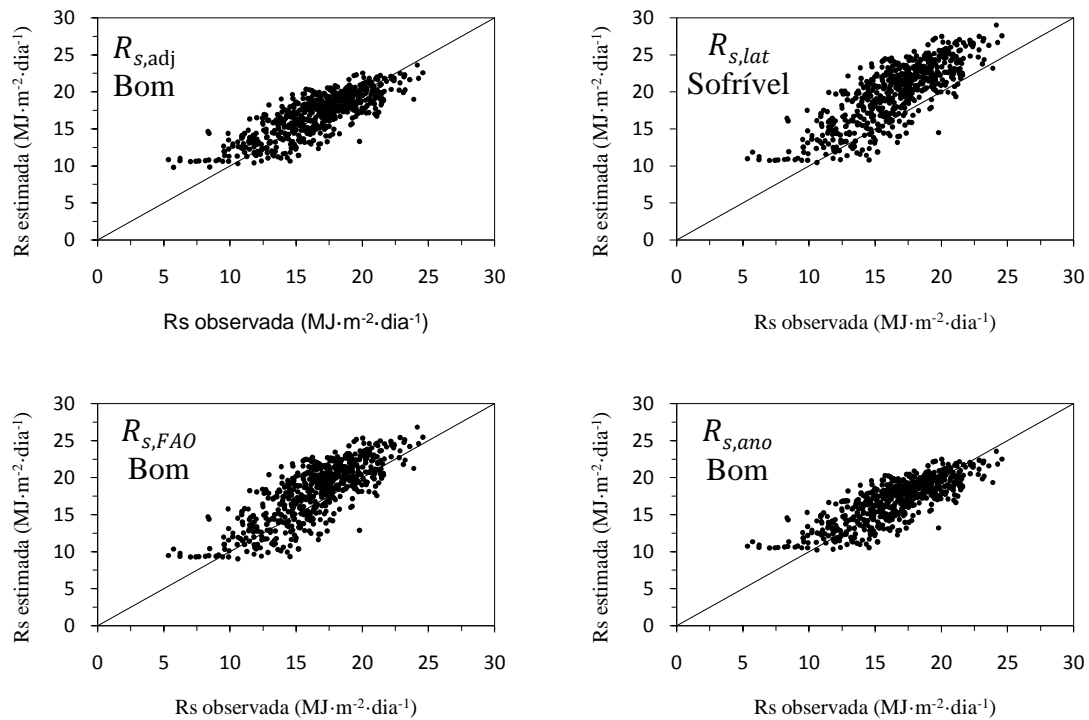


Figura 3. Diagramas de dispersão dos valores de R_s observados e estimados com o uso dos diferentes coeficientes, e interpretação do índice c de acordo com Camargo e Sentelhas (1997) com dados de jan./2015 a dez./2016.

Willmott et al. (1985) (d) para estes coeficientes.

Embora os coeficientes para o período seco sejam significativamente diferentes dos coeficientes para o ano, a utilização destes últimos não prejudicou grandemente os resultados das estimativas.

CONCLUSÕES

- A estimativa da radiação global para o município de Tucuruí através da equação de Angström-Prescott pode ser obtida com boa precisão utilizando os coeficientes $a = 0,286$ e $b = 0,368$ para o período chuvoso (dezembro a junho) e $a = 0,240$ e $b = 0,422$ para o período seco (julho a setembro).
- No entanto, estimativas da radiação global através da equação de Angström-Prescott usando-se os coeficientes a e b obtidos pelo método da latitude não são recomendados no município de Tucuruí.
- Quando somente coeficientes anuais podem ser utilizados, recomenda-se os valores de $a = 0,283$ e $b = 0,369$.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e ao CNPq pela concessão de bolsa de estudos, ao CNPq pelo apoio à pesquisa (processo n° 483402/2012-5) e pela bolsa de produtividade do último autor (processo n° 311145/2013-2), à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação-Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm) e ao INMET pela disponibilização dos dados das estações.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome: FAO, 1998.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Rev. Bras. Agrometeorol.**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

GLOVER, J; MCCULLOCH, J. S. G. The empirical relation between solar radiation and hours of sunshine. **Quaterly J. of the R. Meteorol. Soc.** v. 84, n. 360, April 1958. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/qj.49708436011>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

INMET. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

WILLMOTT, C. J. et al. Statistics for the Evaluation and Comparison of Models. **J. Geophys. Res.**, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1029/JC090iC05p08995>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

COEFICIENTE DE EXTINÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA DEPENDE DO GÊNERO E ÍNDICE DE ÁREA DO CLADÓDIO

Renan Matheus Cordeiro Leite¹, Gabriel Ítalo Novaes da Silva¹, Rayles Mayara Moreira Chagas¹, Hygor Kristoph Muniz Nunes Alves¹, Thieres George Freire da Silva²

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, gabrielitalo.novaes@gmail.com, raylesmoreira@hotmail.com, renanmatheuscl@gmail.com, hygorkristoph22@gmail.com, ²Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: A radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas plantas depende de sua arquitetura, a qual é representada pelo coeficiente de extinção de luz. Espécies de palma exibem distinções da morfologia do dossel. Logo, podem apresentar variações na interceptação de radiação. Objetivou-se determinar o coeficiente de extinção (k) de espécies de palma forrageira. O experimento foi conduzido no Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Plantas Forrageiras, instalado em janeiro de 2016, no município de Serra Talhada, PE. O experimento foi disposto em delineamento em blocos ao acaso, com as parcelas compostas pela IPA-Sertânia (IPA, *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), Miúda (MIU, *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana (OEM, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.). Medidas biométricas e leituras de radiação fotossinteticamente ativa acima (I_0) e abaixo (I) do dossel das três espécies foram feitas em janeiro de 2017. A partir dos dados da biometria foram estimadas as áreas dos cladódios, e destas, o índice de área do cladódio (IAC). Os dados de I/I_0 e IAC foram usados no cálculo do k. O k variou entre 0,42 e 0,57, sendo as maiores magnitudes para a MIU (0,57) e os menores para a OEM (0,42). O k da IPA Sertânia não foi diferente ao dessas duas espécies. Conclui-se que, o k da palma forrageira variou entre os gêneros e conforme o IAC.

PALAVRAS-CHAVE: arquitetura do dossel, radiação interceptada, semiárido.

LIGHT EXTINCTION COEFFICIENT OF THE FORAGE CACTUS DEPENDS ON THE GENUS AND CLADODE AREA INDEX

ABSTRACT: The photosynthetically active radiation intercepted by plants depends on their architecture, which is represented by the light extinction coefficient. Forage cactus species exhibit distinctions of canopy morphology. Therefore, they may present variations in radiation interception. The objective was to determine the extinction coefficient (k) of forage cactus species. The experiment was conducted at the International Reference Center for Agrometeorological Studies of Forage Cactus and Other Forage Plants, installed in January 2016, in the municipality of Serra Talhada, PE. The experiment was arranged in a randomized complete block design, with the plots composed by IPA-Sertânia (IPA, *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), Miúda (MIU, *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) and Orelha de Elefante Mexicana (OEM, *Opuntia stricta* (Haw.) Haw.). Biometric measurements and readings of photosynthetically active radiation above (I_0) and below (I) the canopy of the three species were made in January 2017. From the biometrics data the areas of the cladodes were estimated, and of these, the cladode area index (CAI). I/I_0 and IAC data were used in the calculation of k. The k ranged from 0.42 to 0.57, with the highest magnitudes for the MIU (0.57) and the smaller ones for the OEM (0.42). The k of the IPA Sertânia was

not different from the two species. It is concluded that, the k of the forage cactus varied between the genera and according to the IAC.

KEY-WORDS: canopy architecture, intercepted radiation, semi-arid.

INTRODUÇÃO

A palma forrageira é uma planta bastante utilizada no Semiárido brasileiro para alimentação animal, por causa da sua capacidade de suportar longos períodos de estiagem. Várias espécies de palma são exploradas, dentre elas a IPA-Sertânia (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), Miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.).

A radiação solar é a fonte primária de energia para formação e acúmulo de biomassa vegetal, que em conjunto com água e o dióxido de carbono (CO₂) promovem o processo fotossintético. A radiação solar visível ocorre com o comprimento de onda na faixa espectral de 400 a 700 nanômetros, nomeada como radiação fotossinteticamente ativa (FERREIRA JUNIOR et al., 2013).

A radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas plantas depende de sua arquitetura, a qual é representada pelo coeficiente de extinção de luz (k). O k é uma propriedade referente à morfologia da planta, especificamente o arranjo espacial, indicando a fração de luz que será propagada em função de características como geometria e distribuição das folhas em relação à luz incidente (DETOMINI et al., 2008).

Pinheiro et al. (2014) afirmam que as espécies de palma exibem distinções da morfologia do dossel. Logo, podem apresentar variações na interceptação de radiação.

Diante do exposto, objetivou-se determinar o coeficiente de extinção de espécies de palma forrageira.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Plantas Forrageiras, localizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada, município de Serra Talhada, Pernambuco (7°59'S, 38°15'O e 431 m). O clima local da região é do tipo BSw^h (seco e muito quente) de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área experimental foi classificado como um Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico.

Antes do plantio da palma forrageira, em janeiro de 2016, realizou-se o preparo do solo constituído de aração e gradagem. Após o preparo do solo, espécies de palma foram plantadas em espaçamento adensado (1m x 0,2m), resultando em uma densidade de 50.000 plantas ha⁻¹. A área destinada ao experimento foi composta por quatro blocos, cada bloco dividido em três parcelas, contendo quatro fileiras, cada uma com 25 plantas, totalizando 100 plantas por parcela, que ocuparam área total de 20 m² e área útil de 18,4m² (42 plantas). O experimento foi disposto em delineamento em blocos ao acaso, com as parcelas compostas pela IPA-Sertânia/IPA-200205 (*Nopalea cochenillifera*(L.) Salm-Dyck), Miúda/IPA-100004 (*Nopalea cochenillifera*(L.) Salm-Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), em condições de sequeiro.

Em janeiro de 2017 foi realizada uma medição biométrica nas plantas com o auxílio de fita métrica e paquímetro, quando se registrou: a altura e largura da planta, e o comprimento, largura e o perímetro de todos os cladódios por ordem de surgimento (basal, 1^a, 2^a e 3^a ordens).

Em seguida, leituras de radiação fotossinteticamente ativa acima (I_0) e abaixo (I) do dossel das três espécies de palma forrageira foram feitas por meio de um ceptômetro (AccuPAR, LP-80, Decagon Devices, Pullman, USA), entre 11 e 13 h, sob céu claro.

A partir dos dados da biometria foram estimadas as áreas dos cladódios, usando os modelos propostos por Silva et al. (2014), e em seguida foi calculado o índice de área do cladódio (IAC), conforme descrito por Pinheiro et al. (2014). O IAC foi calculado para o final do ciclo (IAC_F), usando todos os dados biométricos de todos os cladódios da planta, enquanto o IAC inicial (IAC_I) foi assumido apenas os dados do cladódio basal.

Dados meteorológicos foram obtidos por meio de uma plataforma de coleta de dados pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 30 m da área experimental.

Com os dados de IAC e interceptação de radiação, calculou-se o coeficiente de extinção (k), conforme descrito por Sheehy e Cooper (1973), seguindo a expressão: $k = [\log_e(I/I_0)] / (IAC_F - IAC_I)$, em que: I e I_0 são os valores de radiação fotossinteticamente ativa abaixo e acima do dossel da planta, respectivamente.

Os dados foram submetidos a estatística descritiva, análise de Variância (ANOVA), seguida do teste Fisher (ou LSD) a 5% de significância, com auxílio do aplicativo computacional XLSTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os dados da evapotranspiração de referência (ET_0) e chuva diárias entre janeiro de 2016 e janeiro de 2017. A chuva acumulada de 522 mm foi aproximadamente 81% da normal climatológica (642 mm), enquanto a ET_0 foi de $2.176 \text{ mm ano}^{-1}$, resultado próximo da normal climatológica local, que é de $2.232 \text{ mm ano}^{-1}$ (SILVA et al., 2015b) (Figura 1).

Na Tabela 1, observa-se a razão entre a radiação fotossinteticamente ativa abaixo (I) e acima (I_0) do dossel, índice de área do cladódio inicial (IAC_I) e final (IAC_F), coeficiente de extinção luminosa (k), altura da planta (AP) e largura da planta (LP) da IPA-Sertânia (IPA), Miúda (MIU) e Orelha de Elefante Mexicana (OEM).

Foram encontrados valores de IAC_I entre 0,03 e $0,12 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, com menores magnitudes para as espécies MIU e IPA, isto devido à diferença de tamanho de seus cladódios basais. Esta mesma tendência ocorreu com o IAC_F , onde o clone MIU e IPA atingiram os valores menores ao da OEM ($p < 0,05$). Esses resultados corroboram aos encontrados por Silva et al. (2015a), onde em um ciclo de dois anos, sob condições de sequeiro, o IAC_F do clone MIU, foi inferior aos demais clones avaliados.

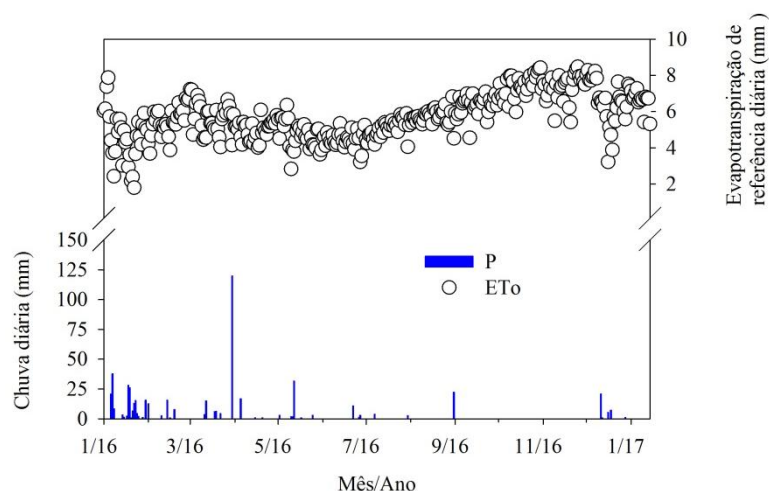


Figura 1. Chuva e evapotranspiração diárias no município de Serra Talhada, PE, ao longo do ciclo de cultivo de clones de palma forrageira.

Tabela 1. Razão entre a radiação fotossinteticamente ativa abaixo (I) e acima (I_0) do dossel, índice de área do cladódio inicial (IAC_I) e final (IAC_F) e coeficiente de extinção (k) de clones de palma forrageira cultivados no Semiárido pernambucano.

Clones	I/I_0	IAC_I $m^2 m^{-2}$	IAC_F^* $m^2 m^{-2}$	k^*	AP cm	LP cm
IPA	$0,72 \pm 0,06^{**}$	$0,06 \pm 0,02$	$0,73 \pm 0,17^b$	$0,52 \pm 0,13^{ab}$	49 ^a	50 ^a
MIU	$0,73 \pm 0,04$	$0,03 \pm 0,01$	$0,63 \pm 0,15^b$	$0,57 \pm 0,15^a$	50 ^a	50 ^a
OEM	$0,68 \pm 0,07$	$0,12 \pm 0,03$	$1,16 \pm 0,32^a$	$0,42 \pm 0,20^b$	51 ^a	45 ^a

*Médias do IAC_F e k seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste LSD (least significant difference) ao nível de 5% de probabilidade. ** - desvio padrão da média.

Os resultados referentes ao k tiveram valores entre 0,42 e 0,57, sendo os maiores magnitudes para a MIL (0,57), e os menores para a OEM (0,42). O k da IPA Sertânia não foi diferente ao dessas duas espécies. Detomini et al.(2008) afirmam que, o valor de k varia em função da estrutura do dossel, geralmente entre 0,7 e 1,0 para culturas com folhas planófilas, ou de 0,3 a 0,5 para culturas cuja suas folhas são erectófilas.

Não foi constatada interferência da AP e da LP no k , contrariando os resultados do estudo realizado por Fagundes et al. (2001) onde, os autores verificaram que quanto maior a altura da planta em pastos de *Cynodon* spp., maior foi o valor de k .

No presente estudo, observou-se que, o k foi influenciado pelo IAC_F das espécies, onde a OEM obteve o maior IAC_F ($1,16 m^2 m^{-2}$) e o menor k (0,42), ao passo que as espécies IPA e MIU que possuíram menores IAC_F obtiveram o maior k . O k também variou de acordo com o gênero da espécie; a OEM é do gênero *Opuntia*, que demonstrou o k inferior às demais espécie do gênero *Nopalea*.

CONCLUSÕES

O coeficiente de extinção (k) da palma forrageira variou entre os gêneros, sendo maior para as espécies *Nopalea* e menores para espécie *Opuntia*, e conforme o índice de área de cladódio (IAC), onde as espécies com IAC maior tiveram menor valor de k .

REFERÊNCIAS

- DETOMINI, E.R. et al. Coeficiente de Extinção de Luz para o Híbrido Dkb 390 em dois Níveis de Suprimento de Nitrogênio. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 155-162, 2008.
- FAGUNDES, J. L. et al. Índice de área foliar, coeficiente de extinção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 187-195, 2001.
- FERREIRA JUNIOR, R. A. et al. Coeficiente de extinção da luz em cana-de-açúcar Irrigada em Alagoas. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 4, n. 2, p. 55-60, 2013.
- PINHEIRO, K. M. et al. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 12, p. 939-947, 2014.
- SHEEHY, J. E.; COOPER, J. P. Light interception, photosynthetic activity, and crop growth rate in canopies of six temperate forage grasses. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 10, n. 1, p. 239-250, 1973.
- SILVA, T. G. F. et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.28, n.2, p.10-18, 2015a.
- SILVA, T. G. F. et al. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 515-525, 2015b.
- SILVA, T. G. F. et al. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 500-509, 2012.
- SILVA, T. G. F. et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 4, p. 633-641, 2014.

EQUAÇÃO DE SLOB PARA ESTIMAR SALDO DE RADIAÇÃO DIÁRIO SOBRE A CAATINGA NO VERÃO

Luiz E. N. Cho Luck¹, Pedro R. Mutti², Tarsila M. Ramos¹, Bergson G. Bezerra^{2,3}

¹Aluno de Graduação em Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, duducholuck@hotmail.com; tarsilamartinsramos@gmail.com; ² Programa de Pós-graduação em Ciências Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, pedromutti@gmail.com; ³Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, bergson.bezerra@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo avaliar o uso da equação de Slob para estimar o saldo de radiação diário (R_n) na Caatinga, utilizando os valores do coeficiente de regressão para o saldo de radiação de onda longa (a_{Slob}) original (-110 W m^{-2}) e calibrado para a caatinga ($-138,9 \text{ W m}^{-2}$) na região de Petrolina-PE. Os dados do R_n e albedo foram obtidos por saldo radiômetro modelo CNR4 ao longo de 90 dias durante o verão do ano de 2014. De acordo com os resultados, a equação de Slob utilizando os valores do a_{Slob} original e calibrado para a caatinga, quando comparados com valores medidos, apresentou desempenhos satisfatórios e similares. Ambas calibrações apresentaram R^2 da ordem de 0,99 e o RMSE de $3,015 \text{ W m}^{-2}$. Assim, conclui-se que uso da equação de Slob para estimar R_n em caatinga durante o verão é adequada independentemente do valor de a_{Slob} (original ou calibrado para o próprio bioma). Neste caso, a escolha é opcional.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço de energia, radiação global, vegetação natural.

THE SLOB EQUATION TO ESTIMATE DAILY RADIATION BALANCE OVER CAATINGA IN THE SUMMER

ABSTRACT: The objective of this paper is evaluate the use of the Slob equation to estimate the daily radiation balance (R_n) in the Caatinga, using the regression coefficient values for the long wave radiation balance (a_{Slob}) original (-110 W m^{-2}) and calibrated for caatinga (-138.9 W m^{-2}) in Petrolina-PE. The dataset of the R_n and albedo were obtained by balance radiometer model CNR4 over 90 days during the summer of 2014. According to the results, the Slob equation using the values of the original a_{Slob} and calibrated for the caatinga, when compared with measured values, presented satisfactory and similar performances. Both calibrations presented R^2 of the order of 0.99 and the RMSE of 3.015 W m^{-2} . Thus, it is concluded that using the Slob equation to estimate R_n in caatinga during summer is adequate regardless of the value of a_{Slob} (original or calibrated for the biome itself). In this case, the choice is optional.

KEY-WORDS: Balance of energy, global radiation, natural vegetation.

INTRODUÇÃO

Os valores diários do saldo de radiação (R_n) são usados em muitas aplicações, como a modelagem de crescimento de culturas agrícolas etc. (TEIXEIRA ET AL., 2008; KJAERGAARD ET AL., 2009). Mas, de acordo com Kjaersgaard et al. (2009), o R_n não é medido em estações meteorológicas e sim é estimado com base em outros parâmetros meteorológicos. Atualmente, é obtido a partir de dados de sensoriamento remoto, com boa precisão (BASTIAANSEN ET AL., 1998; BEZERRA ET AL., 2008;

2013). A vantagem do uso desses dados é a cobertura espacial, contemplando diferentes tipos de cobertura e uso da terra. Porém, os dados podem gerar uma extrapolação dos valores no momento da passagem do satélite, para valores diários. Um dos métodos mais utilizado é a equação de Slob (DE BRUIN, 1987). A equação foi desenvolvida para condições potenciais na Holanda, mas tem sido amplamente aplicada em várias regiões do planeta (TEIXEIRA ET AL., 2008; DUAN E BASTIAANSSEN, 2015).

Em algumas aplicações a equação de Slob tem sido calibrada para as condições locais, incluindo o bioma caatinga no Sub-Médio São Francisco (TEIXEIRA ET AL., 2008). A calibração da equação consta da determinação do coeficiente de regressão do saldo de onda longa (DUAN E BASTIAANSSEN, 2015). Estudos concluíram que a calibração é irrelevante. A equação de Slob com a calibração original ou calibrada propiciaram estimativas com precisão satisfatória e com diferenças insignificantes (KJAERGAARD ET AL., 2009; DUAN E BASTIAANSSEN, 2015).

Esse trabalho mostra a estimação do Rn para a caatinga preservada, durante o verão.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de Rn, radiação global (Rs) e albedo (α) coletados utilizando um saldo radiômetro modelo CNR4 (Kipp & Zonen B. V., Delft - The Netherlands) instalado em uma área de caatinga preservada, na Estação Ecológica do Seridó (ESEC-Seridó), Serra Negra do Norte-RN (6°35'S, 37°15'W, 167 m), durante o período de janeiro, fevereiro e março de 2014. O referido sensor compõe uma torre de fluxo do Instituto Nacional do Semiárido (INSA).

Utilizando dos dados de Rs e α observados foram estimados os valores diários do Rn utilizando equação de Slob (Eq. 01):

$$R_n = (1 - \alpha) \cdot R_s - a_{Slob} \cdot \frac{R_s}{R_a} \quad (01)$$

em que R_a é a radiação extraterrestre ($W m^{-2}$) (Eq. 02) e a_{Slob} é o coeficiente de regressão para o saldo de radiação de onda longa.

Os valores diários do Rn foram estimados pela Eq. 01 utilizando o valor de a_{Slob} da proposta original de Slob (DE BRUIN, 1987) ($-110 W m^{-2}$) e o valor encontrado para o bioma Caatinga (TEIXEIRA ET AL., 2008) ($-139,8 W m^{-2}$).

$$R_a = 11,6 \cdot \frac{24 \cdot (60)}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot d_r \cdot (H \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin H) \quad (02)$$

em que: G_{sc} é a constante solar, d_r é o fator de correção de excentricidade da órbita da Terra, H é o ângulo horário, φ é a latitude local, δ é a declinação solar. Os detalhes dos cálculos de d_r , H e δ podem ser encontrados em Iqbal (1983).

O nível de concordância entre os valores medidos e estimados de Rn foram avaliados utilizando o índice de concordância de Willmott (1982), o coeficiente de correlação de Pearson e o RMSE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 1 e na Figura 1 mostram que o valor medido Rn para a Caatinga é muito similar aos obtidos partir da equação de Slob. Na Tabela 1, o R^2 mostra como o modelo ajustado para Serra Negra do Norte é capaz de

explicar a variável Rn estimada pelo método de Slob. Ainda na Tabela 1 verificamos o bom resultado apontado pelo índice de concordância de Willmott, d. Cada valor mais próximo de 1 indica um melhor desempenho do modelo. O RMSE apresenta valores baixos, mostrando um bom funcionamento do modelo como estimador para Rn na caatinga.

Tabela 1. Resumo dos dois coeficientes de calibração para a equação de Slob, em sua forma original e calibrada para a Caatinga. Usando como coeficiente de inferência estatística o RMSE o índice de concordância de Willmott e R^2

Comparação com Rn medido					
Rn estimado usando Equação de Slob calibrada para caatinga ($a_{Slob} = -139,8 \text{ W m}^{-2}$)			Rn estimado usando Equação de Slob com calibração original ($a_{Slob} = -110 \text{ W m}^{-2}$)		
R^2	d	RMSE (W m^{-2})	R^2	d	RMSE (W m^{-2})
0,99	0,99	3,015	0,99	0,99	2,83

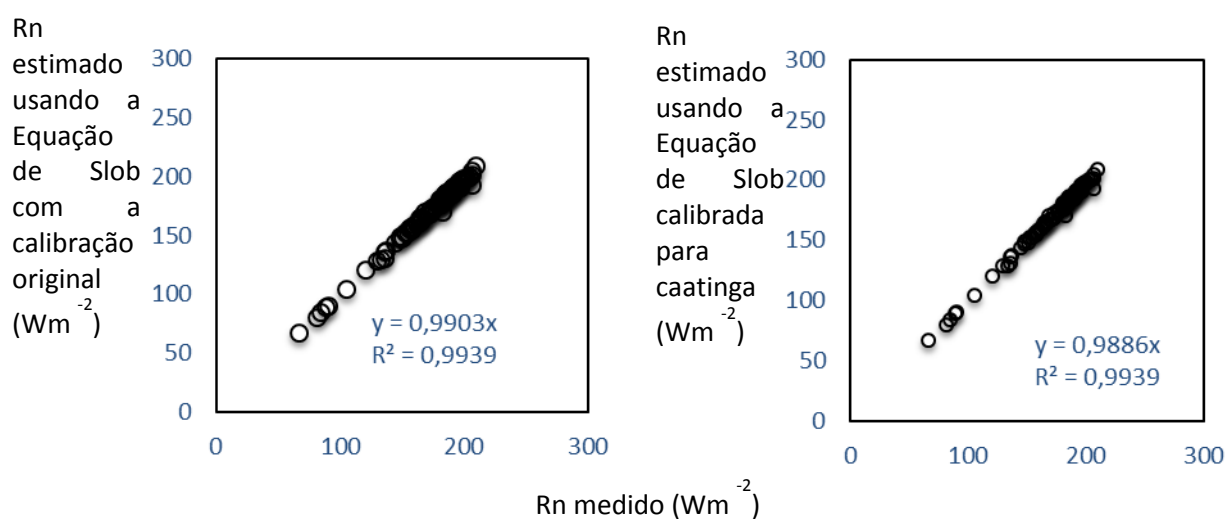


Figura 1. Gráfico de dispersão do Rn estimado com a equação original de Slob e para a Caatinga.

Os valores do RMSE são similares aos valores encontrados por Duan e Bastiaanssen (2015). A similaridade do desempenho da equação de Slob com o valor de a_{Slob} original ou com valores calibrados localmente é noticiado na literatura (KJAERGAARD ET AL., 2009; DUAN E BASTIAANSEN, 2015).

CONCLUSÕES

Diante dos resultados, conclui-se que uso da equação de Slob para estimar R_n em caatinga durante o verão é adequada independentemente do valor de a_{Slob} (original ou calibrado para o próprio bioma). Neste caso, a escolha é opcional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional do Semiárido - INSA pelo fornecimento dos dados de superfície do R_n .

REFERÊNCIAS

BASTIAANSEN, W.G.M.; MENENTI, M.; FEDDES, R.A.; HOLTSLAG, A.A.M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v.212-213, p.198-212, 1998.

BEZERRA, B.G.; SANTOS, C.A.C.; SILVA, B.B.; PEREZ-MARIN, A.M.; BEZERRA, M.V.C.; BEZERRA, J.R.C.; RAO, T.V.R. Estimation of soil moisture in the root-zone from remote sensing data. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.596-603, 2013.

BEZERRA, B.G.; SILVA, B.B.; FERREIRA, N.J. Estimativa da evapotranspiração real diária utilizando-se imagens digitais TM-Landsat 5. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.3, p.305-317, 2008.

DE BRUIN, H.A.R. **From Penman to Makkink**. In HOOGHART, J.C. (Ed.). *Evaporation and Weather*, (Technical Meeting of the Committee for Hydrological Research, February, 1981), Comm. Hydrol. Res. TNO, Den Haag, Proc. and Inform., 39, 5-30, 1987.

DUAN, Z.; BASTIAANSEN, W.G.M. A new empirical procedure for estimation intra-annual heat storage changes in lakes and reservoirs: Review and analysis of 22 lakes. **Remote Sensing of Environment**, v.156, p.143-156, 2015.

IQBAL, M. **An Introduction to Solar Radiation**. Toronto: Academic Press, 1983.

KJAERGAARD, J.H.; CUENCA, R.H.; MATÍNEZ-COB, A.; GAVILÁN, P.; PLAUBORG, F.; MOLLERUP, M.; HANSEN, S. Comparison of the performance of net radiation calculation models. **Theoretical and Applied Climatology**, v.98, p.57-66, 2009.

TEIXEIRA, A.H.C.; BASTIAANSEN, W.G.M.; AHMAD, M.D.; MOURA, M.S.B.; BOS, M.G. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semi-arid Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 362, p.110-127, 2008.

WILLMOTT, C.J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.63, p.1309-1313, 1982.

EMISSÃO DE FOLHAS DA CHIA EM DIFERENTES DATAS DE SEMEADURA EM SANTA MARIA, RS

Patrícia Carine Hüller Goergen¹, Lúcio Gabriel Scheffel², Jaíne Daniele Schroter³,
Isabel Lago⁴, Angelica Durigon⁴

¹Aluna de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, E-mail: patygoergen@hotmail.com; ² Aluno de Graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, E-mail: lucioscheffel@gmail.com; ³Aluna de Ensino Médio no Colégio Politécnico da UFSM, Santa Maria, RS, E-mail: jaíne.d.schroter@gmail.com; ⁴ Professora do Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, E-mail: isalago03@gmail.com, angelica.durigon@gmail.com

RESUMO: O número de folhas acumuladas na haste principal é um parâmetro de desenvolvimento vegetativo relacionado ao surgimento de estágios de desenvolvimento e à expansão da área foliar. Objetivou-se com este trabalho comparar a emissão de folhas e o número final de folhas acumuladas na haste principal da chia semeada em cinco diferentes datas em Santa Maria, RS, no ano agrícola 2016/2017. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições, espaçamento entre linhas de 0,70 m e população de 20 plantas por metro linear. Em dez plantas por parcela foram avaliados o número de folhas acumuladas na haste principal (semanalmente) e o número final de folhas (botão floral visível). A evolução do número de folhas e o número final de folhas variam entre as datas de semeadura, resultado da interação entre planta e ambiente. As semeaduras mais tardias resultam em um menor período de emissão de folhas e um menor número final de folhas, em resposta ao fotoperíodo e à temperatura do ar.

PALAVRAS-CHAVE: *Salvia hispanica* L., desenvolvimento, número final de folhas.

LEAF EMISSION OF CHIA IN DIFFERENT SOWING DATES IN SANTA MARIA, RS

ABSTRACT: The accumulated number of leaves in the main stem is a parameter of vegetative development related to the appearance of new development stages and to the leaf area expansion. The aim of this study was to compare the evolution of the number of leaves and the final number of leaves of chia sown in five different dates in Santa Maria, RS, in the agricultural year 2016/2017. The experimental design was a randomized block design with four replications, with 0.70 m between lines and a plant population of 20 plants per linear meter. After emergence, ten plants per plot were tagged to evaluate the number of leaves (weekly) and the final number of leaves (floral bud visible). The evolution of the number of leaves and the final number of leaves vary between sowing dates as a result of the interaction between plant and environment. Later sowing results in a shorter leaf emission period and in a smaller number of leaves in response to the photoperiod and the air temperature to which the plants are exposed.

KEY-WORDS: *Salvia hispanica* L., development, final number of leaves.

INTRODUÇÃO

A chia (*Salvia hispanica* L.), pertencente à família Lamiaceae, tem ganhado destaque na alimentação humana nos últimos anos, por ser considerada um alimento nutracêutico, rico em ômega 3 e ômega 6, e ser a melhor fonte saudável de fibras

conhecida atualmente (JAMBOONSRI et al., 2012). Isso faz com que seu consumo seja recomendado pelos profissionais da saúde e consumida principalmente pelos que buscam uma alimentação mais saudável.

Os fatores ecológicos relacionados ao clima têm grande importância na cultura da chia, pois podem interferir no crescimento e desenvolvimento da planta. O desenvolvimento da planta de chia é governado pela temperatura do ar e pelo fotoperíodo, sendo considerada uma planta de dias curtos (JAMBOONSRI et al., 2012). O fotoperíodo crítico para a cultura é de 12 horas, ou seja, sementeiras muito tardias encurtam o ciclo de desenvolvimento e sementeiras muito precoces alongam o ciclo da cultura.

A duração da fase vegetativa está associada com a alteração do número final de folhas e da velocidade de aparecimento das folhas na haste principal, portanto uma fase vegetativa mais longa permite a planta produzir uma área foliar maior (HEINEMANN et al., 2006). Por isso, a evolução do número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e o número final de folhas (NFF) são importantes parâmetros do desenvolvimento vegetativo (FAGUNDES et al., 2009). Nesse sentido, com este trabalho objetivou-se comparar a emissão de folhas e o número final de folhas acumuladas na haste principal da chia semeada em diferentes datas em Santa Maria, RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento de campo foi conduzido no ano agrícola 2016/2017 na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29° 43'S, longitude: 53° 43'W e altitude: 95 m). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa Subtropical úmido sem estação seca definida com verões quentes (KUNINCHNER; BURIOL, 2001).

Foram realizadas cinco datas de sementeira (22/09/2016, 28/10/2016, 13/12/2016, 03/01/2017 e 08/02/2017) consideradas precoce, intermediária e tardia em relação a época de sementeira mais usada pelos produtores da cultura que é outubro/novembro (MIGLIAVACCA et al., 2014).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas foram compostas por quatro linhas de 3 m cada, com espaçamento de 0,70 m entre linhas. A sementeira foi efetuada em linhas, de forma manual, com profundidade de sementeira de 1 cm (MIGLIAVACCA et al., 2014; ROJAS, 2013). Após a emergência foi realizado o raleio das plantas para manter uma distância entre plantas de 5 a 6 cm na linha de sementeira, e estabelecer uma média de 20 plantas por metro linear (MIRANDA, 2012).

As práticas de manejo, como correção do pH do solo e adubação, foram realizadas conforme a análise de solo, com base na espécie hortelã (*Mentha arvensis*) que é da mesma família que a chia, pelo motivo de não haver recomendação para a *Salvia hispanica*. Foi realizada irrigação suplementar por gotejamento utilizando o coeficiente de cultivo (Kc) da hortelã, de maneira a possibilitar um crescimento e desenvolvimento das plantas sem limitações de água e nutrientes.

Decorrida a emergência, foram marcadas dez plantas por parcela para avaliar o número de folhas acumuladas na haste principal (semanalmente). Uma folha foi considerada visível quando apresentava mais de 1 cm de comprimento. O número final de folhas (NFF) nas plantas foi determinado quando as plantas emitiram o botão floral, momento no qual iniciou o estágio reprodutivo. Para comparar a emissão de folhas e o número final de folhas acumuladas na haste principal entre datas de sementeira foi plotado um gráfico de dispersão no programa Excel 2013. O programa SASM-Agri foi

utilizado para verificar se houve diferença do número final de folhas entre as datas de semeadura pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento, as plantas de chia foram expostas a diferentes condições de temperatura do ar, com temperaturas mais baixas nos meses de setembro, outubro e início de novembro. Com o avançar da primavera e início do verão, as temperaturas aumentaram gradativamente até atingir os valores máximos nos meses de verão (Figura 1). Durante o período de emissão de folhas, o menor valor de temperatura mínima do ar (T_{min}) foi 5,6 °C e o maior valor de temperatura máxima do ar (T_{max}) foi 35,1 °C. O fotoperíodo variou de 14,96 horas no dia 22/12/2016 a 12,5 horas no último dia de emissão de folhas.

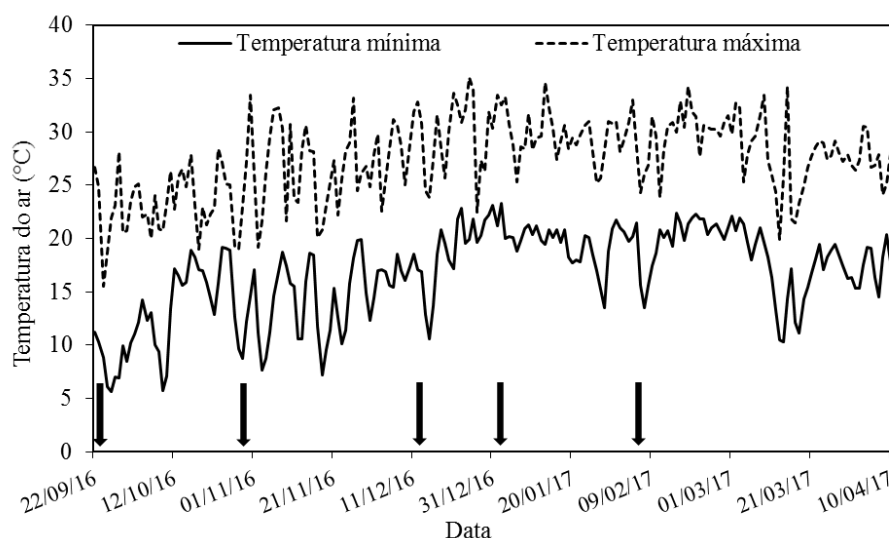


Figura 1. Variação diária da temperatura mínima (T_{min} , °C) e máxima (T_{max} , °C) do ar durante o experimento com a cultura da chia. As setas indicam as datas de semeadura.

A evolução da emissão de folhas e o NFF variou entre as datas de semeadura (Figura 2). As letras maiúsculas comparam os valores de NFF nas datas de semeadura. A data 1 (22/09/2016) apresentou maior valor de NFF, seguido da data 2 (28/10/2016), já as datas 3 (13/12/2016) e 4 (03/01/2017) não apresentaram diferença significativa, enquanto que a data 5 (08/02/2017) apresentou o menor valor de NFF. Isso deve-se ao fato do desenvolvimento da planta de chia ser regulado pelo fotoperíodo (JAMBOONSRI et al., 2012), e por isso as semeaduras mais precoces proporcionaram um maior NFF em função da exposição das plantas a fotoperíodos maiores (não indutivos), resultando em maior duração da fase vegetativa das plantas.

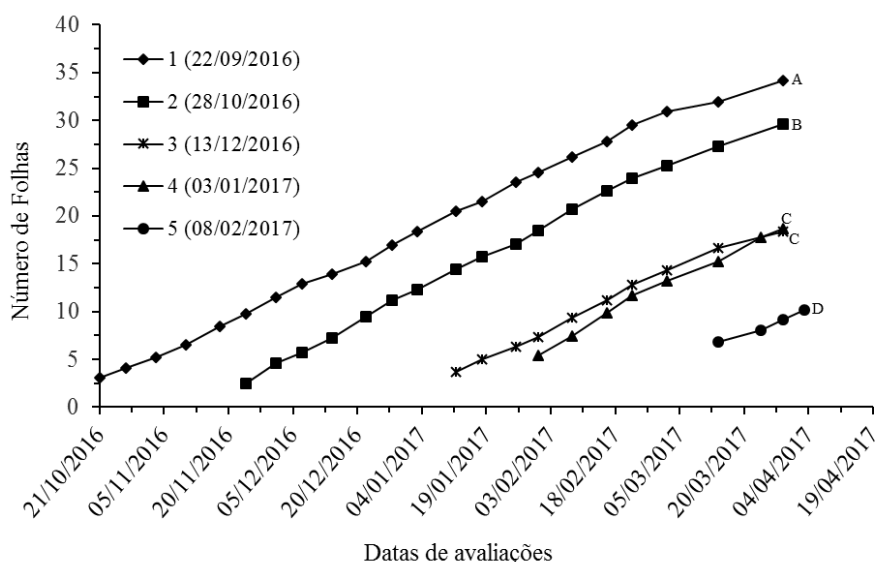


Figura 2. Evolução do número de folhas acumuladas (NF) e número final de folhas (NFF) na haste principal de chia em diferentes datas de semeadura: 1 (22/09/2016), 2 (28/10/2016), 3 (13/12/2016), 4 (03/01/2017) e 5 (08/02/2017). Letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

As datas 1 e 2 apresentaram um NFF de 34 e 30, respectivamente, no entanto, o desenvolvimento das plantas foi mais lento, devido a temperatura do ar encontrar-se mais baixa nos meses de outubro e novembro, período de desenvolvimento inicial das plantas. Nas semeaduras mais tardias as plantas emitiram menos folhas (18 folhas nas datas 3 e 4 e 10 folhas na data 5) e completaram a fase vegetativa em um menor intervalo de tempo, em virtude da temperatura do ar estar mais elevada nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e as plantas logo atingirem o fotoperíodo crítico de 12,8 horas (25/03/2017). A diferença nítida na evolução do número de folhas e no NFF entre as datas de semeadura neste trabalho confirma as informações de Baginsky et al. (2014) e Jamboonsri et al. (2012), que afirmam que a planta de chia tem o desenvolvimento regulado pela temperatura do ar e pelo fotoperíodo.

Em trabalhos com outras culturas também são encontrados resultados semelhantes. Streck et al. (2006) observaram que houve diferença no NFF para as cultivares de arroz em função das épocas de semeadura, sendo o maior NFF obtido nas semeaduras mais precoces devido ao alongamento do ciclo, com resposta típica de planta de dia curto. Fagundes et al. (2009) e Schons et al. (2007) relataram que o NFF de folhas na haste principal em mandioca variou com a data de plantio, e indicaram que a temperatura do ar e o fotoperíodo afetam a taxa de emissão de folhas e o NFF, corroborando os dados obtidos no presente estudo.

CONCLUSÕES

A evolução do número de folhas e o número final de folhas da chia variam entre as datas de semeadura, resultado da interação entre planta e ambiente.

Semeaduras mais tardias resultam em um menor período de emissão de folhas e um menor número final de folhas acumuladas na haste principal.

REFERÊNCIAS

- BAGINSKY, C. et al. Determinación de fecha de siembra óptima de chia en zonas de clima desértico y templado mediterráneo semiárido bajo condiciones de riego en Chile. 2014. http://www.chia.uchile.cl/docs/anexos/Anexo_1.pdf. Acesso em: 10 abr. 2017.
- FAGUNDES, L.K. et al. Desenvolvimento vegetativo em diferentes hastes da planta de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.657–653, 2009.
- HEINEMANN, A.B. et al. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.352–356, 2006.
- JAMBOONSRI, W. et al. Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L.-a new ω 3 source. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v.59, n.2, p.171-178, 2012.
- KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001.
- MIGLIAVACCA, R.A. et al. O cultivo da chia no Brasil: futuro e perspectivas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n. especial, p.161-179, 2014.
- MIRANDA, F. **Guia Técnica para el Manejo del Cultivo de Chia (*Salvia hispanica*) en Nicaragua**. Sébaco: Central de Cooperativas de Servicios Múltiples Exportación e Importación Del Norte (CECOOPSEMEIN RL.), 2012. 14p. Disponível em: http://cecoopsemein.com/Manual_de_poduccion_de_CHIA_SALVIA_HISPANICA.pdf. Acesso em: 20 mar. 2017.
- ROJAS, D.B.E.V. **Efecto de la aplicación de herbicidas sobre el rendimiento en Chía (*Salvia hispanica* L.) en al región metropolitana. 2013. 39p.** Memoria (Ingeniera Agrónoma) – Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, 2013.
- SCHONS, A. et al. Emissão de folhas e início da acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1586–1592, 2007.
- STRECK, N.A. et al. Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.4, p.533–541, 2006.

RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO EM UMA FLORESTA DE *PINUS ELLIOTTII*

Maiara do Nascimento da Ponte¹, Cleusa Adriane Menegassi Biachi Krüger², Tagliane Eloíse Walker³, Joana Camargo Nogara⁴, Osório Antônio Lucchese⁵

¹Aluna bolsista IC/FAPERGS do Curso de Agronomia, UNIJUI, Ijuí, Rio Grande do Sul, maiatdp@hotmail.com; ² Professora Dra. Orientadora, Departamento de Estudos Agrários da UNIJUI, Ijuí, Rio Grande do Sul, cleusa.bianchi@unijui.edu.br; ³ Aluna bolsista IC/FAPERGS do Curso de Agronomia, UNIJUI, Ijuí, Rio Grande do Sul, tagli_walker@hotmail.com; ⁴ Aluna bolsista PIBITI/CNPq do curso de Agronomia, UNIJUI, Ijuí, Rio Grande do Sul, joananogara@yahoo.com.br; ⁵ Professor Ms. Colaborador na pesquisa, Departamento de Estudos Agrários da UNIJUI, Ijuí, Rio Grande do Sul, osorio@unijui.edu.br

RESUMO: Na constituição de sistemas silvipastoris a disponibilidade de radiação é ponto primordial para possibilitar o crescimento e desenvolvimento das espécies forrageiras. Foi avaliada a disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa em um sistema silvipastoril de *Pinus elliottii* em diferentes níveis de sombreamento com espécies forrageiras de verão. O estudo foi desenvolvido a campo, na área experimental com 0,8 ha, esta pertencente à Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, em 2007 a área recebeu 1600 mudas de *Pinus elliottii*, sendo estas manejadas a fim de se obterem três níveis de sombreamento, 60%, 40% e 20% de sombra e à pleno sol, as 12 espécies forrageiras foram implantadas no ano de 2014. O experimento foi constituído em esquema fatorial 4 (níveis de radiação) x 12 (forrageiras), com três repetições. As parcelas onde foram implantadas as forrageiras eram de 16m². Existe variabilidade na disponibilidade de radiação solar dentro do sistema silvipastoril, e esta não é proporcional aos níveis de desbaste realizados no *Pinus elliottii*. Há variabilidade na quantidade de radiação fotossinteticamente ativa dentro do sistema silvipastoril entre as distintas estações do ano.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação solar; Pinaceae; Conífera; Temperatura.

PHOTOSYNTHETIC ACTIVE RADIATION UNDER DIFFERENT SHADING LEVELS IN A FOREST OF *PINUS ELLIOTTII*

ABSTRACT: Due to the great caloric stress suffered by the animals in the northwest region of the state of Rio Grande do Sul, the possibility of finding ways to reduce this problem was studied. The availability of photosynthetically active radiation in a silvopastoral system of *Pinus elliottii* at different levels of shade with summer forage species was evaluated. The study was developed in the field, in the experimental area with 0.8 ha, belonging to the Regional University of the Northwest of the State of Rio Grande do Sul, in 2007 the area received 1600 seedlings of *Pinus elliottii*, and these were managed in order to obtain Three shade levels, 60%, 40% and 20% shade and in full sun, the 12 forage species were implanted in the year 2014. The experiment was constituted in factorial scheme 4 (radiation levels) x 12 (forage), With three replicates. The plots where the forage was planted were 16m².

KEY-WORDS: Solar radiation; Pinaceae; Conifer; Temperature.

INTRODUÇÃO

O estado Rio Grande do Sul é o maior produtor de leite do Brasil, como uma média de produção de 3034 litros/vaca/ano (IBGE, 2014). Na região noroeste a maior produção se dá em Ijuí, com 723 milhões de litros de leite produzidos ao ano (EMATER, 2017). Nesse cenário, a cadeia leiteira tem muitos desafios a serem vencidos, como a manutenção da produção de leite ao longo do ano, principalmente durante o verão. Nesta época a produção de leite diminui, devido ao estresse calórico aos quais os animais ficam sujeitos, promovido pelas altas temperaturas nas áreas de pastejo (FERREIRA et al., 2006).

Considerando essa problemática o sistema silvipastoril (SSP), que é a integração de árvores com pastagens e animais em uma mesma área, com o objetivo de aumentar a produtividade e o bem estar animal (SILVA, 2009), pode se tornar uma estratégia importante, para contribuir na manutenção da produção de leite. Nesses sistemas, o desafio é constituir para as distintas condições edafoclimáticas a combinações de espécies arbóreas e forrageiras, além do tempo necessário para consolidar o sistema. Em relação à oferta de alimento aos animais, nem sempre a forrageira apresenta adaptação às condições de baixa disponibilidade de radiação solar, o que pode ser ajustado pelo manejo do componente florestal, por meio do corte ou desbaste, proporcionando assim, a disponibilidade adequada de radiação solar às espécies forrageiras. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa em um sistema silvipastoril de *Pinus elliottii* em diferentes níveis de sombreamento com espécies forrageiras de verão.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na área experimental do Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), no município de Augusto Pestana/RS, localizado a 28° 26' 30'' S e 54° 00' 58'' W, altitude de 280 m. O cultivo de pinus foi implantado no ano de 2007, em espaçamento de 3x2m, com densidade de 1600 plantas ha⁻¹, perfazendo uma área experimental de aproximadamente 0,8 ha. O *Pinus elliottii* foi manejado, via corte de árvores, em 2013 na intensidade de 40%, 60% e 80% de desbaste, resultando em nos tratamentos de 20, 40 e 60% de sombreamento. Após, na primavera de 2014 foram implantadas as espécies forrageiras de verão: Grama missioneira (*Axonopus jesuiticus*); tifton 85 (*Cynodon* spp.); capim sudão cv. BRS Estribo (*Sorghum sudanenses*); braquiária brizanta cv. Marandú e Xaraé (*Urochloa brizantha*); aruana e aires (*Panicum maximum*); capim elefante cv. Mott e HB (*Pennisetum purpureum*); capim pojuca (*Paspalum atratum*); digitária (*Digitaria diversinervis*) e hermáttria (*Hermatris altissima*). Ao lado da área de pinus foi implantado as mesmas espécies forrageiras, constituindo o tratamento a pleno sol. O experimento foi constituído em esquema fatorial 4 (níveis de radiação) x 12 (forrageiras), com três repetições em delineamento de blocos ao acaso. As parcelas onde foram implantadas as forrageiras eram de 16m².

As leituras de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foram realizadas com o auxílio de um ceptômetro modelo Accupar LP- 80. As medidas foram realizadas pela tomada de três leituras em cada parcela, entre às 11 e 14h, com o ceptômetro posicionado acima do dossel forrageiro a aproximadamente 1m acima do nível do solo. Foram realizadas 22 datas de leituras de RFA, de janeiro de 2015 a outubro de 2016, sempre visando ajustar datas de corte das forragens com as condições meteorológicas de

maior disponibilidade de radiação solar, o que muitas vezes não ocorria durante todas as datas de leitura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 é possível analisar a disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa, nos diferentes tratamentos e nas distintas estações, durante os anos de 2015 e 2016. Em 2015 os maiores valores de RFA foram a pleno sol, exceto na da estação da primavera, com maior nível de radiação a 60% com $383,33 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Isso pode ser justificado por situações de nebulosidade no momento da leitura a pleno sol, já que para realizar as leituras no experimento, levava-se em torno de 2 horas.

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) dentro da floresta de *Pinus elliottii* durante o período de 2015/2016.

ANO	ESTAÇÃO	NÍVEIS DE RADIAÇÃO %			
		40	60	80	PLENO SOL
2015	OUTONO	22,03	50,96	145,56	907,47
	PRIMAVERA	62,83	383,33	254,95	337,26
	VERÃO	41,62	164,76	160,17	622,36
2016	VERÃO	70,64	168,75	87,24	92,96
	OUTONO	56,48	98,41	119,44	520,05
	INVERNO	92,52	116,66	188,59	636,02
	PRIMAVERA	230,11	451,17	907,28	1575,00

Na primavera de 2015 se observa que a disponibilidade de RFA às forragens não equivale aos níveis de radiação propostos para os tratamentos de luminosidade (20, 40 e 60% de sombreamento), visto que se projetou os tratamentos pelos percentuais de desbaste das árvores e não pela disponibilidade de radiação em comparação a pleno sol. Isso, possivelmente devido à condição de que a sombra promovida pelas árvores não é uniforme e proporcionalmente os níveis de desbaste de 40, 60 e 80 % da população inicial das árvores, não sendo suficiente para promover a intensidade de radiação na intensidade de 60, 40 e 20%, respectivamente.

No ano de 2016, na estação do verão a maior interceptação de radiação solar foi a 60% com $168,75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Nas estações do outono, inverno e primavera a RFA foi maior à pleno sol (Tabela 1), o que espera-se como resposta, já que não há anteparo a passagem de radiação, como acontece com a presença das árvores.

Os distintos valores de RFA obtidos no estudo podem ser explicados, também, pela diferente disponibilidade de energia solar, considerando as estações do ano (Tabela 1). Condições de nebulosidade durante as tomadas das leituras de RFA em um mesmo dia e ainda o sombreamento não uniforme proporcionado pelas árvores de *Pinus* levaram a respostas distintas nos valores de RFA observados.

Estes resultados permitem inferir que a intensidade do desbaste inicialmente realizada, não proporciona a intensidade de radiação às plantas forrageiras que se era esperado, ou seja, ao se realizar um desbaste de 80% se esperaria uma disponibilidade de radiação de 20% comparada ao pleno sol, no entanto, esse valor pode sofrer alteração devido o sombreamento imposto pelas árvores, sua distribuição no espaço e também da variação das condições meteorológicas nos dias de medidas. Portanto, dificultando a

indicação de que as forrageiras que cresceram nestes diferentes sombreamentos tivessem a mesma disponibilidade de RFA.

Com isso, o diagnóstico da disponibilidade de radiação às forrageiras crescendo nesse sistema em específico, deve ser estabelecida para se indicar uma condição média em cada nível de desbaste. Além disso, em sistemas de cultivo arborizado, a variabilidade temporal e espacial das condições micrometeorológicas, como por exemplo, da disponibilidade de radiação solar, tendem a ser diferenciadas da condição a pleno sol, como observado por Pezzopane et al. (2011) em sistema de cultivo de café com coqueiro-anão-verde. Também, Eloy et al. (2012) estudando a interceptação de radiação em área com *Eucalipto* sp, verificaram que quanto menor o espaçamento de plantio das árvores, maior é o fechamento do dossel pela cultura, e menor a incidência da radiação no interior do povoamento, fato que foi observado nesse estudo, já que o espaçamento para a implantação do Pinus foi de 3x2m.

CONCLUSÕES

Existe variabilidade na disponibilidade de radiação solar dentro do sistema silvipastoril e esta não é proporcional aos níveis de desbaste realizados no *Pinus elliottii*.

Há variabilidade na quantidade de radiação fotossinteticamente ativa dentro do sistema silvipastoril entre as distintas estações do ano.

AGRADECIMENTOS

A FAPERGS pela concessão da bolsa de Iniciação Científica e ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ELOY, E. et al. **Influência do espaçamento na interceptação de radiação do dossel vegetativo de espécies arbóreas.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 683-691, 2012.

EMATER. RS: Emater-Ascar destaca mapa da produção de leite no estado. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/giro-lacteo/rs-ematerascar-destaca-mapa-da-producao-de-leite-no-estado-93832n.aspx> Acesso em 24/04/2017.

FERREIRA, F. et al. **Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 58, n. 2, p. 732-738, 2006.

IBGE. Grandes Regiões e Unidades da Federação. Disponível em : http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2014/default_xls.shtm Acesso em 07/03/2017.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Alterações microclimáticas em cultivo de café conilon arborizado com coqueiro-anão-verde. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 865-871, dez. 2011.

SILVA, V. P. **Palestra no Simpósio ABCZ-CNPC Pecuária Sustentável.** Uberaba-MG, 2009.p. 2.

ÍNDICES DE COLHEITA E DE TOLERÂNCIA À SECA DO FEIJÃO-CAUPI

Vandeilson Belfort Moura¹, Denilson Pontes Ferreira¹, Denis de Pinho Sousa², Lucilene de Cássia Santos Fiel³, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁴

¹Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Belém, Pará, E-mail: vandeilsonbelfort@hotmail.com; pontes.agro@gmail.com; ²Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Belém, Pará, E-mail: denisdepinho@agronomo.eng.br; ³Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, E-mail: lenefiel@hotmail.com; ⁴Professor, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho analisar os índices de colheita (IC) e de tolerância à seca (ITS) do feijão-caupi (BR3-Tracuateua) submetido ao déficit hídrico em Castanhal, Pará no ano de 2014. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis repetições. Os tratamentos consistiram de quatro diferentes lâminas de irrigação, sendo (T₁₀₀) 100, (T₅₀) 50, (T₂₅) 25 e (T₀) 0% da evapotranspiração da cultura (ET_c). Os IC foram de 29% para o T₁₀₀ que apresentou maior índice, seguido do T₅₀ (25%), T₂₅ (22%) e T₀ (19%). A cultivar BR3-Tracuateua teve uma queda contínua em seu desempenho com a restrição hídrica, onde a redução entre o IC do (T₁₀₀) e (T₀) foi equivalente a 35%. O T₅₀ apresentou a menor diferença com T₁₀₀ (4%). O ITS foi considerado moderado com os valores de 0,50 (T₀), 0,64 (T₂₅) e 0,79 (T₅₀). Essa moderada tolerância, faz com que mesmo em condições de déficit hídrico a planta continue produzindo, conferindo maiores lucratividades com o rendimento da produção, mas as respostas no T₀ alerta que é necessário realizar o manejo da água no período menos chuvoso do ano para obtenção de maiores IC.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; produção de grãos; déficit hídrico.

INDICES OF HARVEST AND TOLERANCE DRY OF COWPEA

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze the harvest (CI) and drought tolerance (ITS) indices of cowpea (BR3-Tracuateua) submitted to the water deficit in Castanhal, Pará, in the year 2014. The experimental design was a randomized block design with six replications. The treatments consisted of four different irrigation slides, being (T₁₀₀) 100, (T₅₀) 50, (T₂₅) 25 and (T₀) 0% of crop evapotranspiration (ET_c). The ICs were 29% for T₁₀₀, which presented the highest index, followed by T₅₀ (25%), T₂₅ (22%) and T₀ (19%). The cultivar BR3-Tracuateua had a continuous decrease in its performance with the water restriction, where the reduction between the CI of (T₁₀₀) and (T₀) was equivalent to 35%. The T₅₀ showed the smallest difference with T₁₀₀ (4%). ITS was considered moderate with values of 0.50 (T₀), 0.64 (T₂₅) and 0.79 (T₅₀). This moderate tolerance means that even under water deficit conditions the plant continues to produce, giving greater profitability to production yield, but the responses in T₀ warns that it is necessary to carry out water management in the least rainy period of the year to obtain higher IC.

KEY-WORDS: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; Grain production; Water deficit.

INTRODUÇÃO

É crescente no nordeste paraense o cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) devido ao seu potencial empregatício e de distribuição de renda nessa região e também as suas valorosas características agrônômicas (LIMA et al., 2016).

Essa cultura agrícola importante para essa região é uma leguminosa anual, herbácea, adaptada a várias condições edafoclimáticas com demanda maior de consumo que a produção no Brasil (FREIRE FILHO et al., 2005).

O feijão-caupi responde negativamente quando submetido à limitação hídrica, diminuindo a eficiência do seu aparelho fotossintético (SAN JOSE et al., 2004) afetando o principal produto da cultura que é o grão, impactando economicamente no rendimento da safra e diminuindo a lucratividade da atividade pelo produtor.

O índice de colheita (IC) segundo Souza et al. (2014) é a razão entre a produção de grãos (parte economicamente comercializada) e o rendimento biológico (produção total de biomassa acima do solo) de uma cultura e através desse índice é possível avaliar o desempenho de diferentes cultivares submetidas a diferentes condições climáticas.

Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar as variáveis de índices de colheita e de tolerância à seca do feijão-caupi submetido ao déficit hídrico em Castanhal, Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Escola de Castanhal-PA (FEC-UFRA) no município de Castanhal, nordeste do Estado do Pará, Norte do Brasil, em 2014.

O clima da região foi classificado como Ami, segundo Köppen, com temperatura média anual de 26°C. Foi instalada uma estação automática com radiômetro, psicrômetro e pluviômetro, sendo a umidade relativa do ar em média de 80% e precipitação média anual de 2.000 a 2.500 mm.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com seis repetições. Cada bloco foi dividido em quatro unidades experimentais de 100m² (5x20m) espaçadas por um metro. Os tratamentos consistiram de diferentes lâminas de irrigação, correspondendo a 100% (T₁₀₀), 50% (T₅₀), 25% (T₂₅) e 0% (T₀) da evapotranspiração da cultura (ETc), utilizando-se a cultivar BR3-Tracuateua, de hábito de crescimento indeterminado, porte prostrado, ciclo de 60-70 dias.

A semeadura foi realizada em 9 de setembro de 2014 de forma mecanizada, obtendo-se aproximadamente 10 plantas por metro linear com espaçamento entre linhas de 50 cm (200.000 plantas/ha). Foi realizada a adubação com 195 kg de fertilizante químico com a formulação de 15-60-60 kg/ha de NPK a partir da análise do solo (Figura 1).

Utilizou-se gotejadores do tipo labirinto espaçados de 20 cm com vazão de 0,94 L/h sob pressão de cinco mca, para cada linha de plantio. A evapotranspiração de referência (ET₀) foi determinada de acordo com a equação de Penman-Monteith utilizando-se dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. A redução das lâminas iniciou no início do florescimento (R5) até a maturação fisiológica (R9).

pH	em	N	P	K ⁺	Na ²⁺	Ca ²⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Al ³⁺	Areia	Silte	Argila	Densidade
H ₂ O		(%)	(mg/dm ³)	(mg/dm ³)	(mg/dm ³)	(cmol _c /dm ³)	(cmol _c /dm ³)	(cmol _c /dm ³)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	do solo
												(g/cm ³)
5,4		0,06	18	11	2	1	1,5	0,3	804	116	80	1,41

Figura 1. Características químicas e físicas de um latossolo amarelo distrófico, do solo da área experimental na profundidade de 0–20cm, Castanhal, 2014.

Para análise da biomassa foram coletados dados de caule, pecíolo, folha, pedúnculo, flor, vagem e grão em escalas semanais pela seleção de duas linhas de 20m

cada, de onde foram retiradas cinco plantas por meio metro linear, seguindo o delineamento de bloco ao acaso com seis repetições cada, posteriormente as amostras foram colocadas para secar em estufa aerada a 70°C por 72h, a fim de obter-se o peso constante da matéria seca total acima do solo.

A colheita do legume iniciou no dia 22/10/2014, 43 dias após a semeadura (DAS) e a análise de produtividade foi realizada aos 63 DAS (R9).

Após a coleta dos grãos nas áreas demarcadas, os mesmos foram colocados para secar por 72h, posteriormente, pesados e feitas as estimativas de produção.

O índice de colheita (IC) foi determinado dividindo a produção de grãos pela produção de biomassa total acima do solo, conforme a Equação 1.

O índice de tolerância à seca (ITS) foi determinado dividindo a produção da planta sob estresse pela produção da planta controle, conforme a Equação 2, proposta por Nautyal et al. (2002).

$$IC (\%) = \left(\frac{\text{Produção de grãos (g)}}{\text{Produção de biomassa total (g)}} \right) \times 100 \quad (1) \quad ITS = \left(\frac{\text{Produção da planta sob estresse (g)}}{\text{Produção da planta controle (g)}} \right) \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2, os valores médios de índice de colheita (IC) ao longo do ciclo do feijão-caupi para os quatro tratamentos testados, foram de 29% para o T₁₀₀, mostrando que o maior teor de água fornecido a planta favoreceu melhores resultados, seguindo um decréscimo com o déficit hídrico nos tratamentos T₅₀ (25%), T₂₅ (22%) e T₀ (19%).

Pode-se avaliar que a cultivar BR3-Tracueteua para as condições desse trabalho, diminui sua produtividade na medida em que sofre restrição hídrica conforme observado na tabela 1, onde a redução entre o IC do tratamento sem restrição hídrica (T₁₀₀) e o com restrição hídrica (T₀) foi equivalente a 35%.

O T₀ mostra que mesmo com as condições locais de umidade e precipitação típico das regiões tropicais para o período de setembro a novembro que é menos chuvoso, faz-se necessário a adoção de irrigação para aumentar a produção de grãos que nesse tratamento apresentou o menor IC de apenas 19%. Assim, a água é um recurso limitante para o rendimento dos grãos do feijão-caupi em Castanhal.

Entre os tratamentos T₅₀ e T₂₅ com as reduções das lâminas de irrigação de 50% e 25% respectivamente, o tratamento 2 apresentou a menor diferença entre o T₁₀₀.

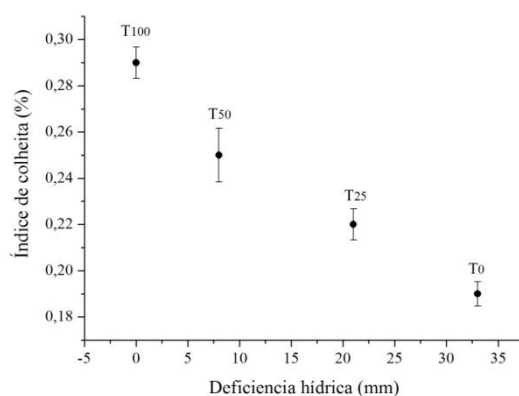


Figura 2. Índice de colheita (IC) do feijão-caupi submetido a quatro tratamentos (T₁₀₀-100%; T₅₀-50%; T₂₅-25%; T₀-0%) com diferentes disponibilidades de água no experimento de 2014, Castanhal-PA.

Com relação ao índice de tolerância à seca (ITS) observado na tabela 1 da cultivar BR3-Tracuateua aos diferentes tratamentos de restrição hídrica, os valores encontrados neste trabalho são considerados moderados, baseando-se no trabalho de Nautyal et al. (2002) com um valor de 0,50 para o T₀, 0,64 para o T₂₅ e 0,79 para o T₅₀.

Tabela 1. Valores da produtividade média, produção total, índice de tolerância à seca e deficiência acumulada do feijão-caupi em Castanhal, Pará, 2014.

Tratamento	Produtividade Média (Kg/ha⁻¹)	Produção Total de grãos (g/ha⁻¹)	Índice de Tolerância à Seca	Deficiência Acumulada (mm)	Desvio Padrão
100%	1.569	2.824,52	-	-	16,43
50%	1.233	2.220,37	0,79	8	17,73
25%	1.002	1.804,07	0,64	21	9,16
0%	792	1.426,21	0,50	33	5,24
Média	1.149	2.068,79	0,64		

Essa tolerância do feijão-caupi faz com que mesmo em condições de déficit continue translocando fotoassimilados. Boyer (1978) em seu trabalho com o feijão-caupi também a classificou como moderadamente tolerante, tanto ao excesso de água quanto a deficiência hídrica.

CONCLUSÕES

O índice de colheita da cultivar de feijão-caupi BR3-Tracuateua, reduz em 35% (T₀), 23% (T₂₅) e 12% (T₅₀) quando submetido a deficiência hídrica.

Os índices de colheita reduziram na medida em que houve restrição hídrica (T₅₀ (25%), T₂₅ (22%) e T₀ (19%)), sendo o tratamento de 100% da evapotranspiração o que obteve os maiores resultados de produtividade (1.569 Kg/ha⁻¹) e maior índice de colheita (29%).

A cultivar em BR3-Tracuateua apresentou os índices de tolerância à seca de 0,50 (T₀), 0,64 (T₂₅) e 0,79 (T₅₀) que são considerados como moderada tolerância apresentando ajuste fisiológico com as condições de déficit hídrico no período menos chuvoso, sendo fundamental a adoção de irrigação para maiores produtividades.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade do quinto autor (processo nº 311145/2013-2). À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

- BOYER, J. S. **Water deficits and photosynthesis**. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.) *Water deficits and plant growth*. New York, Academic Press. v. 4, p.154-191, Ano 1978.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; LOPES, A. C. A. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi. **Rev. Ciência Rural**, v.35, p.24-30, Ano 2005b.
- LIMA, M. J. A; FARIAS, V. D. S; COSTA, D. L. P; SAMPAIO, L. S; SOUZA, P. J. O. P. Efeito combinado das variáveis meteorológicas sobre a condutância estomática do feijão-caupi. **Horticultura Brasileira**. v. 34, p. 547-553, 2016.
- NAUTYAL, P. C.; NAGESWARA-RAO, R. C.; JOSHI, Y. C. Moisture deficit induced change in leaf water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. **Field Crops Research**, v.74, p. 67-79, 2002.
- SAN JOSÉ, J. J.; MONTES, R.; NIKONOVA, N.; VALLADARES, N.; BUENDIA, C.; MALAVE, V.; BRACHO, R.; Dry-matter partitioning and radiation-use efficiency in cowpea cultivars (*Vigna unguiculata (L.) Walp.* cvs TC-9-6 and M-28-6-6) during consecutive seasonal courses in the Orinoco llanos. **Rev Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.142, p. 163–175. Ano 2004.
- SOUZA, L. H. B. de; PEIXOTO, C. P.; SILVEIRA, P. S. da; LEDO, C. A. da S.; LIMA, V. P.; SANTOS, A. P. S.G. dos. Características agronômicas e rendimento de girassol em diferentes épocas de semeadura e populações de plantas no recôncavo da bahia. **Rev Biosci. J.**, Uberlandia, v. 30, supplement 1, p. 90-10. Ano 2014.

VARIAÇÃO DIÁRIA DO ALBEDO EM ÁREA DE PLANTIO DO FEIJÃO-CAUPI, CASTANHAL-PA

Vandeilson Belfort Moura¹, Daniely Florencia Silva de Souza¹, João Vitor de Nóvoa Pinto¹, Deborah Luciany Pires da Costa², Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza³

¹Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Belém, Pará, E-mail: vandeilsonbelfort@hotmail.com; florenciadany@hotmail.com; jvitorpinto@gmail.com ²Eng. Agrônoma e MSc. em Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, E-mail: deborahpires.agro@gmail.com; ⁴Professor, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: O albedo é um parâmetro usado para se conhecer o balanço da radiação e de energia de uma superfície que pode sofrer variações temporais. O objetivo desse trabalho foi analisar as variações diurnas e diárias do albedo em uma área de plantio do feijão-caupi em Castanhal- PA, no ano de 2016. Foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica com piranômetros conectados a um “datalogger”, para realizar as medições da radiação solar global e radiação refletida pelas superfícies. O albedo médio estimado para o ciclo do feijão-caupi nas condições desse trabalho foi de 22% ($\pm 1,03$) e o mesmo apresentou um crescimento com o estabelecimento da cultura na área, obtendo na fase de frutificação o maior albedo diário de 26,03%. A partir dos 44 (DAS), o comportamento do albedo tornou-se constante nas fases fenológicas de frutificação e maturação com o completo fechamento do dossel na área do plantio.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; reflectância; radiação global.

DAILY VARIATION OF THE ALBEDO IN PLANTING AREA OF THE COWPEA, CASTANHAL-PA

ABSTRACT: The albedo is a parameter used to know the balance of radiation and energy of a surface that can undergo temporal variations. The objective of this work was to analyze the diurnal and daily variations of albedo in a planted area of cowpea in Castanhal-PA, in the year 2016. A micrometeorological tower with pyranometers connected to a "datalogger" was installed and instrumented to carry out measurements of global solar radiation and radiation reflected by the surfaces. The average albedo estimated for the cowpea cycle under the conditions of this work was 22% (± 1.03) and it showed a growth with the establishment of the crop in the area, obtaining in the fruiting phase the highest daily albedo of 26,03%. From the 44 (DAS), the behavior of the albedo became constant in the phenological phases of fruiting and maturation with the complete closure of the canopy in the planting area.

KEY-WORDS: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; Reflectance; Global radiation.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma cultura de subsistência com alto valor nutricional e sabor que tem se destacado como uma das culturas mais cultivadas na região Nordeste do Pará, por promover geração de renda, melhorando a qualidade de vida das populações rurais (LIMA et al., 2016).

É uma leguminosa anual, herbácea com boa cobertura do solo, desenvolvendo-se em condições de alta temperatura em solos arenosos, textura média e bem drenados (FREIRE FILHO, 2005).

É necessário conhecer as mudanças pelo modo de uso e cobertura do solo, principalmente em plantas de ciclo curto como o feijão-caupi que expõe à superfície terrestre a incidência solar direta por mais tempo (LOPES et al., 2009).

O albedo é o coeficiente de reflexão da radiação global incidente na superfície terrestre para a atmosfera. É um parâmetro climático que permite conhecer o balanço da radiação e de energia através da modelagem agrometeorológica (ALVES et al., 2014).

Entender o albedo é fundamental para se conhecer, o quanto de radiação que está sendo usado nos fluxos de energia dos variados ecossistemas (SILVA et al., 2005).

Informações sobre albedo são restritas, devido principalmente ao alto custo dos equipamentos utilizados para sua determinação, cujo principal equipamento utilizado em campo usado na captação da radiação global é o piranômetro (LEIVAS et al., 2007).

Assim, o objetivo desse trabalho foi analisar as variações diurnas e diárias no parâmetro climático albedo em uma área de plantio do feijão-caupi em Castanhal, Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Escola de Castanhal-PA (FEC-UFRA), localizada nas proximidades da BR 316 (1°19'24"S 47°57'38"O 41 m de altitude) no município de Castanhal, Nordeste do Estado do Pará, em 2016, numa área de cultivo de feijão-caupi cv. BR3-Tracuateua, em 0,3 hectares, sem sistema irrigação.

O clima da região foi classificado como Ami, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26 °C e as temperaturas máxima e mínima variando entre 35 °C e 20 °C, respectivamente. A umidade relativa do ar em média foi de 80% e precipitação média anual de 2.000 a 2.500 mm. O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico com horizonte B latossólico.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis repetições. Cada parcela tinha 25m² (5x5 m) espaçadas de dois metros. No centro da área de estudo foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica com 3 m de altura.

A radiação solar global incidente e refletida foram as variáveis meteorológicas medidas acima do dossel da cultura, com sensores conectados a um “datalogger” (CR10X, *Campbell Scientific*), sendo realizadas leituras a cada 10 segundos e gravação das médias a cada 10 minutos.

Foram feitas análises diurnas instantâneas e médias entre 25 de setembro e 02 de novembro de 2016, das 06:00 às 18:00 horas.

Como o piranômetro não mede diretamente o albedo (A) foi utilizada a razão entre radiação solar global refletida (R_r) e a incidente (R_g) conforme a Equação 1.

$$A (\%) = \left(\frac{R_r}{R_g} \right) \times 100 \quad (1)$$

O acompanhamento dos estádios fenológicos do feijão-caupi foi realizado diariamente, de acordo com a escala (Tabela 1) proposta por Fancelli e Dourado Neto (2000).

Tabela 1. Fases fenológicas do feijão-caupi e descrição.

Fases fenológicas	Descrição
Crescimento (Vegetativo)	Compreende a germinação até a abertura da terceira folha trifoliada.
Floração	Emissão dos botões até a abertura das primeiras flores.
Frutificação	Aparecimento e enchimento das vagens. Inicia o desfolhamento.
Maturação	As vagens perdem a pigmentação e começam a secar.

Fonte: Fancelli e Dourado Neto (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O albedo médio estimado apresentado na Figura 1 para o ciclo do feijão-caupi nas condições desse trabalho foi de 22% ($\pm 1,03$), variando em um intervalo de 14,11 a 26,03%. O comportamento do albedo desse trabalho está dentro do intervalo estimado por Souza et al. (1999) para o feijão vagem rasteiro cv. Paulista, em Botucatu, São Paulo que variou de 10 a 36%.

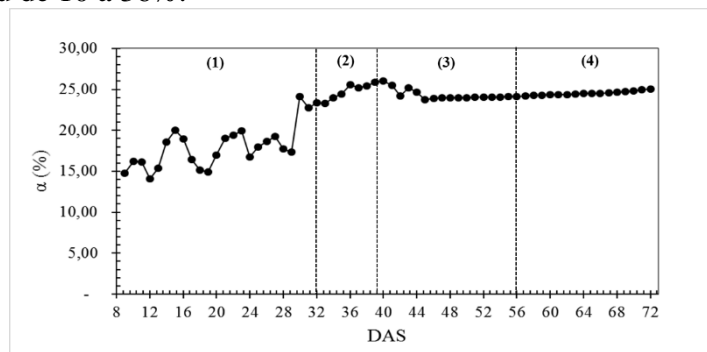


Figura 1. Comportamento médio diurno e diário do albedo durante o ciclo do feijão-caupi em suas fases fenológicas: (1) fase de crescimento; (2) floração; (3) frutificação; (4) maturação, em Castanhal-PA.

Com o início da fase de crescimento (1) aos 8 (DAS), o albedo aumentou na medida em que a cultura foi se estabelecendo na área com o aumento da produção de biomassa junto com o solo, apresentando elevada variação, onde nessa fase foi equivalente a 18,08% ($\pm 0,77$), com o mínimo de 14,11%, e o máximo de 24,11%.

Takaki et al. (2012) estimou o albedo médio de 22% para todo o ciclo do feijão-caupi no Nordeste paraense, com medições realizadas de agosto a outubro de 2011, onde a fase fenológica de floração apresentou o maior valor, corroborando com esse trabalho que apresentou nessa fase um aumento significativo e o segundo maior valor de 25,88%, devido ao incremento de flores na área das folhas da planta potencializando maior área de incidência de radiação. A floração apresentou um albedo médio de 24,81% ($\pm 0,28$) com mínimo de 23,26 e o máximo de 25,88%.

O albedo teve uma ligeira queda com o início da fase fenológica de frutificação (3) devido a redução de flores apresentando o valor médio de 24,34% ($\pm 0,18$), com mínimo de 24,11% e o máximo 26,03%, onde essa fase apresentou o maior albedo durante o ciclo do feijão-caupi, mas logo permaneceu de forma constante até a fase fenológica de maturação (4) que apresentou um albedo médio de 24,51% ($\pm 0,74$) com mínimo de 24,14 e o máximo de 25,07%.

A partir dos 44 (DAS) verificou-se em campo o fechamento completo do dossel, representando o máximo desenvolvimento da cultura. O albedo nessa fase, já era referente à cultura e não ao solo, por isso observou-se pouca variação do albedo médio permanecendo constante nas fases de frutificação e maturação.

CONCLUSÕES

O albedo médio diurno diário estimado para todo o ciclo do feijão-caupi em Castanhal - PA é de 22% com um intervalo de 14,11 a 26,03%.

O maior albedo diário durante o cultivo apresentou-se na fase de frutificação (26,03%).

Nas fases fenológicas de frutificação e maturação com o completo fechamento do dossel aos 44 (DAS), possibilitou um comportamento constante do albedo na área de plantio.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade do quinto autor (processo nº 311145/2013-2). À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

ALVES, T. L. B. et al. Comportamento sazonal do albedo e dos índices de vegetação na bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 07, n. 05, p. 1015-1027, 2014.

ANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.21-54.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 24-30, 2005.

LEIVAS, J. et al. Variação diária do albedo sobre uma superfície vegetada e sobre um lago na estação experimental da UFRGS-RS. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: CBAGRO, 2007.

LIMA, M. J. A. et al. Efeito combinado das variáveis meteorológicas sobre a condutância estomática do feijão-caupi. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 34, n. 4, p. 547-553, 2016.

LOPES, A. A. et al. Avaliação do albedo em áreas agrícolas identificadas a partir de índices de vegetação. **EMBRAPA/CNPM**, Campinas, São Paulo, 2009.

SILVA, B. B. DA; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2005.

TAKAKI, A.Y. et al. Estimativa do albedo e índice de área foliar do feijão-caupi no nordeste paraense. In: XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2012, Gramado, RS. **Anais...** Gramado: CBMet, 2012.

MASSA SECA DE PLANTAS DE CHIA EM DUAS DATAS DE SEMEADURA EM SANTA MARIA, RS

Anderson Rodrigues Nunes¹, Patrícia Carine Hüller Goergen¹, Taís Slim², Isabel Lago³,
Angelica Durigon³

¹Aluno(a) de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, E-mail: andnunesagronomia@gmail.com, patygoergen@hotmail.com; ²Aluna de graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, tais.slim@hotmail.com; ³ Professora do Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, E-mail: isalago03@gmail.com, angelica.durigon@gmail.com.

RESUMO: A demanda por grãos de chia na alimentação humana tem crescido devido os benefícios proporcionados à saúde. Em função disto, há a necessidade de expandir estudos agrônômicos com a cultura, como por exemplo a análise do crescimento da cultura em diferentes datas de semeadura. Assim, este trabalho teve como objetivo caracterizar o acúmulo e a partição de massa seca da parte aérea de plantas de chia até o início do florescimento em duas datas de semeadura em Santa Maria, RS. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. As semeaduras foram em 28/10/2016 e 03/01/2017. A determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) foi realizada a cada 15 dias, selecionando-se 3 plantas por parcela nas quatro repetições. As plantas foram separadas em haste principal, folhas da haste principal, hastes das ramificações e folhas das ramificações, e as amostras foram secas em estufa. Os resultados preliminares apresentados demonstram que a evolução da MSPA até o início do florescimento variou com a data de semeadura, com maior acúmulo de MSPA até o início do florescimento na semeadura de 28/10/2016. A haste principal representou entre 60 e 70% da MSPA acumulada na planta de chia até o início do florescimento.

PALAVRAS-CHAVE: *Salvia hispânica* L.; biomassa; crescimento; semeadura.

BIOMASS OF CHIA PLANTS GROWN IN DIFFERENT SOWING DATES IN SANTA MARIA, RS

ABSTRACT: In recent years, the demand for chia seeds for human food has grown due to health benefits. On that basis, there is a need to expand agronomic studies of the crop, especially on its growth, development and productivity, under the conditions of the State of Rio Grande do Sul. The objective of this work was to evaluate the dry shoot biomass production and partitioning of chia plants sown in different sowing dates in Santa Maria, RS, until the beginning of flowering. The experimental design was a randomized block design with four replications. Seeds were sown on 28/20/2016 and 03/01/2017. The collection of plants to determine the dry shoot biomass mass (MSPA) was done every 15 days, selecting three plants per plot in the four replications. The collected plants were separated in main stem, leaves of the main stem, branches and leaves of branches, and samples were dried in oven. Preliminary results show that the evolution of MSPA until the end of flowering changed with the sowing date, with higher MSPA production for the sowing date of 28/20/2016. The main stem represent around 60-70% of MSPA of chia plants until flowering.

KEY-WORDS: *Salvia hispanica* L.; biomass; growth; seeding.

INTRODUÇÃO

A *Salvia hispânica* L. é uma planta herbácea anual pertencente à família Lamiaceae, nativa da região do México, e tornou-se cada vez mais importante para a saúde e nutrição humana devido ao seu alto teor de ácidos graxos essenciais, fibra alimentar e proteínas (PEIRETTI; GAI, 2009).

A disponibilidade de fatores ecológicos como a temperatura do ar, a radiação solar e o fotoperíodo afetam o crescimento e o desenvolvimento das culturas agrícolas. Assim, variáveis como a duração das fases fenológicas, a estatura, o número final de folhas, área foliar, massa seca e, conseqüentemente, a produtividade de uma cultura podem variar entre regiões, anos e datas de semeadura, em razão das variações nos fatores ecológicos (GADIOLI et al., 2000). Essas informações, associadas ao conhecimento do acúmulo de massa seca, podem orientar a definição da época de semeadura mais adequada para máxima produtividade da cultura (GERALDO et al., 2000).

A chia ganhou destaque na alimentação nos últimos anos e com isso, nas últimas safras, regiões como o oeste Paranaense e noroeste do Rio Grande do Sul começaram a investir no seu cultivo. Os resultados obtidos foram satisfatórios, apesar da falta de informações agrônômicas básicas sobre a cultura (MIGLIAVACCA et al., 2014). Assim, este trabalho teve como objetivo caracterizar o acúmulo e a partição de massa seca da parte aérea de plantas de chia até o início do florescimento em duas datas de semeadura em Santa Maria, RS.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2016/2017 na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29° 43'S, longitude: 53° 43'W e altitude: 95 m). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa Subtropical úmido sem estação seca definida com verões quentes (KUINCHTNER; BURIOL, 2001).

Foram realizadas duas datas de semeadura (28/10/2016 e 03/01/2017), sendo a primeira considerada próximo ao período de semeadura usado pelos produtores (outubro/novembro) no RS e a segunda mais tardia. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas foram compostas por quatro linhas de 3 m cada, com espaçamento de 0,70 m entre linhas. A semeadura foi efetuada em linhas, de forma manual, com profundidade de semeadura de 1 cm (MIGLIAVACCA et al., 2014). Após a emergência foi realizado o raleio para manter uma distância entre plantas de 5 a 6 cm na linha de semeadura, e estabelecer a média de 20 plantas por metro linear.

A coleta de plantas para a determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) foi realizada a cada 15 dias, selecionando-se 3 plantas por parcela nas quatro repetições. As plantas coletadas foram separadas em haste principal, folhas da haste principal, hastes das ramificações e folhas das ramificações. As amostras foram secas em estufa a temperatura de 60 °C, até a obtenção de massa constante. Posteriormente, as amostras foram pesadas e os resultados expressos em grama (g).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas duas datas de semeadura observou-se a exposição das plantas de chia a diferentes condições de temperatura do ar e radiação solar global durante a fase avaliada

(fase vegetativa) (Figura 1). Comparando a evolução do acúmulo de massa seca até o início do florescimento observa-se que a semeadura de 28/10/2016 apresentou um incremento de MSPA mais lento no início do ciclo se comparado a semeadura de 03/01/2017 (Figura 2), o que pode ser atribuído aos menores valores de temperatura do ar nesse período (Figura 1).

Com o avanço do crescimento da cultura observa-se que a semeadura de 03/01/2017 apresentou uma menor MSPA no início do florescimento. Isso pode ser atribuído a diferença na duração da fase vegetativa entre as plantas da semeadura de 28/10/2016 (137 dias) e da semeadura de 03/01/2017 (75 dias). A menor duração da fase vegetativa nas plantas da semeadura de 03/01/2017 caracteriza a resposta da chia como planta de dia curto (JAMBOONSRI et al., 2012) e implicou em menor acúmulo de MSPA nessa época de cultivo em função do menor período para crescimento da planta. Esse resultado condiz com os observados em espécies de dia curto, como por exemplo a soja (GUBIANI, 2005, ZANON et al. 2015). Os resultados apresentados são preliminares e precisam ser aprofundados em outros estudos, pois a menor MSPA no início do florescimento de plantas de chia em semeaduras tardias pode afetar a produtividade da cultura.

Quanto a partição de MSPA entre os diferentes compartimentos da planta (hastes e folhas) pode-se observar que com o crescimento da planta aumenta o percentual de MSPA acumulada em hastes e diminui em folhas (Figura 3). Com relação a massa seca particionada entre haste principal e ramificações, percebe-se que durante todo o período a haste principal representa entre 60 e 70% da MSPA acumulada. No entanto, é importante observar que estes dados são preliminares e precisam ser analisados em conjunto com mais épocas de cultivo.

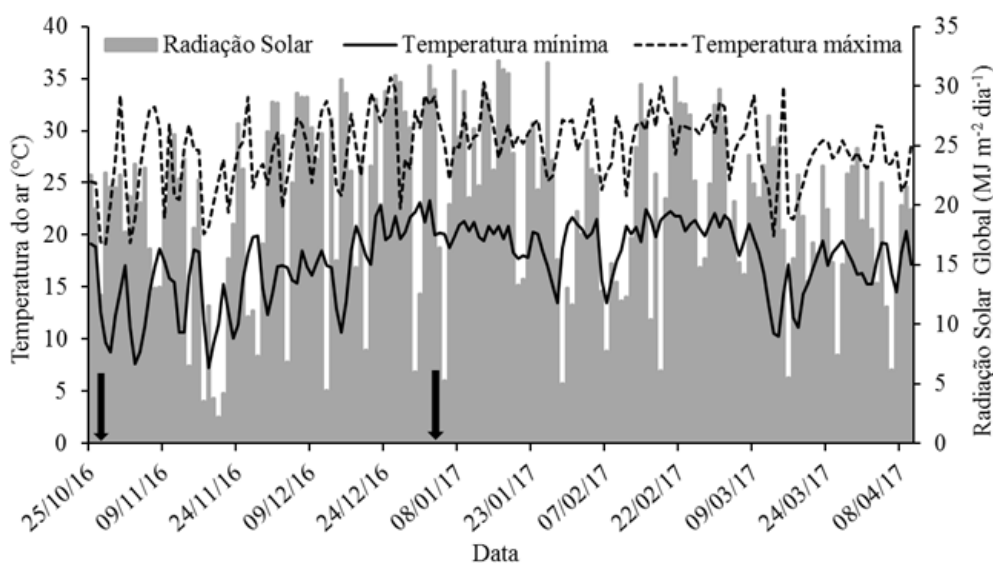


Figura 1. Radiação solar global, temperatura mínima (T_{min} , °C) e máxima (T_{max} , °C) diárias do ar durante o experimento no ano agrícola 2016/2017, em Santa Maria, RS, Brasil. As setas indicam as datas de semeadura da chia.

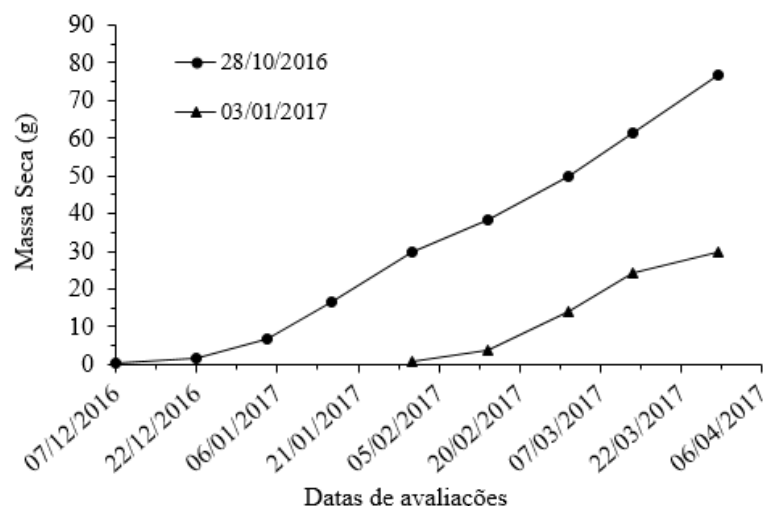


Figura 2. Produção de massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de chia cultivadas até o início do florescimento, em duas datas de semeadura em Santa Maria, RS, Brasil.

CONCLUSÕES

A evolução da MSPA até o início do florescimento varia com a data de semeadura, com maior acúmulo de MSPA no início do florescimento na semeadura de 28/10/2016.

Para as datas de semeadura estudadas a haste principal representa aproximadamente 60 e 70% da MSPA acumulada na planta de chia.

Os resultados apresentados são preliminares e necessitam de maior discussão incluindo outras datas de semeadura.

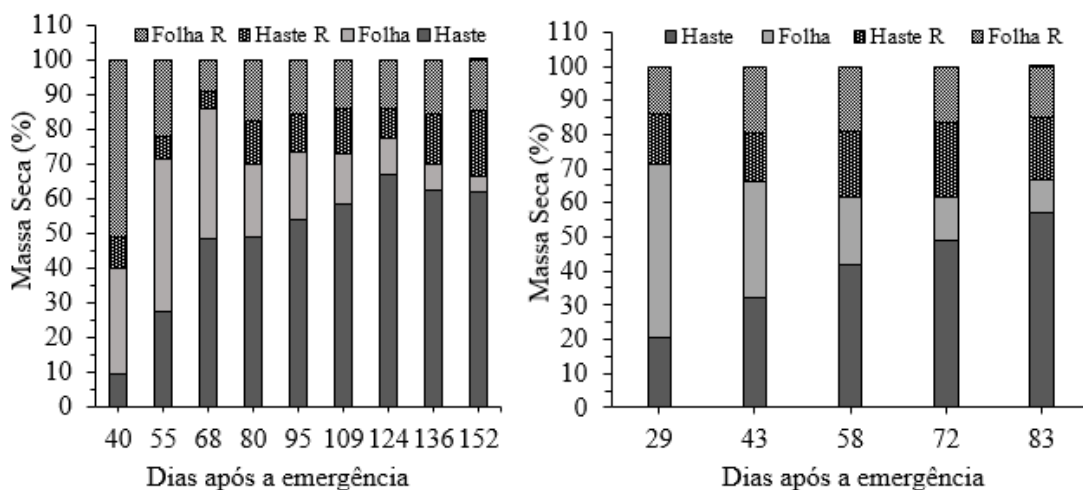


Figura 3. Partição de massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de chia cultivadas até o início do florescimento, em duas datas de semeadura em Santa Maria, RS, Brasil. R = Ramificação.

REFERÊNCIAS

GADIOLI, J. L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, v.57, p.377-383, 2000.

GERALDO, J. et al. Diferenças em crescimento e produção de grãos entre quatro cultivares de milho pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1367-1376, 2000.

GUBIANI, E. I. **Crescimento e rendimento da soja em resposta a épocas de semeadura e arranjo de plantas**. 2005. 77p. Dissertação (Mestrado)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

JAMBOONSRI, W. et al. Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispânica* L.-a new ω 3 source. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.59, n.2, p.171-178, 2012.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, v.2, n.1, p.171-182, 2001.

MIGLIAVACCA, R.A. et al. O cultivo da chia no Brasil: futuro e perspectivas. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, n. especial, p.161-179, 2014.

PEIRETTI, P. G.; GAI, F. Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispânica* l.) seeds and plant during growth. **Animal Feed Science Technology**, v.148, p.267-275, 2009.

ZANON, A. J. et al. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, v. 74, p. 400-411, 2015.

COMPORTAMENTO ESTOMÁTICO DO FEIJÃO-CAUPI SOB DISTINTAS DISPONIBILIDADES HÍDRICA

Denilson Pontes Ferreira¹, Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes², Bruna Souza da Costa³, Igor Cristian de Oliveira Vieira⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁵

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, pontes.agro@gmail.com; ² Doutorando em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, garibalde13@gmail.com; ³ Graduanda em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, brunasouzacosta@outlook.com.br; ⁴ Graduando em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, cristianigor67@gmail.com; ⁵ Prof. Drº em Agrometeorologia, UFRA, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender, principalmente, do estágio de desenvolvimento da planta. Estresses causados pelo ambiente podem provocar o fechamento estomático, declínio da condutância estomática e consequente redução da concentração interna de CO₂ e da taxa fotossintética. Portanto, objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da restrição hídrica na condutância estomática do feijão-caupi no seu estágio reprodutivo. O experimento foi conduzido na Fazenda escola da Universidade Federal Rural da Amazônia, em uma área de 0,3 ha, no período de setembro a novembro de 2016. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com seis repetições e quatro tratamentos durante, que consistiram de diferentes níveis de disponibilidade de água no solo durante a fase reprodutiva: T4_sem irrigação; T3_Irigado com reposição de 25% da água perdida pela evapotranspiração da cultura (ETc); T2_Irigado com reposição de 50% da ETc e T1_Irigado com reposição de 100% da ETc. Os resultados mostram que em decorrência do decréscimo na disponibilidade hídrica no solo, as plantas reduziram a abertura estomática, mostrando que a *g_s* é um indicador do status hídrico na cultura do feijão-caupi.

PALAVRAS-CHAVE: Condutância Estomática, Estádio fenológico, Restrição hídrica.

PHYSIOLOGICAL BEHAVIOR OF COWPEA UNDER HYDRAULIC AVAILABILITIES

ABSTRACT: Water deficiency causes changes in plant behavior whose irreversibility will mainly depend on the stage of development of the plant. Stress caused by the environment can cause stomatal closure, decline of stomatal conductance and consequent reduction of internal CO₂ concentration and photosynthetic rate. Therefore, the objective of this work is to evaluate the effect of water restriction on stomatal conductance of cowpea at its reproductive stage. The experiment was conducted at the School Farm of the Federal Rural University of Amazonia, in an area of 0.3 ha, from September to November 2016. The experimental design was a randomized complete block design with six replications and four treatments during which Of different levels of water availability in the soil during the reproductive phase: T4_sun irrigation; T3_Irigado with 25% replacement of water lost by crop evapotranspiration (ETc); T2_Irigado with replacement of 50% of ETc and T1_Irigado with replacement of 100% of ETc. The results show that as a result of the decrease in water availability in the soil, the plants reduced the stomatal opening, showing that *g_s* is an indicator of water status in cowpea.

KEY-WORDS: Stomatal Conductance, Phenological stage, Water restriction.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi ou feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), é uma leguminosa comestível, dotada de alto conteúdo proteico, presente nas regiões tropicais e subtropicais e amplamente distribuída no mundo (ROCHA; TÁVORA, 2013).

O potencial hídrico da folha é um dos fatores mais importantes que afetam o funcionamento dos estômatos (BERGONCI et al., 2000), de modo que, sua variação na folha pode afetar a assimilação do carbono da planta. Isto porque, se a planta perde água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte, o potencial hídrico da folha diminui, levando ao fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese. Presume-se que nos horários mais quentes do dia a condutância estomática diminua a ponto de evitar que o potencial hídrico da folha desça abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água (COSTA; MARENCO, 2007).

Em plantas de feijão o déficit hídrico diminui a condutância estomática e aumenta a resistência difusiva ao vapor de água, mediante fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, em consequência, o suprimento de CO₂ para a fotossíntese (OLIVEIRA et al., 2005). Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da restrição hídrica na condutância estomática do feijão-caupi no seu estágio reprodutivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia, no município de Castanhal, Nordeste Paraense (01°17'38" S e 47°55'35" W) entre os meses de setembro a novembro de 2016, em uma área de aproximadamente 0,3 ha. O delineamento experimental em blocos ao acaso com seis repetições e quatro tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de disponibilidade de água no solo durante a fase reprodutiva: T4_sem irrigação; T3_Irigado com 25% de reposição da água perdida pela evapotranspiração da cultura (ETc); T2_Repôs 50% da ETc e T1_Repôs 100% da ETc. A irrigação se deu de modo uniforme durante o período vegetativo, com o início dos tratamentos a partir da fase reprodutiva. Foram utilizadas coberturas móveis para no tratamento T4 para evitar a precipitação no experimento.

A lâmina de água aplicada diariamente foi distribuída por meio de um sistema de irrigação por gotejamento. Sendo calculada considerando a evapotranspiração de referência obtida por meio da equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) com os dados obtidos na estação meteorológica do Inmet instalada a 3 km do experimento e multiplicada pelo coeficiente de cultura do feijão-caupi disponível na literatura (BASTOS et al., 2008) a fim de se obter a evapotranspiração da cultura.

Para obtenção das variáveis climáticas foi instalada uma estação meteorológica automática no centro da área experimental, com sensores de radiação solar global incidente, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação pluviométrica e pressão atmosférica. Sendo estes conectados a um datalogger CR1000 (*Campbell Scientific*) e a um multiplexador AM416 (*Campbell Scientific*) com leituras a cada 10 segundos e gravação das médias a cada 10 minutos.

As determinações das taxas de condutância estomática (*gs*) foram realizadas por meio de um analisador de gás infravermelho portátil (IRGA), de sistema aberto, modelo LICOR 6400XT, conforme descrito por Santos Junior et al. (2006). Aos 7, 14, 21 e 28 dias após o início dos tratamentos.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, utilizando para a análise estatística o Software Assistat. Foi realizado um balanço hídrico climatológico

sequencial conforme Carvalho et al. (2001) para quantificação das deficiências impostas pelos tratamentos submetidos a restrição hídrica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento T1 que sempre foi mantido próximo à capacidade de campo em todo ciclo do caupi, apresentou como consequência a manutenção de um maior grau de abertura estomática que os tratamentos restantes. Na comparação do valor médio final de *gs*, ocorreu uma redução de 28% para o T2, de 69% para T3 e de 85% para o T4 (Tabela 1).

As reduções da condutância estomática em plantas submetidas a ciclos de deficiência hídrica estão relacionadas a aumentos da temperatura foliar e diminuições na transpiração foliar. Segundo Batista et al. (2010), cultivares de feijão-caupi submetidas a estresse, ocorrem reduções na transpiração e na condutância estomática, devido a uma diminuição na abertura dos estômatos. Ou seja, com a diminuição de água no solo, reduz a *gs* ocasionando a diminuição das trocas gasosas como resposta da planta a esse estresse.

Tabela 1. Valores médios de Condutância estomática (*gs*) para o experimento com feijão-caupi aos 7, 14, 21, 28 DAIT (Dias Após o Início dos Tratamentos).

<i>gs</i> (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)				
Tratamentos	7 DAIT	14 DAIT	21 DAIT	28 DAIT
T1	712.20 ^a	631.68 ^a	624.68 ^a	547.38 ^a
T2	645.93 ^b	550.76 ^b	415.32 ^b	394.24 ^b
T3	622.43 ^b	470.59 ^c	274.53 ^c	168.31 ^c
T4	443.69 ^c	260.05 ^d	102.58 ^d	82.791 ^d

Letra na coluna: compara os tratamentos no mesmo dia; médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na cultura do feijão-caupi o estágio fenológico R8 corresponde ao período mais sensível, fase que no feijoeiro ocorre a formação e enchimento de grãos. O estresse hídrico nesta fase pode causar danos elevados como, diminuição do número de grãos por vagem, crescimento vegetativo exagerado e grãos com menor massa seca, tendo como consequência diminuição na sua produtividade.

Esses resultados mostram uma relação direta entre a *gs* com o conteúdo de água disponível, ou seja, quanto menor o conteúdo de água na planta, menor será a abertura estomática (Figura 1). A redução da condutância estomática é explicada por Kerbauy (2009) que relata, que quando a planta se mantém em estresse hídrico, manterá seus estômatos fechados para não perder água, em algumas espécies elas mantêm um certo turgor (maior potencial de água), o que é importante características de tolerância a seca.

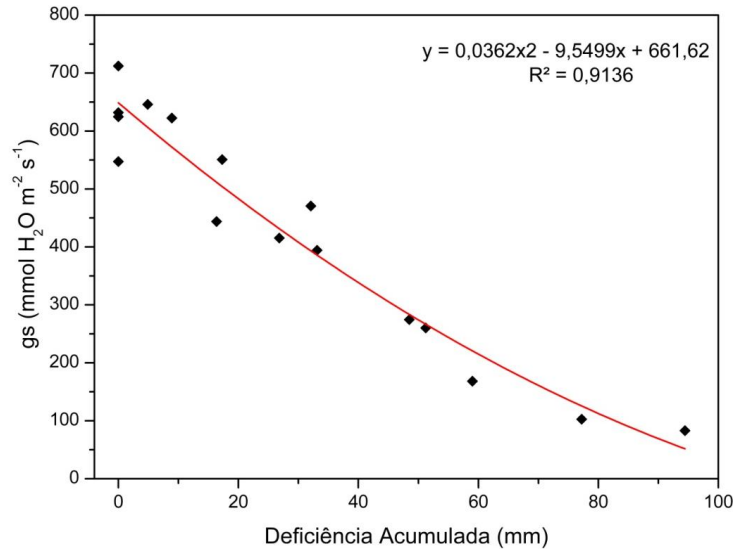


Figura 1. Condutância estomática (g_s), em função da deficiência hídrica acumulada durante a fase reprodutiva.

É possível observar que vários fatores podem atuar sobre os estômatos, mas fica evidente o efeito do estresse causado pela seca sobre este parâmetro, sugerindo que o mesmo pode ser utilizado como indicativo de deficiência hídrica.

CONCLUSÕES

A condutância estomática (g_s) demonstrou uma relação com o conteúdo de água disponível no solo, sendo que quanto maior a deficiência hídrica imposta no solo, menor foi grau de abertura estomática. Apesar da interação de diversos fatores que atuam sobre a g_s , fica evidente o efeito do estresse hídrico sobre esse parâmetro. Logo a g_s é um indicador de deficiência hídrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade (processo nº 31145/2013-2). À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 299p. 1998.

ALVES, A. A.; GUIMARÃES, L. M. da S.; CHAVES, A. R. de M.; DAMATTA, F. M.; ALFENAS, A. C. Leaf gas exchange and chlorophyll a fluorescence of *Eucalyptus urophylla* in response to *Puccinia psidii* infection. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 33, p. 1831-1839, 2011.

BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. M.; SILVA, C. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no vale do Gurguéia, PI. **Revista Irriga**, v.13, p.182-190, Ano 2008.

BATISTA, L. A. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 03, p. 475-481, 2010.

BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35(8): 1531-1540, 2000.

CARVALHO, H. P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R. E. F. E MELO, B. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, 27, 221-229, 2011.

COSTA, G. F. da.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, VOL. 37(2): 229 – 234, 2007.

FRANÇOIS, T. **Relações hídricas e trocas gasosas em plantas de feijão submetidas à Irrigação deficitária**. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2012.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 452 p. 2009.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.86-95, 2005.

ROCHA, D. G. DA F.; TÁVORA, F. J. F. Relações hídricas de plantas em feijão-de-corda submetida à deficiência hídrica na fase vegetativa. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 2968, 2013.

SANTOS JUNIOR, U.M.; GONÇALVES, J.F.C.; FELDPAUSCH, T.R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.226, p.299-309, 2006.

COEFICIENTE DE EXTINÇÃO DA RADIAÇÃO DO MILHO CULTIVADO NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO NORDESTE PARAENSE

Denis de Pinho Sousa¹, Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes², Joao Vitor de Novoa Pinto³, Vandeilson Belfort Moura⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte De Souza⁵

¹Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia, Universidade Federal da Amazônia, Belém, Pará, denisdepinho@agronomo.eng.br; ²Doutorando em Agronomia, Universidade Federal da Amazônia, Belém, Pará, garibalde13@gmail.com ³Mestrando em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, jvitorpinto@gmail.com; ⁴Mestrando em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, vandeilsonbelfort@hotmail.com; ⁵Paulo Jorge de Oliveira Ponte Souza, Professor Doutor em Agrometeorologia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: Com o intuito de gerar subsídios que possam melhorar a simulação da produtividade agrícola através de programas computacionais, este trabalho tem por objetivo determinar o valor de índice de área foliar máximo e o coeficiente de extinção da radiação do milho. O experimento foi realizado durante os meses de fevereiro a maio de 2016, utilizando-se a cultivar de milho AG 1051. No centro da área experimental foi instalada uma estação meteorológica automática, onde foram conectados sensores de radiação PAR incidente e transmitida. O índice de área foliar foi determinado pelo método dos discos e o coeficiente de extinção da radiação (k) foi obtido através da regressão não linear entre a fração de radiação PAR interceptada e o índice de área foliar. Para condições de suprimento hídrico satisfatório, valores da ordem de 3,92 de IAF e 0,40 de coeficiente de extinção da radiação foram encontrados para o genótipo AG1051, podendo estes valores serem adotado para efeitos de simulação de rendimento.

PALAVRAS-CHAVE: índice de área foliar; *Zea mays*; genótipo AG1051.

COEFFICIENT OF EXTINCTION OF CORN RADIATION CULTIVATED IN CLIMATIC CONDITIONS OF THE NORTHEAST PARAENSE.

ABSTRACT: In order to generate subsidies that can improve the simulation of agricultural productivity through computer programs, this work aims to determine the value of maximum leaf area index and the extinction coefficient of the radiation for simulation models for corn, Genotype AG1051, conducted under non-limiting water supply. The experiment was carried out during the months of February to May 2016, using corn cultivar AG 1051. At the center of the experimental area an automatic meteorological station was installed, where incident and transmitted PAR radiation sensors were connected. The leaf area index was determined by the disc method and the extinction coefficient of the radiation (k) was obtained through the nonlinear regression between the PAR radiation fraction intercepted and the leaf area index. For satisfactory water supply conditions, values of the order of 3.92 LAI and 0.40 of the extinction coefficient of the radiation were found for genotype AG1051, and these values could be adopted for the purpose of simulation of yield.

KEY-WORDS: Leaf area index; *Zea mays*; Genotype AG1051.

INTRODUÇÃO

O principal objetivo de diversos pesquisadores e dos produtores que estão diretamente ligados nas tomadas de decisões e implementações de políticas governamentais é a exatidão na previsão da produção agrícola (MOEN et al., 1994), utilizando-se de modelos estatísticos e programas de computador especificamente desenvolvidos para esta finalidade.

Os modelos estatísticos são baseados em series históricas dos dados de produção ou mesmo em informações obtidas durante a safra em curso, podendo gerar desconfiças quanto à estimativa da produção agrícola, em função de não levarem em conta o ataque de pragas e doenças e as variações ambientais como as variações extremas das condições climáticas (JAME & CURTFORTH, 1996), que afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas em campo.

O programa computacional APSIM 5.2 utiliza variáveis ecofisiológicas para estimar a produtividade do milho, todavia, ele utiliza um valor fixo de coeficiente de extinção (k) igual a 0,45, o que pode superestimar ou subestimar a interceptação de luz pelo dossel, já que esse é um parâmetro essencial para a fotossíntese, para a produção de biomassa e consequentemente, para a produção de milho. Logo, esse atributo deve ser considerado em qualquer modelo de simulação, tal como fizeram Jones e Kiniry (1986).

Portanto, este trabalho tem por objetivo determinar o valor de índice de área foliar máximo e o coeficiente de extinção da radiação para modelos de simulação para a cultura de milho, genótipo AG1051, conduzido sob suprimento hídrico não limitante.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante os meses de fevereiro a maio na fazenda escola da Universidade Federal Rural da Amazônia no Município de Castanhal-PA no ano de 2016. A semeadura foi realizada com auxílio da semeadeira do tipo tico-tico utilizando-se a cultivar de milho AG 1051 com espaçamento de 0,9 m entre plantas e 0,4 entre linhas, numa área total correspondente a 0,5 hectare.

No centro da área experimental foi instalada uma estação meteorológica automática, onde foram conectados sensores de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) incidente e transmitida, os quais foram conectados a um Datalogger modelo CR10X (Campbell Scientific, Inc.), que foi programado para realizar leituras a cada 10 segundos, com médias, a cada 10 minutos.

O índice de área foliar (IAF) foi determinado pelo método dos discos, proposto por Benincasa (2003). A fração de radiação PAR interceptada pelo milho a cada dia, foi determinada pela diferença entre a PAR incidente e a PAR transmitida e posteriormente dividida pela PAR incidente, conforme mostra a equação abaixo:

$$fPAR_{inter} = (PAR_{inc} - PAR_{trans}) \div PAR_{inc} \quad (1)$$

Onde:

fPAR_{inter}: fração de radiação fotossinteticamente ativa interceptada

PAR_{inc}: radiação fotossinteticamente ativa incidente

PAR_{trans}: radiação fotossinteticamente ativa transmitida

O coeficiente de extinção da radiação (k) foi obtido através da metodologia proposta por Pengelly et al. (1999), onde foi realizada a regressão não linear entre a fração de radiação fotossinteticamente ativa interceptada (*fPAR_{inter}*) e o índice de área foliar (IAF) (Equação 2). O coeficiente da função exponencial representa o valor da extinção da luz no dossel, de acordo com Monsi e Saeki (1953).

$$fPAR_{inter} = 1 - \exp(-k \cdot IAF) \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 demonstra que a evolução do IAF em função dos dias após a semeadura segue o padrão característico de plantas anuais, onde a estabilização do IAF em torno do valor máximo é atingido, entre o estágio de 12 folhas e o estágio de grão leitoso (84 DAS), no qual neste estudo foi de $3,92 \pm 0,15$, posterior a essa fase, se inicia a queda do IAF e termina no fim do ciclo da cultura (Figura 1). Santos et al (2015) obtiveram em seus experimentos IAF máximo pra cultura do milho de 3,7 aos 82 DAS, próximos do valor encontrado nesse estudo.

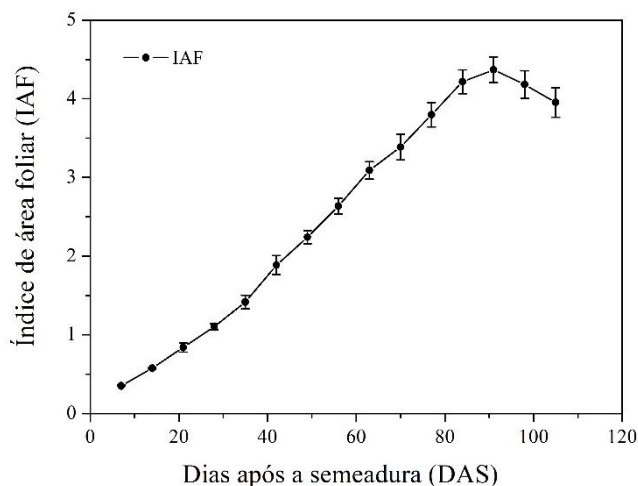


Figura 1. Evolução do índice de área foliar do milho em função dos dias após a semeadura.

A Figura 2, apresenta as relações entre a fração de radiação fotossinteticamente ativa interceptada ($fPAR_{int}$) e o IAF para o milho, onde o coeficiente angular da análise de regressão estabelecida entre as amostras extraídas ao longo do ciclo da cultura, representam o valor médio do coeficiente de extinção da luz (k).

A cultivar de milho AG1051 apresentou coeficiente de extinção da luz, correspondente a $0,40 \pm 0,03$ com R^2 de 0,90. Grande parte dos modelos de crescimento adotam um valor para k superior aos encontrados nessa pesquisa, o CERES-Maize adota um valor de k igual a 0,65 (Kiniry et al., 1997) e o Híbrido-Maize um valor de k igual a 0,55 (Yang et al., 2004).

Os valores encontrados nesse estudo corroboram Detomini et al (2008), que estudando a cultivar DBK 390 encontraram o k médio de 0,43, assim como Flénet et al. (1996), que encontraram para o milho plantado com espaçamento de 0,66m entre fileiras um valor de k igual a 0,39, e para o milho plantado no espaçamento de 1,00 m entre fileiras um valor de k igual a 0,34.

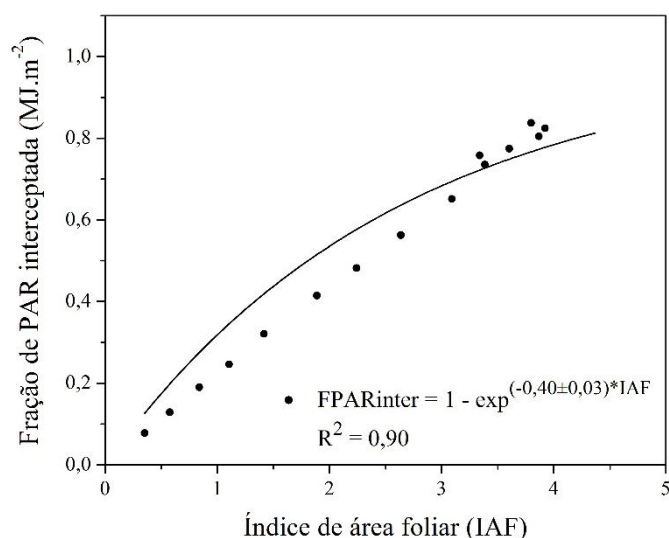


Figura 2. Variação do coeficiente de extinção da luz do milho ao longo do ciclo.

Os valores de k podem variar de acordo com a espécie cultivada, sendo que valores maiores são obtidos quando o arranjo espacial do dossel é mais uniforme, ou seja, possui um maior número de folhas posicionadas horizontalmente (JONES, 1992).

Tesfaye et al. (2006) sugerem que o coeficiente de extinção da luz (k) poderia ser usado como um critério de seleção em leguminosas para grão, afim de identificar cultivares que são capazes de ajustar a sua copa em resposta ao déficit hídrico em diferentes fases de crescimento.

CONCLUSÕES

Para condições de suprimento hídrico satisfatório, valores da ordem de 3,92 de IAF e 0,40 de coeficiente de extinção da radiação foram encontrados para o genótipo AG1051, podendo estes valores serem adotado para efeitos de simulação de rendimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos, ao CNPq pelo apoio à pesquisa (processo n° 483402/2012-5) e pela bolsa de produtividade do último autor (processo n° 311145/2013-2), à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação-Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

BENINCASA, M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: Funep, 41 p. Ano 2003.

DETOMINI, E.R.; MASSIGNAN, L.F.D.; BERNARDES; M.S.; DOURADO NETO, D. Coeficiente de Extinção de Luz para o Híbrido Dkb 390 em dois Níveis de Suprimento de Nitrogênio. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n. 2, p.155-162, 2008.

FLÉNET, F.; KINIRY, J.R.; BOARD, J.E.; WESTGATE, M.E.; REICOSKY, D.C. Row spacing effect on light extinction coefficient of corn, sorghum, soybean, and sunflower. **Agronomy Journal**, v.88, p.185-190, 1996.

- JAME, Y. W.; CURTFORTH, H. W. Crop growth models for decision support systems. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 76, n. 1, p. 9-19, 1996.
- JONES, C. A.; KINIRY, J. R. CERES-Maize: a simulation model of maize growth and development. College Station: A & M University, 1986. 194 p.
- JONES, H. G. Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology. New York: Cambridge University, 428 p. Ano 1992.
- KINIRY, J. R. Evaluation of two maize models for nine U.S. locations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 421-426, 1997.
- MOEN, T. N.; KAISER, H. M.; RIHA, S. J. Regional yield estimation using a crop simulation model: Concepts, methods and validation. **Agricultural System**, Oxford, v. 46, p. 79-92, 1994.
- MONSI, M.; SAEXI, T. Über der Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. **Japanese Journal of Botany**, v.14, p.22-52, Ano 1953.
- PENGELLY, B.C.; BLAMEY, F.P.C.; MUCHOW, R.C. Radiation interception and the accumulation of biomass and nitrogen by soybean and three tropical annual forage legumes. **Field Crops Research**, v.63, p.99- 112, Ano 1999.
- SANTOS, L. R.; SANTOS, J. M. D.; MORAIS, R. B. G. de; CANTARELLI, A. L. D.; SOUZA, J. L. de. Índice de área foliar e produtividade do milho cultivado sob diferentes disponibilidades hídricas. In: **II Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro**. Anais. Campina Grande, Paraíba. Ano 2015.
- TESFAYE, K; WALKER, S.; TSUBO, M. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. **European Journal Agronomy**, Copenhagen, v.25, n. 1, p.60–70, Ano 2006.
- YANG, H.S.; DOBERMANN, A.; LINDQUIST, J.L., WALTERS, D.T., ARKEBAUER, T.J.; CASSMAN, K.G. Hybrid-maize – a maize simulation model that combines two crop modeling approaches. **Field Crops Research**, v.87, p.131- 154, 2004.

DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO EM PLANTAS DE FEIJÃO-CAUPI SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

Denilson Pontes Ferreira¹, Josilene do Carmo Mescouto de Sousa², Bruna Souza da Costa³, Denis de Pinho Sousa⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁵

¹ Mestrando em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, pontes.agro@gmail.com; ² Mestranda em Ciências Florestais, UFRA, Belém, Pará, josimescouto@yahoo.com.br; ³ Graduanda em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, brunasouzacosta@outlook.com.br; ⁴ Doutorando em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, denisdepinho@agronomo.eng.br; ⁵ Prof. Drº em Agrometeorologia, UFRA, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: O déficit hídrico provoca diminuição da produtividade justamente por reduzir e inviabilizar o processo fotossintético, uma vez que a água, componente básico da reação, também é responsável pela manutenção da transpiração e da condutância estomática, essencial para a entrada do gás carbônico no mesófilo foliar. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da fotossíntese no feijão-caupi sob distintas disponibilidades hídricas. O experimento foi conduzido na Fazenda escola da Universidade Federal Rural da Amazônia, em uma área de 0,3 ha, no período de setembro a novembro de 2016. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com seis repetições e quatro tratamentos durante, que consistiram de diferentes níveis de disponibilidade de água no solo durante a fase reprodutiva: T4_sem irrigação; T3_Irigado com reposição de 25% da água perdida pela evapotranspiração da cultura (ETc); T2_Irigado com reposição de 50% da ETc e T1_Irigado com reposição de 100% da ETc. A oferta de água no solo, mostrou ser fator fundamental para o desempenho fotossintético na cultura do feijão-caupi, com o tratamento T1 obtendo os melhores resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Fotossíntese, Deficiência hídrica, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

PHOTOSYNTHETIC PERFORMANCE IN COWPEA PLANTS SUBMITTED TO DIFFERENT WATER SYSTEMS

ABSTRACT: The water deficit causes a decrease in productivity, precisely because it reduces and impedes the photosynthetic process, since water, a basic component of the reaction, is also responsible for the maintenance of transpiration and stomatal conductance, essential for the entry of carbon dioxide into the leaf mesophyll. Therefore, the objective of this work is to evaluate the effect of photosynthesis on cowpea under different water availability. The experiment was conducted at the School Farm of the Federal Rural University of Amazonia, in an area of 0.3 ha, from September to November 2016. The experimental design was a randomized complete block design with six replications and four treatments during which Of different levels of water availability in the soil during the reproductive phase: T4_no irrigation; T3_Irrigated with 25% replacement of water lost by crop evapotranspiration (ETc); T2_Irrigated with replacement of 50% of ETc and T1_Irrigated with replacement of 100% of ETc. The water supply in the soil was shown to be a fundamental factor for photosynthetic performance in cowpea, with T1 treatment obtaining the best results.

KEY-WORDS: Photosynthesis, Water deficiency, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido, popularmente, como feijão-catador, feijão-de-corda ou feijão-macassar é uma cultura de origem africana, sendo considerada uma leguminosa granífera, da família Fabaceae (CRUZ et al., 2012). A produção anual de feijão-caupi no Nordeste brasileiro sofre grande oscilação, em decorrência, principalmente, da deficiência hídrica e irregularidade na distribuição das chuvas (BARROS et al., 2013).

No processo fotossintético, a água é requerida na liberação de prótons e elétrons da etapa fotoquímica, bem como na regulação da abertura estomática, possibilitando a absorção de dióxido de carbono e a mobilização de fotoassimilados (CHAVARRIA; SANTOS, 2012). Nesse sentido, estudos sobre desempenho fotossintético em plantas superiores sob restrição hídrica, tornam-se importantes na tomada de decisões, visando o máximo desempenho das culturas. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da fotossíntese no feijão-caupi sob distintas disponibilidades hídricas.

MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia, no município de Castanhal, Nordeste Paraense (01°17'38" S e 47°55'35" W) entre os meses de setembro a novembro de 2016, em uma área de aproximadamente 0,3 ha. O delineamento experimental em blocos ao acaso com seis repetições e quatro tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de disponibilidade de água no solo durante a fase reprodutiva: T4_sem irrigação; T3_Irrigado com 25% de reposição da água perdida pela evapotranspiração da cultura (ETc); T2_Repôs 50% da ETc e T1_Repôs 100% da ETc. A irrigação se deu de modo uniforme durante o período vegetativo, com o início dos tratamentos a partir da fase reprodutiva. Foram utilizadas coberturas móveis para no tratamento T4 para evitar a precipitação no experimento.

A lâmina de água aplicada diariamente foi distribuída por meio de um sistema de irrigação por gotejamento. Sendo calculada considerando a evapotranspiração de referência obtida por meio da equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) com os dados obtidos na estação meteorológica do Inmet instalada a 5 km do experimento e multiplicada pelo coeficiente de cultura do feijão-caupi disponível na literatura (BASTOS et al., 2008) a fim de se obter a evapotranspiração da cultura.

Para obtenção das variáveis climáticas foi instalada uma estação meteorológica automática no centro da área experimental, com sensores de radiação solar global incidente, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação pluviométrica e pressão atmosférica. Sendo estes conectados a um datalogger CR1000 (*Campbell Scientific*) e a um multiplexador AM416 (*Campbell Scientific*) com leituras a cada 10 segundos e gravação das médias a cada 10 minutos.

As determinações das taxas fotossintéticas (A) foram realizadas por meio de um analisador de gás infravermelho portátil (IRGA), de sistema aberto, modelo LICOR 6400XT, conforme descrito por Santos Junior et al. (2006). Aos 7, 14, 21 e 28 dias após o início dos tratamentos.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, utilizando para a análise estatística o Software Assisat. Foi realizado um balanço hídrico climatológico sequencial conforme Carvalho et al. (2001) para quantificação das deficiências impostas pelos tratamentos submetidos a restrição hídrica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento T1 obteve os melhores resultados em todas as medições durante o período experimental (tabela 1). Na avaliação do valor médio final de A ocorreram reduções de 32% para T2, 57% para T3 e de 74% para T4, em comparação ao tratamento T1.

O decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática, promovendo o fechamento dos estômatos. Esse fechamento bloqueia o fluxo de CO_2 para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados, o que pode reduzir a produtividade (NASCIMENTO, 2009).

Tabela 1. Valores médios de Fotossíntese Líquida (A) para o experimento com feijão-caupi aos 7, 14, 21, 28 DAIT (Dias Após o Início dos Tratamentos).

A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)				
Tratamentos	7 DAIT	14 DAIT	21 DAIT	28 DAIT
T1	36.31 ^a	37.29 ^a	38.39 ^a	32.75 ^a
T2	35.68 ^{ab}	33.41 ^b	31.66 ^b	22.17 ^b
T3	31.76 ^{bc}	29.77 ^c	25.18 ^c	14.22 ^c
T4	28.74 ^c	22.08 ^d	12.72 ^d	8.49 ^d

Letra na coluna: compara os tratamentos no mesmo dia; médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Cordeiro (2012), embora a redução na taxa de perda de água possa representar uma vantagem imediata para prevenir a desidratação do tecido, ela pode afetar diretamente o balanço de calor sensível sobre o vegetal, e ainda a absorção de CO_2 e conseqüentemente a taxa fotossintética. Como isso, há um aumento da temperatura foliar e redução na produção de fotoassimilados, causando diminuição no crescimento e na produtividade da cultura (LOCATELI, 2013).

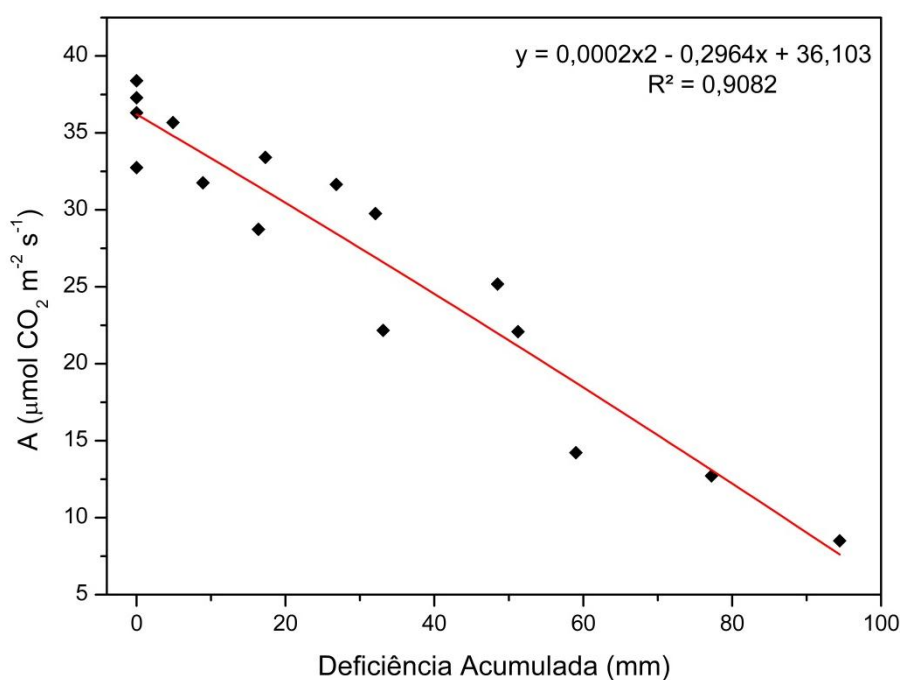


Figura 1. Fotossíntese Líquida (A), em função da deficiência hídrica acumulada durante a fase reprodutiva do ciclo do feijão-caupi.

Essa resposta de decréscimo da taxa fotossintética (figura 11), ocorreu possivelmente em decorrência ao declínio da condutância estomática (g_s), uma vez que a abertura estomática é a principal responsável pela entrada e saída de gases na planta, afeta o processo de ganho fotossintético ao controlar o influxo de CO_2 na planta (LARCHER, 2006). Segundo Kerbauy (2009), quanto maior a falta de água na planta, menor será o grau de abertura dos ostíolos e, conseqüentemente, maior será a resistência à entrada do CO_2 atmosférico, assim as concentrações intrafoliares de CO_2 tendem a diminuir drasticamente.

CONCLUSÕES

A oferta de água no solo, mostrou ser fator fundamental para o desempenho fotossintético na cultura do feijão-caupi, com o tratamento T1 obtendo os melhores resultados, os demais tratamentos seguiram uma tendência natural para a disponibilidade hídrica do solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade (processo nº 31145/2013-2). À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAM).

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 299p. 1998.

BARROS, M. A.; ROCHA, M. M.; GOMES R. L. F.; SILVA, K. J. D. & NEVES, A. C. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi de porte semiprostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 48(4): 403–410, 2013.

BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. M.; SILVA, C. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no vale do Gurguéia, PI. **Revista Irriga**, v.13, p.182-190, Ano 2008.

CARVALHO, H. P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R. E. F. E.; MELO, B. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, 27, 221-229, 2011.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H.P. Plant water relations: absorption, transport and control mechanisms. In: MONTANARO, G.; DICHIO, B. (Org.). **Advances in selected plant physiology aspects**. Rijeka: Intech, 2012. v.1, p.105-132.

CORDEIRO, Y.E.M. **Potencial de uso em recuperação de áreas degradadas: um estudo de três espécies nativas da Amazônia oriental sob dois regimes hídricos**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) -Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2012.

CRUZ, C. S. A.; PEREIRA, E. R. L.; SILVA, L. M. M.; MEDEIROS, M. B. & GOMES, J. P. Repelência do *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) sobre grãos de feijão caupi tratado com óleos vegetais. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos, SP: Rima artes, 2006. 531 p.

LOCATELLI, V. E. R. **Desempenho de feijão-caupi sob lâminas de irrigação cultivado sobre palhada no cerrado de Roraima**. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Roraima, Boa Vista. 2013.

NASCIMENTO, SP do. **Efeito do déficit hídrico em feijão-caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca**. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal do Piauí, Teresina. 2009.

ÍNDICE DE ÁREA DE CLADÓDIO DE PALMA FORRAGEIRA EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO

Leonardo Francelino de Souza¹, Maria Gabriela de Queiroz², Cleber Pereira Alves¹,
Poliana de Caldas Pereira², Thieres George Freire da Silva³

¹Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, leonardo_souza369@hotmail.com, cleberp.alves@hotmail.com, ²Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, mg.gabi@hotmail.com, po.caldas@hotmail.com,

³Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: A resposta produtiva das espécies forrageiras ao déficit hídrico é um tema de grande repercussão, principalmente em cenários de mudanças climáticas. Assim, o objetivo desse trabalho foi analisar a evolução do índice de área de cladódio (IAC) de clones de palma forrageira submetidos a diferentes condições de disponibilidade de água no Semiárido brasileiro. O experimento foi conduzido entre março de 2012 a agosto de 2013, em Serra Talhada, Pernambuco, em delineamento experimental fatorial 3x3x3, com três lâminas de irrigação (2,5; 5,0; 7,5 mm), em três intervalos de aplicação (7, 14 e 28 dias), e três clones de palma forrageira (IPA Sertânia; Miúda; e Orelha de Elefante Mexicana). Para determinar o IAC foram monitorados mensalmente caracteres biométricos dos cladódios, como número, largura, comprimento e perímetro dos cladódios, nas diferentes ordens de surgimento. Não houve interação entre as lâminas e os clones de palma forrageira. A lâmina de 756 mm ano⁻¹ obteve um IAC superior às demais lâminas (1,08 m² m⁻²), porém, se diferenciando apenas da lâmina de 579 mm ano⁻¹ (0,39 m² m⁻²). Já a análise por clones de palma forrageira, permitiram verificar que o clone Orelha de Elefante Mexicana foi superior aos demais (IPA e Miúda), com valores de IAC iguais a 0,98 e 0,53 m² m⁻², respectivamente. Conclui-se que o uso de irrigação influencia positivamente o índice de área do cladódio da palma forrageira. O clone Orelha de Elefante Mexicana se destaca em relação aos clones IPA Sertânia e Miúda, possuindo maiores valores do IAC.

PALAVRAS-CHAVE: Forragem, *Nopalea*, *Opuntia*.

INDEX OF FORAGE PALM CLADODES AREA UNDER WATER DEFICIT CONDITIONS

ABSTRACT: The productive response of the forage species to the water deficit is a subject of great repercussion, mainly in scenarios of climatic changes. Thus, the objective of this work was to analyze the evolution of the cladode area index (CAI) of forage cactus clones submitted to different water availability conditions in the Brazilian semiarid region. The experiment was conducted between March 2012 and August 2013, in Serra Talhada, Pernambuco, in a 3x3x3 experimental design, with three irrigation slides (2.5, 5.0 and 7.5 mm) in three application intervals (7, 14 and 28 days), and three clones of forage cactus (IPA Sertânia, Miúda, and Orelha de Elefante Mexicana). To determine the CAI, biometric characters of the cladodes were monitored monthly, such as number, width, length and perimeter of the cladodes, in the different order of appearance. There was no interaction between the slides and forage cactus clones. The 1 blade of 756 mm year⁻¹ obtained a higher CAI than the other blades (1.08 m² m⁻²), however, differing only of blade 579 mm year⁻¹ (0.39 m² m⁻²). On the other hand, the clonal analysis of cactus forage clones revealed that the Orelha de Elefante Mexicana

clone was superior to the others (IPA and Miúda), with CAI values of 0.98 and 0.53 m² m⁻², respectively. It is concluded that the use of irrigation positively influences the cladode area index of the cactus forage. The clone Orelha de Elefante Mexicana stands out in relation to the clones IPA Sertânia and Miúda, with higher CAI values.

KEY-WORDS: Forage, *Nopalea*, *Opuntia*

INTRODUÇÃO

A região Semiárida se caracteriza por apresentar clima quente e seco, baixos índices de precipitação pluviométrica (300 a 800 mm), e má distribuição de chuva durante o ano, normalmente concentrada em 2 e 4 meses. Estas condições dificultam consideravelmente a atividade agropecuária na região (ALVES et al., 2007).

No setor agropecuário, o cultivo de espécies forrageiras adaptadas a região semiárida ganha destaque, sendo a cultura da palma forrageira de grande importância, devido as suas características de tolerância às altas temperaturas e déficit hídrico prolongado, podendo ser utilizada na suplementação da alimentação animal, resultando em ganhos produtivos para o produtor (NUNES, 2011).

Segundo Queiroz et al. (2015), a produtividade de uma cultura pode ser medida por meio do índice da área foliar (IAF). O IAF fornece informações a respeito da cobertura do solo, competição entre plantas, ocorrência de pragas e aspectos fisiológicos. Para a palma forrageira, os cladódios são os órgãos responsáveis pela atividade fotossintética da palma, podendo assim substituir o IAF pelo IAC (índice da área de cladódio) (SILVA et al., 2014a).

Sendo assim, o presente trabalho objetivou analisar o índice de área de cladódio de três clones de palma forrageira submetidos a baixas lâminas de irrigação no Semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Agronômico de Pernambuco, situado no município de Serra Talhada-PE (7°59' S, 38°15' O e 431 m), Semiárido brasileiro. A classificação do clima da região é do tipo BShw' (Semiárido quente) de acordo com Köppen e o solo da área é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico franco arenoso (SILVA et al., 2014b). O experimento teve duração de março de 2012 a agosto de 2013, perfazendo 534 dias (18 meses).

Antes do cultivo foi realizado o preparo da área experimental, onde foi feita aração e gradagem do solo, como também, adubação nitrogenada com 130 kg ha⁻¹ de ureia e adubação orgânica, usando esterco bovino (3.000 kg ha⁻¹), de acordo com o proposto por Dubeux Jr., Santos e Lira (2006).

No ato do plantio (fevereiro de 2010), os cladódios foram dispostos no espaçamento de 1,6 x 0,2 m (31.250 plantas ha⁻¹). A cultura foi manejada em condições de sequeiro até o seu primeiro corte em fevereiro de 2012 (686 dias após o plantio), conservando apenas o cladódio basal.

Os clones utilizados foram: Orelha de Elefante Mexicana/IPA-200016 (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), IPA-Sertânia (*Nopalea cochenillifera*) e Miúda/IPA-100004 (*Nopalea cochenillifera Salm-Dyck*) que foram dispostas em delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. Foram usadas três diferentes lâminas de água (2,5; 5,0; 7,5 mm) dispostas na parcela, e os respectivos intervalos de reposição de água no solo (7, 14 e 28 dias) na subparcela, e

os três clones de palma forrageira na sub-subparcela. Adjacente aos blocos experimentais foram implantadas nove parcelas (três por clone) para a sua condução sob condição de sequeiro. Para os eventos complementares de irrigação, foi utilizado um sistema pressurizado de irrigação localizada (gotejo) com vazão nominal de 1,25 L h⁻¹ emissor⁻¹ à pressão de 100 kPa.

Durante o período experimental foram realizadas medições biométricas (intervalo de 30 dias), para aquisição das seguintes variáveis: comprimento do cladódio (CC, cm), largura do cladódio (LC, cm), perímetro do cladódio (PC, cm) e número total de cladódios (NTC, unidades) da cultura.

Com os dados obtidos, foi possível calcular a área dos cladódios (AC, m²) de cada clone de palma forrageira e, posteriormente a determinação do índice da área do cladódio (IAC, m²) conforme metodologia indicada por Silva et al. (2014a), para melhor visualização do desenvolvimento da área do cladódio e conseqüentemente uma análise para verificar se o IAF influencia na produtividade da cultura.

Através dos dados adquiridos, foi feito o teste de normalidade, homocedasticidade, e análise de variância pelo teste F para verificar se os dados coletados são significativos ou não, caso sejam significativos e mostrarem uma interação entre as variáveis da cultura, os dados coletados foram submetidos ao teste de média de Tukey, com probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que não houve interação entre os tratamentos (Lâminas X Clones), sendo seus efeitos analisados separadamente.

Em relação ao efeito de lâminas de água sobre o IAC médio da palma forrageira, nos diferentes regimes hídricos, percebe-se que houve diferença significativa entre as lâminas de água ($p < 0,05$). (Tabela 1).

Tabela 1. Índice de área do cladódio (IAC) da palma forrageira sob diferentes regimes hídricos no município de Serra Talhada, PE.

	Regime hídrico (mm ano ⁻¹)									
	493	514	535	536	555	579	586	622	672	756
IAC	0,65 ^{ab}	0,54 ^{ab}	0,74 ^{ab}	0,76 ^{ab}	0,76 ^{ab}	0,39 ^b	0,66 ^{ab}	0,66 ^{ab}	0,55 ^{ab}	1,08 ^a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 5\%$).

A lâmina de 756 mm ano⁻¹ obteve um IAC superior às demais (1,08 m² m⁻²), porém, se diferenciando apenas da lâmina de 579 mm ano⁻¹ (0,39 m² m⁻²). Esse resultado difere dos reportados por Silva et al. (2014a), onde relataram não haver influência dos regimes hídricos sobre o IAC da palma forrageira.

Diversos autores mostram que além da irrigação, outras condições podem influenciar nas variações dos valores de IAC das plantas, como adubação, densidade de plantas e espaçamento de plantio (FARIAS et al., 2007; COSTA et al., 2012; SILVA et al., 2014b; QUEIROZ et al., 2015).

Os demais regimes hídricos (493; 514; 535; 536; 555; 586; 622; 672 mm ano⁻¹) não se diferenciaram entre si, nem entre as lâminas de 756 e 579 mm ($p > 0,05$). Esse resultado pode estar relacionado à pequena diferença de água recebida pelas culturas entre os tratamentos (263 mm de diferença entre a maior e menor lâmina de água). Queiroz et al. (2015) também expõem que o aumento de lâminas de irrigação não proporcionam aumentos significativos no crescimento de clones de palma forrageira.

Quando se analisou apenas o efeito dos três clones de palma forrageira sobre o IAC, foi possível notar que o clone Orelha de Elefante Mexicana (OEM) foi superior aos demais (IPA e Miúda) (Figura 1).

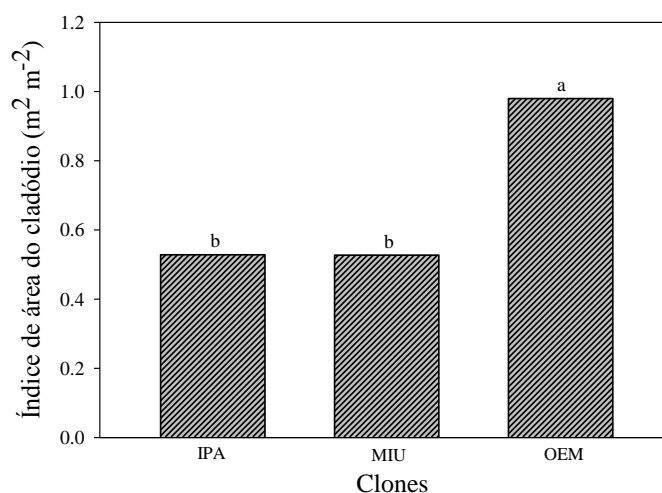


Figura 1. Índice de área do cladódio de clones de palma forrageira no município de Serra Talhada, PE.

O valor de IAC para a OEM esteve em torno de $0,98 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ enquanto que outros clones tiveram desempenhos iguais em $0,53 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Tal comportamento pode estar associado ao gênero das espécies, pois os clones IPA e Miúda, ambos pertencem ao gênero *Nopalea*.

Resultados semelhantes foram encontrados para os 3 clones por (Silva et al., 2014a) em Arcoverde-PE, estes autores observaram que o clone OEM apresentou os maiores IAC quando comparados com os clones Miúda e a IPA Sertânia, porém eles não se diferenciaram entre si ($p > 0,05$). Os resultados ponderaram na produtividade das culturas, a OEM teve $163,0 \text{ t ha}^{-1}$ enquanto que a Miúda teve de produtividade $117,5 \text{ t ha}^{-1}$ e a IPA de $124,3 \text{ t ha}^{-1}$. Os autores ainda destacaram que a Orelha de elefante mexicana apresenta nas condições semiáridas, evolução superior à dos clones Miúda e IPA Sertânia.

CONCLUSÕES

O uso de irrigação influencia positivamente o índice de área do cladódio da palma forrageira. O clone Orelha de Elefante Mexicana se destaca em relação aos clones IPA Sertânia e Miúda, possuindo maiores valores do IAC.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. N. et al. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 38-44, 2007.

COSTA, F. S. et al. Crescimento, produtividade e eficiência no uso da água em bananeira irrigada no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, p.26-33, 2012.

DUBEUX JR., J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A. Productivity of *Opuntia ficusindica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, p. 357-372, 2006.

FARIAS, C. H. A. et al. Índice de área foliar em cana-de-açúcar sob diferentes níveis de irrigação e zinco na Paraíba. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 55, 2007.

NUNES, C. S. Usos e aplicações da palma forrageira como uma grande fonte de economia para o semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 58-66, 2011.

QUEIROZ, M. G. et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.10, p.931–938, 2015.

SILVA, T. G. F. et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.9, n.4, p.633-641, 2014a.

SILVA, T. G. F. et al. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 184-191, 2014b.

FASES FENOLÓGICAS VEGETATIVAS DA PALMA FORRAGEIRA SOB IRRIGAÇÃO E COBERTURA MORTA

Fábio Eráclito da Silva¹, Méry Cristina de Sá Assís¹, Leonardo Francelino de Souza¹, Cleber Pereira Alves¹, Thieres George Freire da Silva²

¹Graduando, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, fabioeraclito@hotmail.com, mcsmenezes@gmail.com, leonardosouza369@hotmail.com, cleberp.alves@hotmail.com, ²Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: A fenologia das espécies agrícolas é informação de grande relevância para adequação do manejo ao longo do ciclo. Objetivou-se avaliar a duração das fenofases vegetativas da palma forrageira e a sua sensibilidade ao manejo agrônomico do uso de irrigação e cobertura morta. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em arranjo fatorial 5x2 com parcela subdividida de cinco lâminas de irrigação com base nos percentuais da evapotranspiração de referência (0%, 25%, 50%, 75% e 100%.ET_o) em dois sistemas de cultivo (com e sem cobertura morta), em quatro repetições, durante o quarto ciclo produtivo. O modelo sigmoide de três parâmetros foi ajustado ao número de cladódios por ordem de surgimento em função dos graus dias acumulados. A derivada deste modelo com seus respectivos parâmetros para cada tratamento foi usada na delimitação das fenofases, assumindo a taxa de emissão de cladódios por ordem. Não houve efeito das lâminas de irrigação e cobertura morta na duração das fenofases da palma forrageira ($p > 0,05$). Durante um ano, houve a ocorrência de quatro fenofases: Fenofase 1 com duração de 340C° dia⁻¹, Fenofase 2 de 1428 C°/dia, e Fenofases 3 e 4 de 250 C°/dia. Conclui-se que, as fenofases vegetativas da palma durante o quarto ciclo não sofreram efeito dos diferentes regimes hídrico e da adoção da cobertura morta.

PALAVRAS-CHAVE: Graus-dia; Fenofases; Semiárido.

VEGETATIVE PHENOLOGICAL PHASES OF PALMA FORRAGEIRA UNDER IRRIGATION AND DEAD COVERAGE

ABSTRACT: The phenology of the agricultural species is information of great relevance for the adequacy of the management throughout the cycle. The objective of this study was to evaluate the duration of vegetative phenophases of forage cactus and its sensitivity to agronomic management of irrigation and mulching. The experimental design was a randomized complete block in a 5x2 factorial arrangement with a subdivided plot of five irrigation slides based on the percentages of reference evapotranspiration (0%, 25%, 50%, 75% and 100%.ET_o) in two cropping systems (with and without mulching) in four replications during the fourth productive cycle. The three-parameter sigmoid model was adjusted to the cladodes number in order of appearance as a function of cumulative degrees. The derivative of this model with its respective parameters for each treatment was used in the delineation of the phenophases, assuming the rate of emission of cladodes in order. There was no effect of irrigation and mulching on the duration of the forage cactus phenophases ($p > 0.05$). During one year, four phenophases occurred: phenophase 1 with duration of 340 °Cday⁻¹, Phenophase 2 of 1428°Cday⁻¹, and Phenophases 3 and 4 of 250°Cday⁻¹. It was concluded that the vegetative phenophase of the forage cactus during the fourth cycle were not affected by the different water regimes and the adoption of mulching.

KEY-WORDS: Degrees-day; Phenophases; Semi-arid.

INTRODUÇÃO

A palma é uma espécie de ocorrência em diversas regiões do mundo (SOUZA et al., 2008). É uma forrageira que expressa desempenho satisfatório em ambientes semiáridos, sendo capazes de suportar grandes períodos de estiagem, devido as suas modificações fisiológicas, anatômicas e estruturais (SILVA et al., 2015).

O estudo da fenologia possibilita entender os avanços morfológicos, tornando possível a adequação do manejo da cultura (PEZZOPANE et al., 2009).

A utilização de cobertura morta melhora as características físico-químico-biológicas do solo (SOUZA; RESENDE, 2003). Por sua vez, Teodoro et al. (2009) afirmam que a irrigação é uma das práticas agrônômicas que busca contribuir de forma positiva para o aumento da produtividade agrícola.

Com base no exposto, objetivou-se analisar a influência de lâminas de irrigação e da adoção da cobertura morta na duração das fases fenológicas vegetativas da palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra, Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, localizado no município de Serra Talhada - PE (latitude: 07° 59' 31" S, longitude: 38° 17' 54" W e altitude: 429m), pertencente a microrregião do Vale do Pajeú, no sertão de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Possui clima do tipo BSw^h, de acordo com a classificação de Köppen, sendo considerado Semiárido, com maiores níveis de chuva durante verão, e os meses mais frios são os mais secos.

O clone de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana IPA-200016 (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), com espaçamento de 1,6 x 0,40 m, foi avaliado, em delineamento utilizado em blocos casualizados (DBC), arranjo fatorial 5x2 com parcelas subdivididas, sendo as lâminas de irrigação com base nos percentuais da evapotranspiração de referência (0%, 25%, 50%, 75%, 100%.ET_o), as parcelas, e dois sistemas de cultivo (com cobertura morta e sem cobertura morta), as subparcelas. A ET_o foi calculada pelo método de Penman Monteith, parametrizado no boletim 56 da FAO. No tratamento com cobertura morta foram colocadas 8,2 ton. ha⁻¹, composta por plantas espontâneas do entorno da área.

A água de irrigação foi proveniente do Açude Saco, e o sistema de irrigação foi o de gotejamento, com gotejadores espaçados a 0,4 m entre si.

Variáveis meteorológicas foram monitoradas ao longo do tempo: temperatura máxima, média, e mínima do ar (°C); umidade relativa do ar (%); velocidade do vento (m s⁻¹); radiação solar global (MJ m² dia⁻¹) e precipitação (mm), a partir de uma estação automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Medidas biométricas de contagem do número de cladódios por ordem de surgimento na planta (basal, 1ª ordem, 2ª ordem, etc.) foram monitoradas no intervalo de 30 dias.

O modelo sigmoide de três parâmetros foi ajustado ao número de cladódios por ordem de surgimento em função dos graus dias acumulados, este calculado com base nos dados de temperatura do ar e temperatura base inferior de 22°C. A derivada deste modelo com seus respectivos parâmetros para cada tratamento foi usada na delimitação das fases fenológicas vegetativas (fenofases), assumindo a taxa de emissão de cladódios por ordem, conforme metodologia de Amorim et al. (2017).

O efeito das lâminas de irrigação e adoção da cobertura morta na duração das fenofases foi testado por meio da aplicação dos dados a testes de normalidade (Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Lilliefors, Jarque-Bera), e ao teste não paramétrico Kruskal-Wallis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as variações ao longo do tempo, enquanto na Tabela 2 as lâminas de irrigação aplicadas. Somando-se a precipitação pluviométrica às lâminas de irrigação, totalizou-se 597,42 mm a 1.056,56 mm, com ETo atingindo 1854,22 mm.

Tabela 1. Precipitação pluviométrica (P), evapotranspiração de referência (ETo), temperatura média do ar (Tm), umidade relativa (URm), temperatura no ponto de orvalho (Tpo), pressão atmosférica (Patm), velocidade do vento a 10 m (u10) e radiação global incidente (Rg) no município de Serra Talhada, PE.

Variáveis Meteorológicas								
Mês-Ano	P (mm)	ETo (mm)	Tm °C	URm %	Tpo °C	Patm hPa	u ₁₀ m/s	Rg MJ/m ² /dia
Novembro-2014	6,1	88,33	26,45	54,81	15,33	955,83	2,19	23,05
Dezembro-2014	21,6	169,48	26,76	51,31	14,96	956,02	2,18	23,17
Janeiro-2015	26,4	180,55	27,16	49,10	14,18	956,60	2,20	23,90
Fevereiro-2015	69,1	140,45	27,14	52,78	15,41	956,02	2,23	21,77
Março-2015	118,3	152,03	26,57	58,67	16,81	955,80	1,86	22,39
Abril-2015	30,5	141,53	26,61	59,16	17,06	956,12	1,99	21,86
Mai-2015	20,8	125,05	26,45	56,10	16,17	957,31	2,33	18,54
Junho-2015	72,9	105,56	24,32	63,43	16,26	959,47	2,72	14,89
Julho-2015	20,4	132,76	23,50	66,00	16,19	959,76	2,79	16,46
Agosto-2015	0	175,37	24,52	53,37	13,21	959,37	3,18	21,29
Setembro-2015	0	185,77	27,01	42,93	11,66	957,84	2,63	23,99
Outubro-2015	0	201,09	27,82	42,35	12,38	957,20	2,93	24,46
Novembro-2015	0	56,25	28,39	39,00	11,60	956,22	2,52	23,83
Soma/Média	386,1	1854,22	26,36	53,00	14,71	957,20	2,44	21,51

Tabela 2. Lâminas de irrigação aplicadas com base na evapotranspiração de referência (ETo) em um cultivo da palma forrageira no município de Serra Talhada, PE.

Mês-Ano	25%.ETo (mm)	50%.ETo (mm)	75%.ETo (mm)	100%.ETo (mm)
Novembro-2014	0	0	0	0
Dezembro-2014	0	0	0	0
Janeiro-2015	29,40	52,05	72,29	92,79
Fevereiro-2015	2,57	4,55	6,33	8,12
Março-2015	21,44	38,27	53,31	68,85
Abril-2015	25,33	44,84	62,27	79,94
Mai-2015	22,03	39,16	54,46	70,12
Junho-2015	12,47	22,08	30,66	39,36
Julho-2015	21,50	38,05	52,85	67,84
Agosto-2015	32,39	57,38	77,86	98,80
Setembro-2015	32,81	58,08	80,67	103,55
Outubro-2015	5,20	9,21	12,79	16,41
Novembro-2015	6,19	9,49	19,63	24,67
SOMA	211,32	373,16	523,12	670,46

Não houve efeito das lâminas de irrigação e da adoção de cobertura morta na duração das fenofases vegetativas da palma forrageira ($p > 0,05$).

Nesta espécie, considera-se o início de uma fase fenológica quando a taxa de emissão de cladódios de uma ordem de surgimento ultrapassa a taxa de emissão de cladódios de uma ordem subsequente, conforme Amorim et al (2017).

No presente estudo, durante um ano, houve a ocorrência de quatro fenofases: Fenofase 1 com duração de $340\text{C}^\circ\text{dia}^{-1}$, Fenofase 2 de $1428\text{C}^\circ\text{dia}$, e Fenofases 3 e 4 de $250\text{C}^\circ\text{dia}$, durante o quarto ciclo produtivo da cultura.

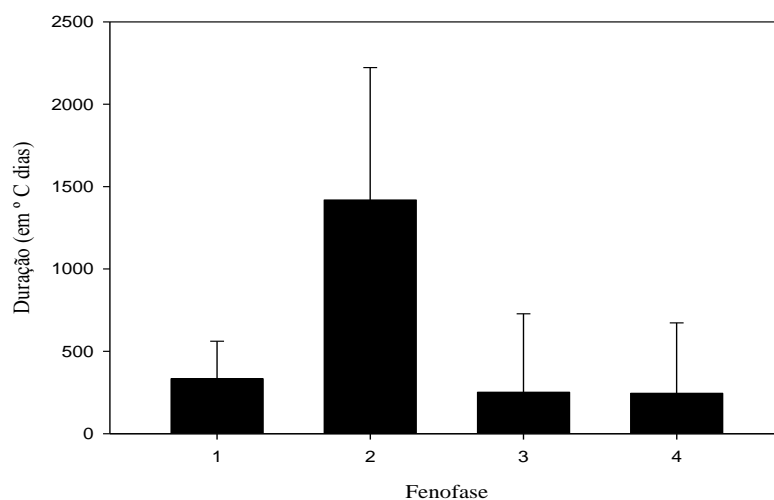


Figura 1. Duração média das fases fenológicas vegetativas da palma forrageira no quarto ciclo produtivo da cultura.

A utilização de irrigação e cobertura morta permite maior emissão dos cladódios da palma. A irrigação é uma prática que visa suprir a demanda de água da planta, em quantidade e qualidade. Por sua vez, a cobertura morta permite a manutenção da umidade do solo e diminui a incidência de ervas daninhas (SOUZA et al., 2003). Embora possuam vários benefícios, a irrigação e cobertura morta não apresentaram efeito na duração das fases fenológicas vegetativas da palma, o que implica inferir que sob regime hídrico de 597,42 mm a 1.056,56 mm, a cultura apresenta boas condições de desenvolvimento. Souza et al. (2008) citam que a palma se desenvolve bem em regiões com 368,4 mm a 812,4 mm de chuva, enquanto Queiroz et al. (2015) afirmam que lâminas de até $1096\text{mm}\text{ano}^{-1}$ favorecem o desenvolvimento da palma forrageira.

CONCLUSÕES

A duração das fases fenológicas vegetativas da palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) no 4º ciclo produtivo não sofreu efeito da irrigação e da cobertura morta.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, D. M. et al. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 1, p. 62-71, 2017.
- PEZZOPANE, J. R.M. et al. Avaliações fenológicas e agronômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana 'Prata anã'. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 701-709, 2007.
- QUEIROZ, M. G. et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 19, p. 931-938, 2015.

SILVA, T. G. F. et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564 p.

SOUZA, L. S. B. et al. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palmaforrageira (*Opuntia* sp.). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 3, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, Documentos, 210, p. 23-28, 2008.

TEODORO, I. et al. Crescimento e produtividade da cana-de-açúcar em cultivo de sequeiro nos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil**, v. 27, n. 4, p. 46-49, 2009.

COBERTURA MORTA NO CULTIVO DA PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA E TAXAS DE EMISSÃO DE CLADÓDIOS

Danielle Morais Amorim¹, Maria Gabriela de Queiroz², Carlos André Alves de Souza³, George do Nascimento Araújo Júnior⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Mestre em Engenharia Agrícola, Petrolina, PE, nielymorais@gmail.com; ²Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, mg.gabi@hotmail.com; ³Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, carlosandre08@msn.com; ⁴Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, georgejunior_91@hotmail.com; ⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: Este estudo objetivou obter as taxas médias de emissão de cladódios da palma forrageira cultivada sob irrigação e com cobertura morta sobre o solo durante seu segundo ciclo produtivo. O delineamento experimental empregado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram no sistema de plantio exclusivo de palma sem cobertura morta (PE) e no sistema de plantio exclusivo de palma com cobertura morta sobre o solo (PEC). A suplementação hídrica via irrigação correspondeu a 8,75% da evapotranspiração de referência (ET_o), sendo esta obtida pela equação de Penman-Monteith, método padrão da FAO. O uso de cobertura morta sobre o solo proporcionou a obtenção de maiores taxas de emissão de cladódios e pode ser uma prática utilizada nos cultivos de palma forrageira a fim de se obter um maior número de cladódios emitidos.

PALAVRAS-CHAVE: *Opuntia*. Irrigação localizada. Evapotranspiração.

MULCH IN FORAGE CACTUS UNDER IRRIGATION AND THE CLADODE PRODUCTION RATE

ABSTRACT: The aim of this study was obtain the cladode production rates on the forage cactus under irrigation and mulch during his second productive cycle. The experimental design consisted of randomized blocks and four replications. The trataments were exclusive cropping of forage cactus without mulch (PE) and exclusive cropping on mulch (PEC). The irrigation depth was 8,75% ET_o. The ET_o was obtain from FAO 56 Penman-Monteith equation. The mulch provided higher cladode production rates. The use of mulch can be a practice used in cropping of forage cactus to obtain a greater cladodes production.

KEY-WORDS: *Opuntia*. Drip irrigation. Evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia* spp.) tem se destacado cada vez mais como um importante recurso alimentar para os rebanhos do Semiárido nordestino, sobretudo nos períodos críticos da região. Sua alta eficiência de uso de água permite seu desenvolvimento nas condições edafoclimáticas locais, sendo relevante a execução de estudos específicos relacionados à cultura (Silva et al., 2014; Lima et al., 2016).

A inserção da tecnologia no cultivo da palma no Brasil tem sido evidenciada pelo uso da irrigação, principalmente nos estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará. Além da irrigação, outra prática importante para o cultivo da palma forrageira em ambiente semiárido é o uso de cobertura sobre o solo. Essa configuração de cultivo promove redução na temperatura do solo, melhorias nas suas características físicas e químicas, além de preservar sua umidade, trazendo assim benefícios aos cultivos irrigados (Santos et al., 2013; Borges et al., 2014).

Na palma, as folhas são pequenas e caducam com a emissão de estruturas vegetativas denominadas cladódios, que se tornam responsáveis pela atividade fotossintética, com gemas capazes de emitir novos cladódios. A depender de sua posição na planta, essas estruturas são classificadas pela ordem de ocorrência ou surgimento em: cladódio basal, cladódio de primeira ordem, cladódio de segunda ordem e assim sucessivamente (Pinheiro et al., 2014, Silva et al., 2015).

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi obter as taxas de emissão de cladódios da palma forrageira cultivada sob irrigação e com cobertura morta sobre o solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Serra Talhada, Pernambuco, em uma área de cultivo de palma forrageira, do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA (Lat. 7° 59' S, Long. 38° 15' O e Alt. 431 m). O período experimental abrangeu o segundo ciclo produtivo da *Opuntia stricta* (clone Orelha de Elefante Mexicana – IPA 200016), de junho de 2012 a junho de 2013.

O clima local corresponde ao tipo BSw^h, conforme a classificação de Köppen, configurando-se como semiárido quente, com elevada evapotranspiração potencial e com baixos índices de precipitação pluviométrica. Durante o período de estudo, os dados meteorológicos foram observados em uma estação meteorológica automática, distante 700 m da área experimental, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

O palmal foi cultivado em um Argissolo Vermelho-Amarelo, em um espaçamento de 1,60 x 0,40 m. O delineamento experimental empregado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram no sistema de plantio exclusivo de palma sem cobertura morta (PE) e no sistema de plantio exclusivo de palma com cobertura morta sobre o solo (PEC). A palma foi cultivada sob irrigação com uma lâmina equivalente a 8,75% da evapotranspiração de referência (ET_o), sendo esta obtida pela equação de Penman-Monteith, método padrão da FAO. As parcelas foram compostas por quatro fileiras, cada uma com 15 plantas, totalizando 60 plantas por parcela. Sua área útil de 14,08 m² consistiu em 22 plantas localizadas nas duas fileiras centrais, marginalizando duas plantas de cada extremidade dessas fileiras. Em outubro de 2012 foi inserida a cobertura morta correspondente a 8,2 t ha⁻¹, visando melhores condições de cultivo. A irrigação foi iniciada em dezembro de 2012, aos 186

dias após o corte – DAC. Até então, foi aplicado no período de junho a novembro de 2012 um total de 583 mm, a fim de garantir o estabelecimento da cultura.

Foram realizadas campanhas biométricas mensais nas quais foram registrados os números de cladódios emitidos por ordem. Os dados foram relacionados aos valores de dias após o corte por análise de regressão. Os modelos sigmóides com $R^2 > 0,90$ e com equações e parâmetros significativos ($p < 0,05$), pelos testes F e t, foram derivados para obtenção das taxas diárias de emissão de cladódios que, por sua vez, foram integradas para obtenção das taxas mensais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A emissão de cladódios foi afetada pela cobertura morta e cladódios de 1^a, 2^a e 3^a ordens foram identificados nos sistemas PE e PEC. As figuras 1 e 2 apresentam os índices das taxas de emissão de cladódios de 1^a ($dC1/dt$) e 2^a ordem ($dC2/dt$), respectivamente, alcançadas durante o período de estudo.

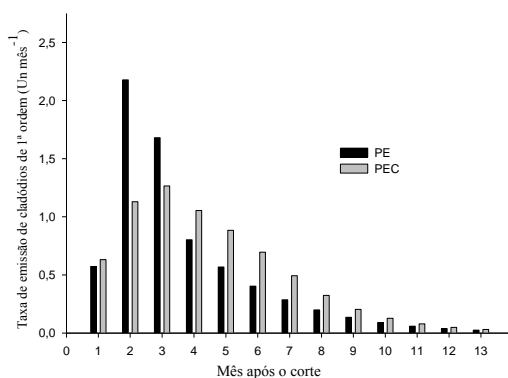


Figura 1. Taxas de emissão de cladódios de 1^a ordem ($dC1/dt$) na palma cultivada sem (PE) e com cobertura morta sobre o solo (PEC).

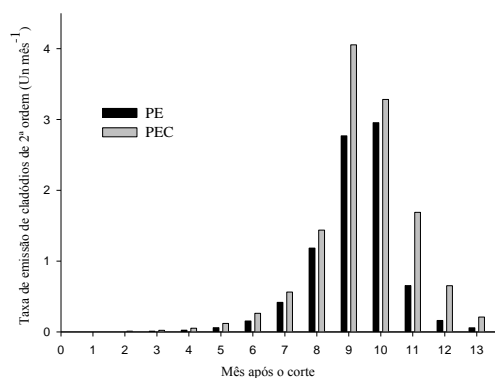


Figura 2. Taxas de emissão de cladódios de 2^a ordem ($dC2/dt$) na palma cultivada sem (PE) e com cobertura morta sobre o solo (PEC).

Nos primeiros meses do segundo ciclo da palma, nos quais há naturalmente a predominância de emissão de cladódios de 1^a ordem, nota-se que a taxa de emissão desses cladódios foi maior no sistema PEC a partir do 4^o mês. No 5^o mês de cultivo, quando houve a inserção de cobertura morta sobre o solo, foi alcançando índice de $0,88 \pm 0,48$ unid mês⁻¹ (Figura 1). Semelhantemente, as maiores taxas de emissão de cladódios de 2^a ordem foram obtidas também no sistema PEC, com $4,05 \pm 2,39$ unid mês⁻¹ (Figura 2). De acordo com Peres et al. (2010), a presença da cobertura morta favorece o armazenamento de água no solo, diminui os efeitos da radiação solar e do vento em sua superfície, refletindo na redução das perdas de água por evaporação. Tal fato contribui para uma disponibilidade de água para as raízes por mais tempo, promovendo a continuidade do desenvolvimento da planta, o que não ocorre nas condições de estresse hídrico, quando há a redução no crescimento da cultura como mecanismo de defesa (Borges et al., 2014).

Quanto aos cladódios de 3^a ordem, o maior índice obtido foi de $1,69 \pm 0,35$ unid mês⁻¹ para o PEC e de $2,85 \pm 0,47$ unid mês⁻¹ para o PE. De acordo com Segantini et al. (2010), cladódios expostos à luz solar são mais férteis. Considerando que houve um maior número de cladódios de 2^a ordem no sistema PEC, provavelmente houve um maior sombreamento entre os tais cladódios resultando em uma menor fertilidade.

No geral, a cobertura morta proporcionou uma maior taxa de emissão de cladódios na palma forrageira, alcançando índices de $2,51 \pm 0,72$ unid mês⁻¹. Já no cultivo PE, o maior índice alcançado foi de $1,40 \pm 0,41$ unid mês⁻¹ (Figura 3).

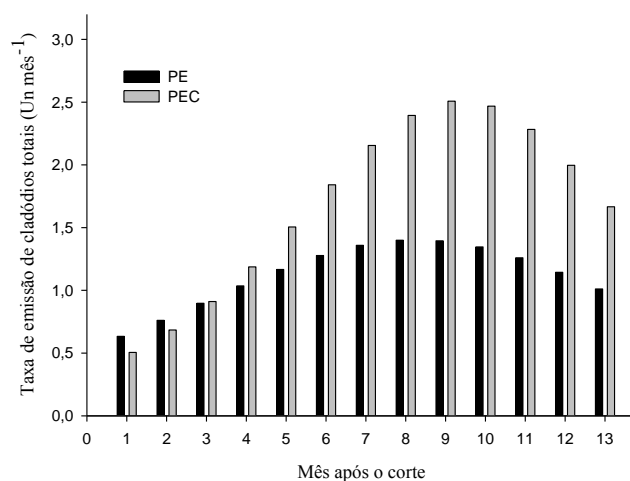


Figura 3. Taxas de emissão de cladódios totais (dCt/dt) da palma cultivada sem (PE) e com cobertura morta sobre o solo (PEC).

As maiores médias nas taxas de emissão de cladódios encontradas para o sistema PEC se sustentam no fato de que o uso de cobertura morta sobre o solo conserva sua umidade, diminui sua temperatura e reduz as perdas de água por evaporação, favorecendo o desenvolvimento da cultura (Oliveira et al., 2005). De acordo com Donato et al. (2014), uma maior disponibilidade de nutrientes pode alterar a expressão das características morfométricas da palma forrageira e essa disponibilidade pode ser promovida pelo uso de cobertura morta sobre o solo.

CONCLUSÕES

O uso de cobertura morta no cultivo da palma forrageira proporcionou a obtenção de maiores taxas de emissão de cladódios. Recomenda-se seu uso a fim de se obter um maior número de cladódios totais na planta.

REFERÊNCIAS

- BORGES, T. K. S. et al. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1862 – 1873, 2014.
- DONATO, P. E. R. et al. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014.
- LIMA, G. F. C. et al. Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 481-488, 2016.

OLIVEIRA, M. L. et al. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n.4, p.535-539, 2005.

PERES, J. G.; Souza, C. F.; Lavorenti, N. A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana-de-açúcar na umidade e na perda de água do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p. 875 - 886, 2010.

PINHEIRO, K. M. et al. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 12, p. 939-947, 2014.

SANTOS, D. C. et al. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 111-121, 2013.

SEGANTINI, D. M. et al. Fenologia da Figueirada-Índia em Selvíria - MS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 630-636, 2010.

SILVA, T. G. F. DA et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Agrária** (Recife. Online), v. 9, p. 633-641, 2014.

SILVA, T. G. F. DA et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no Semiárido e relações com variáveis agrometeorológicas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 10 – 18, 2015.

COMPORTAMENTO TÉRMICO DE UMA GRANJA DE SUÍNOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO ATRAVÉS DO PROGRAMA COMPUTACIONAL *EnergyPlus*TM

Ana Carolina de Sá Silva Lins¹, Silvia Helena Nogueira Turco², Cristiane Dacanal³,
Isabella Gonçalves de Aguiar Gomes⁴, Amélia Carvalho Faustino^{1,5}
^{1,5}Graduandas em Engenharia Agrícola e Ambiental, Univasf, Juazeiro-BA,
ana_carolina_lins@hotmail.com; ameliacar28@gmail.com; ²Prof.^a Associada, Univasf, Juazeiro-BA,
shnturco@gmail.com; ³Prof.^a Adjunto, Univasf, Petrolina-PE, cristiane.dacanal@univasf.edu.br; ⁴
Graduanda em Engenharia Mecânica, Petrolina-PE, isabella_gag@hotmail.com;

RESUMO: Este trabalho retratará o uso do software *EnergyPlus*TM, com auxílio da interface gráfica de usuário *OpenStudio*[®] para uma análise de desempenho térmico de uma granja de suínos localizada no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Petrolina-PE. Os elementos construtivos da instalação são: telha cerâmica, tijolo cerâmico, janelas de alumínio, divisórias e portões de ferro. Foi realizada uma simulação tridimensional com as ferramentas do *OpenStudio*[®] no *Sketchup*, posteriormente foi classificada de acordo com as condições de contorno, tipos de ambientes e zonas térmicas, e depois inseridas as características térmicas dos materiais de construção, cargas internas, taxa de infiltração e rotinas de ocupação. Após modelar a instalação e fornecer todas as condicionantes, foram fornecidos os parâmetros climáticos. A partir dos resultados obtidos pelo programa, foram determinadas as faixas de temperatura e umidade que os animais se encontrarão por horas do ano e, através da análise de dados foi determinado então o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). A partir desses resultados, o programa mostrou que todas as fases estarão expostas a temperaturas fora da faixa de conforto térmico, exceto os leitões desmamados. Foi constatado que os animais ficarão expostos a mais de 90% das horas do ano na faixa de ITU em estresse térmico, porém as fases de gestação, creche e maternidade poderão se encontrar também em condições de emergências. Portanto, conclui-se que é válido o uso da ferramenta para elaboração de projetos com melhor desempenho térmico para instalações agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiência, ITU, instalações, suinocultura, zootécnia.

THERMAL BEHAVIOR OF A PERNAMBUCAN NON-SEMIARID PIG FARM THROUGH THE *EnergyPlus*TM COMPUTATIONAL PROGRAM

ABSTRACT: This paper will present the use of the *EnergyPlus*TM software, with the support of the graphical user interface *OpenStudio*[®] for a thermal and energy performance analysis of a swine farm located in the Agricultural Sciences Campus at Federal University of the San Francisco Valley (UNIVASF), Petrolina-PE. The constructive elements of the installation are: ceramic tile, ceramic brick, aluminum windows, partitions and iron gates. A three-dimensional simulation with the tools of *OpenStudio*[®] in *Sketchup* was first performed, later classified according to the boundary conditions, types of environments and thermal zones, and then inserted the thermal characteristics of the building materials, internal loads, infiltration rate And occupation routines. After modeling the installation and providing all the conditions, the climatic parameters were provided. From the results obtained by the program, it was determined the temperature and humidity ranges that the animals will meet during the year and, through data analysis, the Temperature and Humidity Index (ITU) was

determined. From these results, the program showed that all phases will be exposed to temperatures outside the thermal comfort temperature range, except for weaned piglets. It was verified that the animals will be exposed to thermal stress more than 90% of the hours of the year in the THI range, but the gestation, nursery and maternity phases may also be in emergency conditions. Therefore, the use of the tool for the elaboration of projects with better thermal performance for agricultural installations is valid.

KEY-WORDS: Ambience, installations, THI, swinebreeding, zootechnia.

INTRODUÇÃO

O maior consumidor de carne suína mundial é a China com 45%. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA no ano de 2016 o consumo mundial de carne suína foi de 42,9%, bovina 22,5% e frango 36,6%; no Brasil o consumo de carne suína é de 14,6%, ficando atrás do frango com 46,8% e bovina com 38,6%. O Brasil se encontra em quarto lugar no ranking de produção e exportação, e os principais estados produtores são Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (MAPA, 2016). Dados dos ABCS (2014) indicam que a maior queda na participação foi das regiões Norte e Nordeste, que pode ser explicada pelo baixo consumo regional de carne suína, a falta de grãos e o menor nível tecnológico (das instalações) dos pequenos e médios produtores. Bahia, Ceará, Pernambuco e Alagoas ficaram entre os principais Estados produtores do Nordeste.

Os mecanismos de troca de calor animal com o ambiente são classificados como sensível (condução, convecção e radiação) e latente (evaporação e condensação). Santos Filho et. al. (2011) afirma que essas trocas de calor podem ser influenciadas por diversos fatores, como insolação, principalmente pela cobertura, que de acordo com Sevegnani; Silva (2001) é o maior influenciador de carga térmica e cargas internas. O desconforto térmico é propiciado por um ambiente inadequado que resulta em estresse devido ao esforço realizado pelo animal com a finalidade de manter sua temperatura corporal constante, o suíno é um animal com aparelho termorregulador pouco desenvolvido muito sensível ao calor quando adulto.

Existem vários estudos relacionados ao conforto térmico dos animais que usam de equações ou índices com o intuito de chegar a ótimas condições de conforto térmico, como é o caso dos trabalhos desenvolvidos por Marta Filho (1993) e Sevegnani; Silva. (2001), sendo os mais utilizados: índice de temperatura e umidade (ITU) e o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU). Com o auxílio de ferramentas de simulação, será possível saber quais os períodos críticos de aquecimento e resfriamento nas instalações, orientando o projetista na escolha adequada dos elementos construtivos e das estratégias de ventilação, ou seja, essas escolhas são baseadas na investigação de seu desempenho térmico. A partir dessa premissa, o objetivo desse trabalho é verificar o desempenho térmico de uma granja de suínos localizada no semiárido pernambucano através do programa computacional *EnergyPlus*TM.

MATERIAL E MÉTODOS

EDIFICAÇÃO

A instalação de suínos a ser analisada, fica localizada no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Petrolina-PE, com coordenadas-GMS: -9.321860, -40.560730. Segundo dados climatológicos da Embrapa (2016) o índice pluviométrico médio anual está entre 400 e 600 mm, com temperatura média anual de 26 °C, podendo variar da mínima de 19 °C a máxima de 33 °C, umidade relativa do ar anual entre 60 e 70%, e evapotranspiração média de 8

mm.dia-1. O clima da região é classificado como semiárido quente e seco do tipo BSh, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger.

A instalação possui dois galpões divididos para cada fase dos animais. Um galpão para as fases de gestação, creche e maternidade e outro para as fases de crescimento, terminação, macho e pré cobrição. A mesma foi construída no sentido Leste-Oeste.

Sua estrutura é feita de alvenaria, cobertura de telhas de cerâmica e piso de concreto. Uma parte da sua cobertura, especificadamente a gestação foi pintada de branco. Possuem 20 janelas de alumínio padronizado com 3,44 m de comprimento e 2 m de largura, telas galvanizadas em malha 1x1cm. Pé direito de 3,3 m² e beiral de 1,2 m. Suas áreas estão definidas na Tabela 1, e na tabela 2 a quantidade de animais em cada fase.

Tabela 1. Dimensões da instalação de cada galpão destinado a acomodar os suínos, no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE

Fases	Área (m ²)
Fases de crescimento, terminação, machos e pré-cobrição	129,6
Gestação	65,61
Creche	63,99
Maternidade	84,80

Tabela 2. Capacidade de animais em cada galpão das fases de crescimento, no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE

Fases	Capacidade (animais)
Crescimento e terminação	48
Machos	4
Pré-cobrição	10
Creche	100
Gestação	17
Maternidade	54
Total	233

SIMULAÇÃO TRIDIMENSIONAL

O plug-in *OpenStudio*® para o *Sketchup* necessita que o usuário defina o tipo de edifício, a versão da norma da ASHRAE a ser utilizada e o clima local, onde foi definido como muito quente e seco. A partir da planta baixa disponibilizada pelo setor de infraestrutura da Univasf, pôde-se criar o modelo energético da instalação com as ferramentas do *OpenStudio*® no *Sketchup* (Figuras 1 A, B)

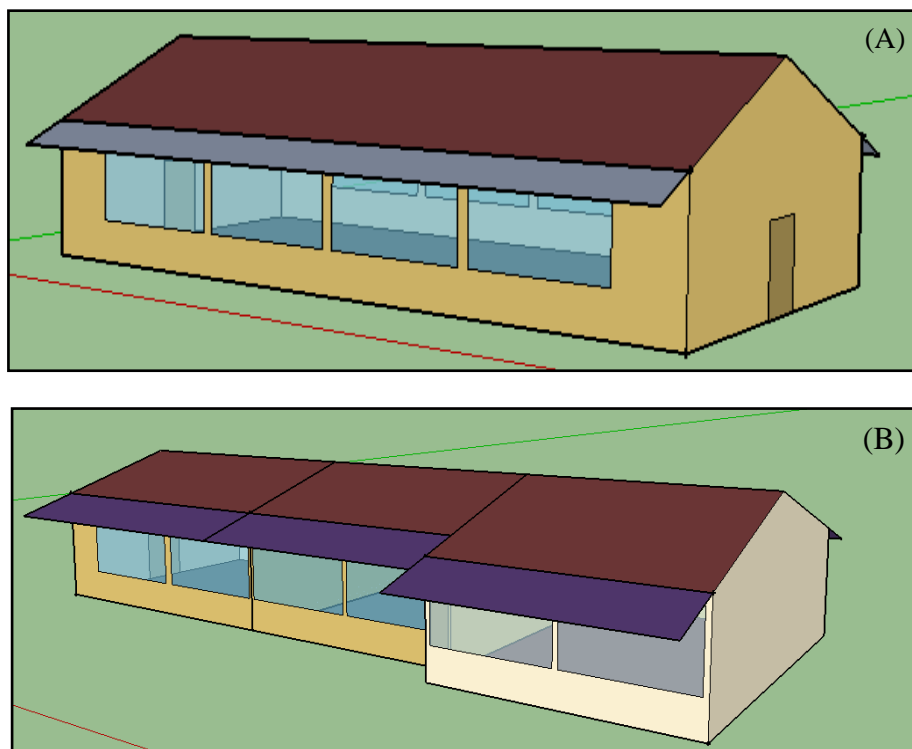


Figura 1. Galpão de crescimento, terminação, macho e pré cobertura Galpão (A) e maternidade, creche e gestação (B).

Foram colocados apenas elementos arquitetônicos que influenciem no balanço energético da instalação, como janelas, aberturas e elementos de sombreamento, como o beiral, que influenciam diretamente as zonas térmicas. A instalação foi georreferenciada pelo Sketchup com as informações disponíveis no Google Earth com todas as informações como a orientação da instalação (Leste – Oeste), bem como sua latitude, longitude e altitude.

Feito a simulação tridimensional, sendo necessário classificar quanto às condições de contorno, os tipos de ambientes e as zonas térmicas. Em relação às condições de contorno, foram levadas em conta quais paredes estarão expostas ao ambiente externo e os internos, sendo de suma importância para os cálculos de troca de calor. Posteriormente divididas em zonas térmicas, onde possibilitou identificar setores que demandarão mais ou menos energia.

MATERIAIS DE CONSTRUÇÕES

Para realizar a análise energética da instalação foi necessária à descrição de toda a estrutura física da edificação, em seguida definiram-se as propriedades dos materiais utilizados no modelo desenvolvido. As características térmicas dos materiais são de suma importância no cálculo da carga térmica, pois influenciam imensamente nas trocas de calor por condução.

As propriedades físicas dos elementos construtivos da instalação estão descritos na Tabela 3 e são especificados na Tabela de Condutividade Térmica desenvolvida pelo Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes e Coberturas do LabEEE -Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.

Tabela 3. Materiais utilizados e suas características térmicas utilizados na edificação, no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE

Componente	Material	Espessura (cm)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade de massa aparente (ρ) [kg/m³]	Calor específico (c) [J/kg.K]
Parede	Tijolo cerâmico	15	0,900	1600	0,920
	Argamassa	2,0	1,15	2000	1,00
	Reboco	2,0	1,15	2000	1,00
Cobertura	Telha cerâmica	0,80	1,05	2000	0,920
Piso	Concreto leve	10	1,75	2400	1,00
Janelas	Alumínio	1,0	204	2600	921
Portões	Ferro	2,0	52,0	7400	461
Divisórias	Ferro	2,0	52,0	7400	461

CARGAS INTERNAS E ROTINAS DE OCUPAÇÃO

As cargas internas são aquelas produzidas nos interiores das edificações, ou seja, o calor liberado pelos equipamentos elétricos, divisórias, iluminação, ventilação, infiltração e ocupantes dos ambientes, que no caso serão os suínos (Tabela 4).

Tabela 4. Cargas internas relacionadas a transferência de calor dos suínos, no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE

Peso (Kg)	Calor Sensível W/suíno	Calor Latente W/suíno	Temperatura da Instalação (°C)
30	80	45	10
	40	90	30
100	180	75	10
	60	125	30

Fonte: Ashrae (2001).

Para a simulação, alguns parâmetros foram levados em consideração, tais como:

-Para o calor sensível e latente dos leitões serão considerados os valores descritos na tabela acima para os animais de peso de 30 kg;

-Para o ambiente da maternidade foi necessário que se leve em conta os escamoteadores, que são lâmpadas que proporcionam o aquecimento para os leitões em períodos mais frios;

-Nas fases da gestação, creche e maternidade foram consideradas as divisórias de ferro, por serem excelentes condutores de calor, apresentam alta condutividade térmica.

Os únicos equipamentos utilizados na instalação são lâmpadas fluorescentes tubulares de potência nominal de 20,00 W e lâmpadas fluorescentes dos escamoteadores para o aquecimento dos leitões de potencia nominal 250,00 W.

Para realizar estudo de conforto térmico dos suínos, devem-se considerar as rotinas de ocupação, relacionando com os ganhos internos da instalação. Como os animais

permanecem na instalação o tempo todo, o cotidiano de ocupação de 24 horas de funcionamento, todos os dias da semana e em todas as estações do ano.

Para a infiltração foi considerada 80% da área da janela, os índices necessários para esse cálculo foram dados pela ASHRAE. Um fator de suma importância relacionadas a construção é a quantidade de animais por área, isso influencia diretamente no desempenho dos animais, portanto é necessária que a instalação atenda requisitos básicos de m² por animal.

DADOS CLIMÁTICOS

Após modelar a instalação e fornecer todas as condicionantes, foi necessário fornecer os parâmetros climáticos, o programa possui um acervo de dados climáticos que incluem condições ambientais horárias ou sub-horárias, podendo-se ser reajustáveis. Esses dados estão disponíveis no site do *EnergyPlus*TM. Foram manipulados três variedades de dados climáticos utilizados pelo programa:

- *EnergyPlus*TM *Weather Data* (arquivo *.epw);
- *Statistics Data* (arquivo *.stat);
- *Design Days Data* (arquivo *.ddy).

DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE CONFORTO

A partir dos resultados de temperatura e umidade obtidos pelo programa foram determinadas as faixas de temperatura e umidade que os animais se encontram por horas do ano. Para caracterizar as condições térmicas do ambiente, foi determinado também o índice de conforto térmico a partir do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que relaciona temperatura de bulbo seco e a umidade relativa do ar pela equação 1 proposta por Buffington, Collier, Canton (1982), posteriormente foram calculadas faixas de ITU, e encontradas as horas do ano em que a instalação permaneceu em cada faixa de ITU proposta por SALES et al. (2006) (Tabela 5).

$$ITU = 0,8 \cdot T_a + \frac{UR}{100} \cdot (T_a - 14,3) + 46,3 \quad (1)$$

Onde:

ITU: índice de temperatura e umidade, adimensional.

T_a: temperatura de bulbo seco (°C);

UR: umidade relativa do ar (%).

Tabela 5. Índices de temperatura e umidade - ITU.

Zonas	Faixa de ITU
Zona de Termoneutralidade	61 < ITU ≤ 65
Zona Intermediária	65 < ITU ≤ 69
Estresse Térmico	69 < ITU ≤ 73

Fonte: Sales et al. (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

TEMPERATURA

A simulação do modelo tridimensional no *EnergyPlus*TM permitiu avaliar o número de horas por ano em que os suínos estão expostos a diferentes faixas térmicas. Por meio da Figura 2 observa-se que animais das fases de crescimento, terminação, machos e pré-cobrição estão expostos à temperaturas superiores a 24°C por mais de 6000 horas ao ano. Comparando os dados obtidos com as observações realizadas por Perdomo et al. (1985), verifica-se que fêmeas vazias e machos possui temperatura de conforto térmico de 17 °C a 21 °C e temperatura crítica superior acima de 25 °C, já os suínos em terminação de 12 °C a 21°C para temperatura de conforto térmico e acima 26°C para temperatura crítica superior.

Levando-se em consideração que o ano possui 7860 horas, esses animais ficarão cerca de 250 dias expostos a essa faixa de temperatura, isso pode ser explicado pelo fato da instalação não possuir sombreamento, apenas um beiral nos lados, portanto a parede de entrada e da saída fica exposta tanto na parte da manhã, quanto na parte da tarde.

Segundo Bridi (2006) nos machos o estresse calórico resulta na queda da libido, diminuição do volume da ejaculado e do número e no aumento de espermatozoides com anomalias. Já nas fêmeas, maior taxa de retorno ao cio, maior taxa de morte embrionária e nascimento de bezerros mais leves. Souza (2004) e Ferreira (2005) afirmam que animais expostos a temperatura crítica superior (TCS) deve dissipar calor, ou seja, colocar em funcionamento seus mecanismos fisiológicos para manter a temperatura corporal constante. Turco et al. (1998) verificaram em seus estudos sobre os efeitos da temperatura na produção de suínos que, quanto mais pesado o animal, maior sua sensibilidade ao calor.

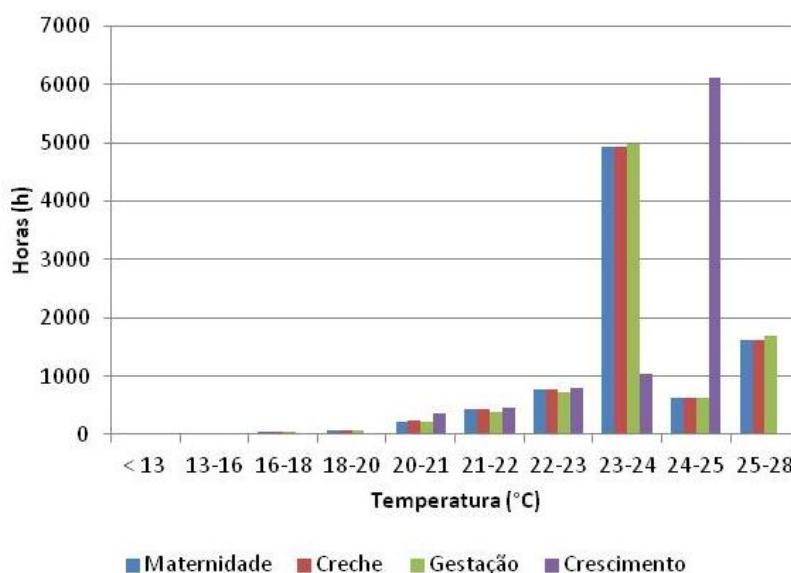


Figura 2. Quantidade de horas em faixas de temperatura para suínos no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE

As fases de maternidade, creche e gestação ficarão expostas por cerca de 5000 horas ou 208 dias na faixa de temperatura 23°C a 24°C e cerca de 1500h ou 62 dias a uma faixa 25°C a 28°C. Isso significa, de acordo com Perdomo et al. (1985), que fêmeas gestantes ficarão expostas próximas ou superiores da temperatura crítica superior que é

de 24°C, lembrando que sua faixa de temperatura de conforto térmico é de 16°C a 19°C. Para fêmeas em lactação a temperatura de conforto térmico é de 12°C a 16°C e crítica acima de 23°C, portanto as porcas nessas fases estarão em um ambiente de estresse, que de acordo com Campos (2008) resulta em diminuição do consumo alimentar e energético, com o intuito de diminuir a produção de calor. Bortolozzo (2011) afirma que em ambientes propícios a estresse térmico, as fêmeas reduzem a produção de leite, prejudicando o desenvolvimento da leitegada e acarretando menor peso da leitegada ao desmame.

Para Perdomo et al. (1985) essa faixa de temperatura de 23°C a 24°C só beneficiaria o conforto térmico apenas para leitões desmamados, portanto todas as três fases mencionadas estarão expostas as temperaturas críticas superiores. Para os recém-nascidos até a desmama, estarão abaixo da temperatura ideal que para os recém-nascidos é de 32°C a 34°C e para os leitões até a desmama é de 29°C a 31°C, porém terão fornecimento de calor através dos escamoteadores.

UMIDADE

A variação da umidade relativa do ar em horas por ano pode ser observada na Figura 3. Segundo o programa, todas as fases poderão ser expostas a cerca de 120h a umidades relativas menores que 40% que de acordo com Leal e Nããs (1992) são consideradas críticas abaixo desse valor e acima de 70%. Quase 3100 horas as fases de maternidade, creche e gestação se encontram a umidade superior 70% e para as outras fases cerca de 2900 horas. Para Bridi (2006) a perda de calor latente (evaporação) depende da porcentagem de umidade relativa do ar, a medida que aumenta a umidade relativa do ar, a perda de calor por evaporação diminui, ressaltando-se que as trocas de energia térmicas do animal para o meio na forma de calor latente são evaporação cutânea e respiratória. Além de diminuírem a ingestão de alimentos e movimentos.

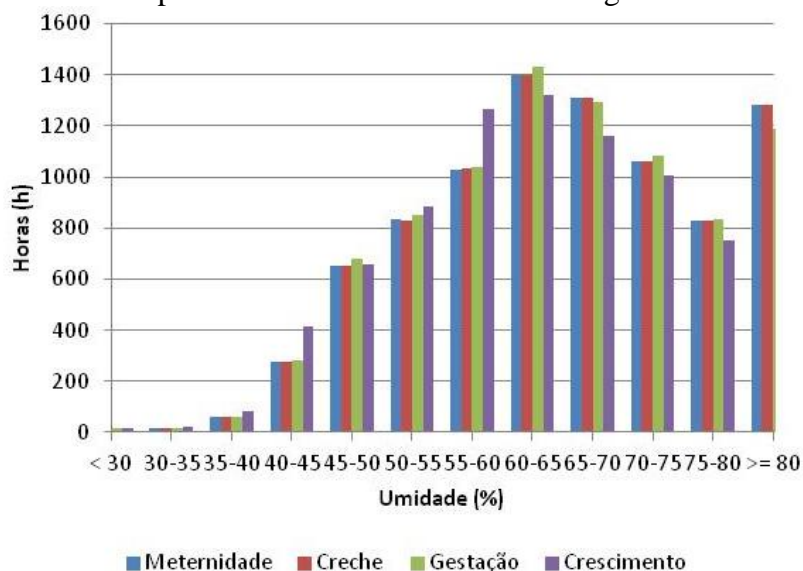


Figura 3. Quantidade de horas do ano em faixas de umidade para suínos, no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE

Segundo Baêta e Souza (2010), a umidade relativa ideal para a produção animal seria de 60 a 70%, observa-se na figura que as fases de creche, gestação e maternidade se encontram mais de 2700 horas nessa faixa de umidade, para as demais fases a

quantidade de horas diminui para 2400 horas no ano, mostrando claramente a necessidade de melhora do ambiente.

ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)

Levando-se em conta que o ano possui 8760 horas, observa-se na Tabela 6 que, mais de 90% das horas do ano, as fases de crescimento, terminação, machos e pré-cobrição se encontrarão na faixa de ITU em estresse térmico e apenas 860 horas em zona intermediária, que Sales et al. (2006) considera que o valor de ITU até 70 em condições de ambiente seguro para o animal.

Tabela 6. Quantidade de horas do ano para cada faixa de ITU em suínos, no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE

Ambiente	<61	61<ITU≤65	65<ITU≤69	69<ITU≤73	>73
Crescimento, terminação, machos e pré-cobrição	-	-	830 horas	7930 horas	-
Maternidade	14 horas	48 horas	306 horas	6152 horas	2240 horas
Creche	14 horas	48 horas	311 horas	6146 horas	2241 horas
Gestação	13 horas	47 horas	294 horas	6104 horas	2302 horas

Mais de 95% das horas do ano as fases de gestação, creche e maternidade se encontrarão nas zonas de estresse térmico ou em condições de emergências. Na maternidade onde se tem a maior dificuldade de um ambiente confortável tanto para as porcas quanto para os leitões, apenas 306 horas no ano esses animais se encontrarão na faixa intermediária, que de acordo com Sales et al. (2006) é uma faixa de conforto térmico para fêmeas e para leitões. Partindo dessa premissa, entende-se que estudar os índices de conforto, tem oportunizado caminhos e estratégias de controle do ambiente térmico, desde o dimensionamento da instalação a sistemas de ventilação e resfriamento.

CONCLUSÕES

O programa mostrou que os suínos das fases de crescimento, terminação, machos e pré cobrição estarão expostos a maior parte do ano a temperaturas próximas da temperatura crítica superior. Para as fases de maternidade, creche e gestação estarão expostos grande parte do ano a uma faixa de temperatura que só beneficiaria o conforto térmico dos leitões desmamados; fêmeas gestantes e em lactação ficarão expostas próximas ou superiores da temperatura crítica superior. Para os recém-nascidos até a desmama estarão abaixo da temperatura de conforto térmico.

Foi constatado que os animais ficarão expostos a mais de 90% das horas do ano as fases de crescimento, terminação, machos e pré-cobrição se encontrarão na faixa de ITU em estresse térmico, e mais de 95% das horas do ano as fases de gestação, creche e maternidade se encontrarão nas zonas de estresse térmico ou em condições de emergências.

A partir dessa premissa, conclui-se que é válido o uso da ferramenta para elaboração de projetos com melhor desempenho térmico para instalações agrícolas.

AGRADECIMENTOS

A UNIVASF pela disponibilidade e estrutura para o desenvolvimento do trabalho, juntamente ao Laboratório de Ambiência da Pós Graduação em Engenharia Agrícola.

REFERÊNCIAS

ABCS – Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Produção de suínos: Teoria e Prática**. Brasília, DF, 2014.

ASHRAE. **Thermal Comfort**. In: ASHRAE Fundamentais. Chapter 8. Atlanta, 2001.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em Edificações Rurais – Conforto Animal. Viçosa, Ed. UFV, 1997. 246p

BRIDI, A. M. **Instalações e Ambiência em Produção Animal**. 2006. Disponível em: Acesso: em 15 mar. 2017.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineers**, 1982. 16 p. (Paper 82-4061).

BORTOLOZZO, F. P. et al. **Estratégias de redução do catabolismo lactacional manejando a ambiência na maternidade**. 2011. Disponível em: <http://suinotec.com.br/arquivos_artigos/Bortolozzo_2010_Estrategias_de_reducao_do_catabolismo_lactacional_manejando.pdf>. Acesso em: 16 de Nov. 2016.

CAMPOS, J. A. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche, Viçosa, p. 187-193, 2008

EMBRAPA SEMIÁRIDO. Laboratório de Agrometeorologia. Dados Agrometeorológicos. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/semiarido/laboratorios/agrometeorologia>>. Acesso em: 28 de dez. de 2016

FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 371p.

LABEEE-Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em : <<http://www.labeee.ufsc.br/ensino/pos-graduacao/ecv4202>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

LEAL, P. M.; NÃÃS I. A. Ambiência animal. In: CORTEZ, L.A.B.; MAGALHÃES, P.S.G. (Org.). **Introdução à engenharia agrícola**. Campinas, SP : Unicamp. 1992. p.121-135.

MAPA- **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/suinos>> Acesso em: 07 set. 2016.

MARTA FILHO, J. **Método quantitativo de avaliação de edificações para animais, através da análise do mapeamento dos índices de conforto térmico**. Botucatu, 1993. 159p. Tese (Doutorado) -- Universidade Júlio de Mesquita/UNESP.

NÃÃS, I.A. **Princípios do conforto térmico na produção animal**. São Paulo, Ícone Editora, 1989. 183 p.

PERDOMO, C. C. et al. **Considerações sobre edificações para suínos**. In: Curso de Atualização sobre a Produção de Suínos, 4, 1985, Concórdia, SC. Anais... Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 1985.

PERDOMO, C. C. et al. Efeito da ventilação natural e mecânica sobre o desempenho de porcas em lactação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p. 691-699, 1999.

SALES, G. T. et al. **Influência do ambiente térmico no desempenho reprodutivo de fêmeas suínas**. In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 35, 2006, João Pessoa . Anais... João Pessoa: CBEA, 2006

SANTOS FILHO, J. I. et al. **35 anos que mudaram a avicultura brasileira**. In: Sonho, Desafio e Tecnologia, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 470 p. 2011.

SILVA, I. J. O.; SEVEGNANI, K. B. **Ambiência e instalações na avicultura de postura**. In: Iran José Oliveira da Silva. (Org.). **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, v. 2, p. 76-149, 2001.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SILVA, I. J. O.; SEVEGNANI, K. B. **Ambiência e instalações na avicultura de postura**. In: Iran José Oliveira da Silva. (Org.). **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, v. 2, p. 76-149, 2001.

SOUSA, P. **Conforto térmico e bem estar na suinocultura**. Lavras: UFLA. 2004

USDA - United States Department of Agriculture. Disponível em: Acesso em: 15 de abril de 2017.

TURCO, S. H. N. et al. Avaliação térmica ambiental de diferentes sistemas de condicionamento em maternidades suinícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 974-98, 1998.

COMPORTAMENTO ENERGÉTICO DE UMA GRANJA DE SUÍNOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO ATRAVÉS DO PROGRAMA COMPUTACIONAL *EnergyPlus*TM

Ana Carolina de Sá Silva Lins¹, Silvia Helena Nogueira Turco², Paulo Gustavo Serafim de Carvalho³, Isabella Gonçalves de Aguiar Gomes⁴, Amélia Carvalho Faustino⁵

¹Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Univasf, Juazeiro, Bahia, ana_carolina_lins@hotmail.com; ²Prof.^a Associada, Univasf, Juazeiro, Bahia, shnturco@gmail.com; ³Prof. Efetivo, Univasf, Petrolina, Pernambuco, pgscarvalho@gmail.com; ⁴Bacharela em Engenharia Mecânica, Petrolina, Pernambuco, isabella_gag@hotmail.com; ⁵Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Univasf, Juazeiro, Bahia, ameliacar28@gmail.com

RESUMO: Este trabalho retratará o uso do software *EnergyPlus*TM, com auxílio da interface gráfica de usuário *OpenStudio*[®] para uma análise de desempenho energético de uma granja de suínos localizada no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Petrolina-PE. Foi realizada uma simulação tridimensional, posteriormente foi classificada de acordo com as condições de contorno, tipos de ambientes e zonas térmicas, e depois inseridas as características térmicas dos materiais de construção, cargas internas, taxa de infiltração, rotinas de ocupação e os parâmetros climáticos. Foram simuladas mudanças na cobertura atual da edificação, supondo beiral maior e utilizando mais dois tipos de telhas: fibrocimento e sanduiche. Com os dados de carga térmica e fluxo de ar de projeto calculado, utilizou-se um resfriador evaporativo modelo BEC 35.000 da marca BASENG, que possui uma eficiência de resfriamento de 80%, vazão máxima de 35000 m³/h, potência de 820 W, que é recomendado para áreas de até 360 m², e com as especificações coletadas foi calculado o custo de energia. E por fim verificar a aplicabilidade do programa para dimensionamento de instalações zootécnicas. A partir dos resultados obtidos, foi percebido que aumentando o beiral houve uma pequena redução na carga térmica, porém não houve alteração nenhuma ao mudar o material da cobertura. A grande redução de carga térmica foi devido a mudança da taxa de infiltração, que a medida em que se diminuíssa taxa, sua carga térmica reduzia significativamente.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiência. Carga. Suinocultura. Instalações. Zootécnicas.

ENERGY BEHAVIOR OF A PERNAMBUCAN SEMI-NARAN PIG FARM THROUGH THE *EnergyPlus*TM COMPUTATIONAL PROGRAM

ABSTRACT: This paper will present the use of the *EnergyPlus*TM software, with the support of the graphical user interface *OpenStudio*[®] for graphical user interface for an energy performance analysis of a pig farm located at the Federal University of the San Francisco Valley (UNIVASF), Petrolina-PE. A three-dimensional simulation was first carried out, later classified according to the contour conditions, types of environments and thermal zones, and then the thermal characteristics of the building materials, internal loads, infiltration rate, and the parameters were inserted. Changes in the current coverage of the building were simulated, assuming a larger eave and using two other types of roofing tiles: fiber cement and sandwich. With the heat load data and calculated design airflow, an evaporative cooler model BEC 35,000 of the BASENG brand was used, which has a cooling efficiency of 80%, maximum flow of 35000 m³ / h, power of

820 W, which is recommended for areas up to 360 m², and with the specifications collected was calculated the cost of energy. Finally, to verify the applicability of the program for the design of zootechnical facilities. From the obtained results, it was noticed that increasing the eave there was a small reduction in the thermal load, but there was no change when changing the cover material. The great reduction of the thermal load was due to the change in the rate of infiltration, as the rate of reduction of that rate reduced its thermal load significantly.

KEY-WORDS: Ambience. Charge. Swine breeding. Installations. Zootechnics.

INTRODUÇÃO

O maior consumidor de carne suína mundial é a China com 45% (FAO, 2016). Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA (2016) o consumo mundial de carne suína foi de 42,9%, bovina 22,5% e frango 36,6%, no Brasil o consumo de carne suína é de 14,6%, ficando atrás do frango com 46,8% e bovina com 38,6%. O Brasil se encontra em quarto lugar no ranking de produção e exportação, os principais estados produtores são Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (MAPA, 2016). Dados dos ABCS (2014) a maior queda na participação foi nas regiões Norte e Nordeste, que pode ser explicada pelo baixo consumo regional de carne suína, a falta de grãos e o menor nível tecnológico (das instalações) dos pequenos e médios produtores. Bahia, Ceará, Pernambuco e Alagoas são os principais Estados produtores do Nordeste.

Os mecanismos de troca de calor animal com o ambiente são classificados como sensível (condução, convecção e radiação) e latente (evaporação e condensação). Santos et. al. (2011) afirma que essas trocas de calor podem ser influenciadas por diversos fatores, como insolação, que de acordo com Silva & Sevegnani (2001) é o maior influenciador de carga térmica e cargas internas. O desconforto térmico resulta em estresse devido ao esforço realizado pelo animal com a finalidade de manter sua temperatura corporal constante, o suíno é um animal com aparelho termorregulador pouco desenvolvido e é muito sensível ao calor quando adulto.

Segundo Esmay (1982) e Silva et al. (1990) a carga térmica de radiação (CTR) simboliza a radiação total recebida pelo globo negro proveniente do ambiente ao seu redor, também se refere ao somatório de todas as formas de calor existente no ambiente, portando o seu cálculo se refere a quantidade de calor sensível e latente que deverá ser removida desse ambiente, proporcionando condições climáticas ideais. Com o auxílio de ferramentas de simulação, será possível identificar os períodos críticos de aquecimento e resfriamento nas instalações, orientando o projetista na escolha adequada dos elementos construtivos e das estratégias de ventilação, sendo essas escolhas baseadas na investigação de seu desempenho térmico. Contudo, o objetivo desse trabalho é verificar o desempenho energético de uma granja de suínos localizada no semiárido pernambucano através do programa computacional *EnergyPlus*TM e sua aplicabilidade para dimensionamento de instalações zootécnicas.

MATERIAL E MÉTODOS

EDIFICAÇÃO

A instalação de suínos localiza-se no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Petrolina-PE. Segundo Embrapa (2010) o índice pluviométrico médio anual está entre 400 e 600 mm, com temperatura média anual de 26 °C, podendo variar da mínima de 19 °C a máxima de 33 °C. Possui umidade relativa anual entre 60 e 70%, com evapotranspiração média de 8 mm.dia⁻¹.

Classificado como semiárido quente (do tipo BSh na classificação climática de Köppen-Geiger).

A instalação possui dois galpões, divididas por fases (Figura 1). Um galpão para as fases de gestação, creche e maternidade e outro para as fases de crescimento, terminação, macho e pré-cobrição.



Figura 1. Instalação de Suínos. Fonte: Torres (2014).

A instalação foi construída no sentido Leste-Oeste. Sua estrutura é feita de alvenaria, cobertura de telhas de cerâmica e piso de concreto. Uma parte da sua cobertura, especificadamente a gestação foi pintada de branco. Possuem 20 janelas de alumínio padronizado com 3,44 m de comprimento e 2 m de largura, telas galvanizadas em malha 1x1cm. Pé direito de 3,3 m² e beiral de 1,2 m. Suas áreas estão definidas na tabela 1.

Tabela 1. Dimensões da instalação.

Fases	Área (m ²)
Fases de crescimento, terminação, machos e pré cobrição	129,6
Gestação	65,61
Creche	63,99
Maternidade	84,80

Fonte: Autor.

Um fator de suma importância relacionadas a construção é a quantidade de animais por área, isso influencia diretamente no desempenho dos animais. A instalação tem capacidade para 233 animais, o dimensionamento foi feito levando-se em conta a área por m² indicado para cada fase. A Tabela 2 mostra sua capacidade por fase.

Tabela 2. Capacidade de animais na instalação por fases.

Fase	Capacidade (animais)
Crescimento e terminação	48
Machos	4
Pré-cobrição	10
Creche	100
Gestação	17
Maternidade	54
TOTAL	233

Fonte: Autor.

SIMULAÇÃO TRIDIMENSIONAL

Foi definido o tipo de edifício, a versão da norma da ASHRAE a ser utilizada e o clima local, onde foi escolhido como muito quente e seco. A partir da planta baixa disponibilizada pelo setor de infraestrutura da Univasf, pôde-se criar o modelo energético da instalação com as ferramentas do *OpenStudio® no Sketchup* (Figuras 2 e 3)

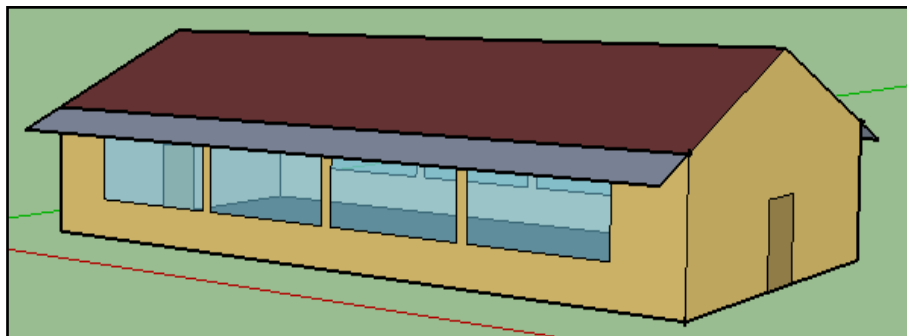


Figura 2. Galpão 1- Crescimento, terminação, macho e pré cobertura. Fonte: Autor.

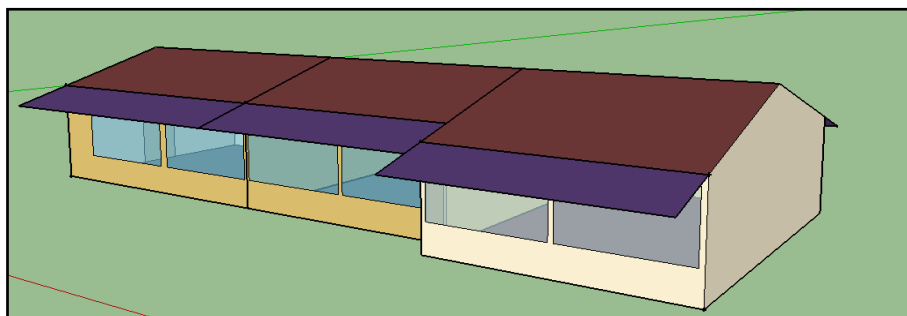


Figura 3. Galpão 2- Maternidade, creche e gestação. Fonte: Autor.

Foram colocados apenas elementos arquitetônicos que influenciem no balanço energético da instalação, como janelas, aberturas e elementos de sombreamento, como o beiral, que influenciam diretamente as zonas térmicas. A instalação foi georreferenciada pelo *Sketchup* com as informações disponíveis no *Google Earth* com todas as informações como a orientação da instalação (Leste – Oeste), bem como sua latitude, longitude e altitude.

Feita simulação tridimensional, foi necessário classificá-la quanto às condições de contorno, os tipos de ambientes e as zonas térmicas. Em relação às condições de contorno, foram levadas em conta quais paredes estarão expostas ao ambiente externo e os internos, sendo de suma importância para os cálculos de troca de calor. Posteriormente divididas em zonas térmicas, identificou-se os setores que demandarão mais ou menos energia.

MATERIAIS DE CONSTRUÇÕES

Para realizar a análise energética da instalação foi necessário a representação de toda a estrutura física da edificação, em seguida definem-se as propriedades dos materiais utilizados no modelo desenvolvido. As características térmicas dos materiais são de suma importância no cálculo da carga térmica, pois influenciam imensamente nas trocas de calor por condução.

As propriedades físicas dos elementos construtivos da instalação estão descritos na Tabela 3 e são especificados na Tabela de Condutividade Térmica desenvolvida pelo

Tabela 3. Características térmicas dos materiais.

Componente	Material	Espessura (cm)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade de massa aparente (ρ) [kg/m³]	Calor específico (c) [J/kg.K]
Parede	Tijolo cerâmico	15	0,900	1600	0,920
	Argamassa	2,0	1,15	2000	1,00
	Reboco	2,0	1,15	2000	1,00
Cobertura	Telha cerâmica	0,80	1,05	2000	0,920
Piso	Concreto leve	10	1,75	2400	1,00
Janelas	Alumínio	1,0	204	2600	921
Portões	Ferro	2,0	52,0	7400	461
Divisórias	Ferro	2,0	52,0	7400	461

Fonte: LabBEE. Adaptado pelo autor.

CARGAS INTERNAS E ROTINAS DE OCUPAÇÃO

As cargas internas são aquelas produzidas nos interiores das edificações, ou seja, o calor liberado pelos equipamentos elétricos, divisórias, iluminação, ventilação, infiltração e ocupantes dos ambientes, que no caso serão os suínos.

Para a simulação alguns parâmetros foram levados em consideração, tais como:

- Para o calor sensível e latente dos leitões serão considerados os valores descritos na tabela acima para os animais de peso de 30 kg (Tabela 4);
- Para o ambiente da maternidade foi necessário que se leve em conta os escamoteadores, que são lâmpadas que proporcionam o aquecimento para os leitões em períodos mais frios.
- Nas fases da gestação, creche e maternidade foram consideradas as divisórias de ferro, por serem excelentes condutores de calor, apresentam alta condutividade térmica.

Tabela 4. Cargas internas relacionadas a transferência de calor dos suínos.

Peso (Kg)	Calor Sensível W/suíno	Calor Latente W/suíno	Temperatura da Instalação (°C)
30	80	45	10
	40	90	30
100	180	75	10
	60	125	30

Fonte: Ashrae (2001). Adaptado pelo autor.

Os únicos equipamentos utilizados na instalação são lâmpadas fluorescentes tubulares de potência nominal de 20,00 W e lâmpadas fluorescentes dos escamoteadores para o aquecimento dos leitões de potência nominal 250,00 W.

Para realizar um estudo do conforto térmico dos suínos, devem-se considerar as rotinas de ocupação, relacionando com os ganhos internos da instalação. Como os

animais permanecem na instalação o tempo todo, o cotidiano de ocupação utilizado foi de 24 horas de funcionamento, todos os dias da semana e em todas as estações do ano. Para a infiltração foi considerada 80% da área da janela, os índices necessários para esse cálculo foram dados pela ASHRAE.

DADOS CLIMÁTICOS

Após modelar a instalação e fornecer todas as condicionantes, foi necessário fornecer os parâmetros climáticos. O programa possui um acervo de dados climáticos que incluem condições ambientais horárias ou sub horárias, podendo-se ser também reajustáveis. Esses dados estão disponíveis no site do *EnergyPlus*TM. Foram manipulados três variedades de dados climáticos utilizados pelo programa:

- *EnergyPlus*TM *Weather Data* (arquivo *.epw);
- *Statistics Data* (arquivo *.stat);
- *Design Days Data* (arquivo *.ddy).

SIMULAÇÃO PARA ALTERAÇÕES PROPOSTAS

Tendo em vista a redução do consumo de energia elétrica pela edificação, através da eficiência energética, foram simuladas mudanças na cobertura atual da edificação. Seu sombreamento também foi alterado, foi proposto um beiral de 2m e taxas de infiltração de 10%, 30% e 50%. Suas propriedades físicas estão descritas na tabela abaixo

Tabela 5. Características térmicas dos materiais.

	Material	Densidade de massa aparente (ρ) [kg/m ³]	Condutividade térmica (λ) [W/m.K]	Calor específico © [J/kg.K]
Beiral de 2m	Cerâmica	2000	1,050	0,920
	Fibrocimento	1900	0,9500	0,840
	Poliestireno expandido moldado	20	0,0160	1,42

Fonte: LabBEE. Adaptado pelo autor.

Posteriormente, os resultados foram analisados comparando-se com os obtidos da simulação da edificação do modelo atual, com o propósito de verificar qual alteração iria ter maior influência no consumo de energia.

RESFRIAMENTO E CUSTO DE ENERGIA

A partir dos dados fornecidos pelo programa de fluxo de ar de projeto calculado e da sua carga térmica de refrigeração, pode-se então escolher o modelo mais adequado de resfriador evaporativo para a instalação em estudo.

Para uma simulação de custo de energia foi escolhido um modelo BEC 35.000 da marca BASENG (Figura 4). Esse modelo possui uma eficiência de resfriamento de 80%, vazão máxima de 35000 m³/h, potência de 820 W e é recomendado para área de até 360 m².



Figura4. Modelo do resfriador evaporativo utilizado. Fonte: <http://www.basenge.com.br/resfriadores-ar>.

A partir das especificações do resfriador evaporativo e da quantidade utilizada para resfriar a instalação, adotando-se 8h diárias de uso, todos os dias no mês, determinou-se o custo de energia com base no custo hora fornecido pela concessionária de energia da região do estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

REULTADO DO *ENERGYPLUS*TM PARA CARGA TÉRMICA

Observa-se na Tabela 6 que as fases de crescimento, terminação, machos e pré-cobrição apresentaram um maior valor de carga térmica em comparação com as demais áreas, além de não possuir sombreamento ao redor, possui maior superfície das paredes, maior taxa de infiltração, levando-se em conta suas oito janelas, portanto essa entrada de ar externo adiciona carga térmica sensível ou latente.

Tabela 6. Resultado de carga térmica total.

Ambiente	Carga térmica (TR)	Fluxo de Ar de Projeto Calculado (m ³ /h)
Crescimento, terminação, machos e Pré-cobrição.	49,38	61739,99
Maternidade	24,97	31258,79
Creche	24,98	31280,40
Gestação	25,77	32259,59

Fonte: *EnergyPlus*TM. Adaptado pelo autor.

Trocar o ar significa renovar todo o ar contido no ambiente por hora, portanto teremos o calor do ar exterior aumentando o do ar do recinto. Sua fachada encontra-se em contato com o sol a todo tempo, o que aumenta o ganho de calor devido à condução. Segundo Bortolozzo et al. (2011), o animal ganha ou perde calor por condução através de contato direto com substâncias frias ou quentes, incluindo o ar, a água e materiais sólidos, como exemplo o contato do animal com o piso da baia.

O *EnergyPlus*TM informa essa carga térmica e o fluxo de ar para o pior dia encontrado, sendo os valores de carga máxima de resfriamento de pico no dia 21 de fevereiro às

15:00h e de aquecimento dia 21 de julho às 19:00h. A maioria das edificações com uma ou mais faces expostas ao exterior apresentam a carga de pico entre 13 h e 18 h. A menor carga térmica encontrada é da maternidade, isso se dá pelo contato do sol apenas no período da manhã, visto que sua fachada se encontra virada para o horizonte Leste, diferentemente da gestação que possui sua fachada virada para o Oeste, portanto se encontra exposta as maiores temperaturas do dia.

Tabela 7. Perfil de carga mensal fases de crescimento, terminação, machos e pré-cobrição.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura exterior média de bulbo seco (°C)	27,7	28,7	27,2	26,8	26,4	25,0	24,2	25,3	27,1	28,2	28,1	26,9
Carga de resfriamento (MBtu)	187	205	166	123	130	69	90	57	147	208	197	148
Carga de aquecimento (MBtu)	0	0	0	8	5	9	18	25	0	0	0	0

Fonte: EnergyPlus™. Adaptado pelo autor.

As Tabelas 7 e 8 mostram o perfil de carga mensal, observa-se que nos dois casos os maiores valores de carga de resfriamento se encontraram entre os meses de outubro a março, primavera e verão, possui em alguns meses, como julho, uma pequena parcela para carga de resfriamento, esperável por ser um mês mais frio.

Tabela 8. Perfil de carga para fases de gestação, creche e maternidade.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura exterior média de bulbo seco (°C)	27,7	28,7	27,2	26,8	26,4	25,0	24,2	25,3	27,1	28,2	28,1	26,9
Carga de resfriamento (MBtu)	267	300	260	192	223	129	99	153	229	329	293	231
Carga de aquecimento (MBtu)	0	0	0	6	0	2	5	3	0	0	0	0

Fonte: EnergyPlus™. Adaptado pelo autor.

Segundo Gomes (2016) o EnergyPlus™ mostra em seus resultados apenas os componentes de ganho de calor sensível de pico, embora os ganhos de calor latente estejam presentes nos cálculos de carga térmica total, mesmo que não sejam especificados nos resultados. A partir do perfil da carga mensal pode-se utilizar como parâmetro base para o dimensionamento de um projeto de ar condicionado ou resfriador evaporativo para o mês de maior carga de resfriamento, podendo assim encontrar qual equipamento poderá ser utilizado e o custo de energia embutido.

RESFRIAMENTO E CUSTO DE ENERGIA

As Figuras 5 e 6 apresentam resultados do *EnergyPlus*TM através do *OpenStudio*[®], em relação ao consumo de energia para os dois galpões. Observa-se que o maior gasto de energia será para refrigeração. A partir disso, pode-se utilizar o maior valor encontrado para a carga de resfriamento mensal ou o fluxo de ar de projeto calculado (Tabela 9), para cálculo do resfriador evaporativo e custo de energia.

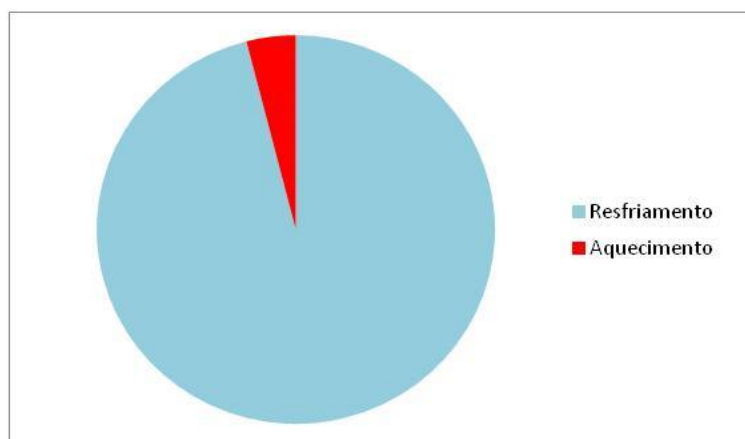


Figura 5. Consumo anual de energia para fases de crescimento, terminação, machos e pré-cobrição. Fonte: *EnergyPlus*TM.

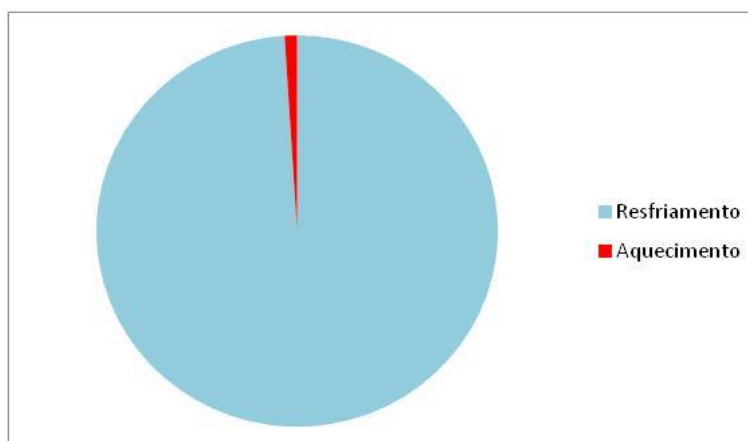


Figura 6. Consumo anual de energia para fases de gestação, creche e maternidade. Fonte: *EnergyPlus*TM.

Para uma simulação de custo de energia, utilizando as especificações do resfriador, foi indicado dois resfriadores no galpão das fases crescimento, terminação, machos e pré-cobrição, e um para cada ambiente das demais fases, adotando-se 8h diárias de uso, todos os dias no mês, de acordo com a Celpe (2017) o consumo será de cerca de 10000 kwh/mês e o custo de energia é de R\$ 5800,00 por mês. O consumo de água é de 15 l/h por equipamento, levando em conta às oito horas diária e todos os dias do mês, o consumo será de 15600l.

SIMULAÇÕES PARA ALTERAÇÕES PROPOSTAS

A tabela a seguir representa o resultado de carga térmica encontrada para as simulações propostas. A primeira simulação proposta foi realizada com o beiral de 2m e com a telha cerâmica, cobertura atual da instalação. Nesta simulação, houve uma

redução de carga térmica para as fases de crescimento, terminação, machos e pré-cobrição de 0,03 TR ou 360 Btu, para maternidade e creche houve uma redução de 0,02 TR ou 240 Btu e na gestação não houve redução.

Para tanto, nenhuma mudança ocorreu com as simulações posteriores utilizando as telhas sanduiche e fibrocimento. Portanto, percebe-se que até o momento a pouca influência para redução da carga térmica foi devido ao beiral e não tipo de material da cobertura.

Tabela 9. Resultados da carga térmica para alterações propostas

Simulação	Carga Térmica (TR)			
	Crescimento, terminação, machos e pré cobrição	Maternidade	Creche	Gestação
Beiral + Telha cerâmica (modelo atual)	49,35	24,95	24,96	25,77
Beiral + Telha Sanduiche	49,35	24,95	24,96	25,77
Beiral + Telha Fibrocimento	49,35	24,95	24,96	25,77
Beiral + Taxa de infiltração de 10%	6,22	3,38	3,39	4,26
Beiral + Taxa de infiltração de 30%	18,52	9,54	9,55	10,38
Beiral + Taxa de infiltração de 50%	35,85	15,70	15,71	16,53

Fonte: *EnergyPlus*TM. Adaptado pelo autor.

Percebe-se que a grande influência para valores altos de carga térmica ocorreu devido a taxa de infiltração, visto que houve uma redução comparada a atual de 87,4%, para as fases de Crescimento, terminação, machos e pré cobrição utilizando uma taxa de infiltração de 10%, para a fase de Maternidade e creche foi de 86,4% e para a gestação de 83,4%.

Utilizando uma taxa de infiltração de 30%, houve uma redução de carga térmica de 62,5% para as fases de para as fases de crescimento, terminação, machos e pré cobrição, já para a maternidade e creche foi de 61,8% e para a gestação foi de 59,7%.

E por fim, utilizando uma taxa de infiltração de 50% houve uma redução de 23,4% para as fases de Crescimento, terminação, machos e pré cobrição, 37,1% para a maternidade e creche e para a gestação de 35,8%.

Portanto quanto maior a área aberta da janela mais ar externo penetra no interior da instalação, representando uma carga térmica adicional, além dos influenciados pela transferência de calor por condução advinda dos materiais utilizados.

CONCLUSÕES

O custo de energia para os cinco resfriadores evaporativos indicados para a instalação foi de R\$ 5800,00 por mês e um consumo de água de 15600 l.

Para as simulações das alterações propostas, utilizando apenas o beiral e as telhas sanduiche e fibrocimento, obteve-se uma pequena redução de carga térmica, influenciada especificadamente pelo aumento do beiral. O programa mostrou que a grande influência para valores altos de carga térmica foi devido à taxa de infiltração, uma vez que à medida que diminuía essa taxa a redução de carga térmica era significativa.

Comparada a carga térmica encontrada no modelo atual, houve uma redução de 87,4%, para as fases de Crescimento, terminação, machos e pré cobrição utilizando uma taxa de infiltração de 10%, para a fase de maternidade e creche foi de 86,4% e para a gestação de 83,4%.

Utilizando uma taxa de infiltração de 30%, houve uma redução de 62,5% para as fases de para as fases de crescimento, terminação, machos e pré cobrição, já para a maternidade e creche foi de 61,8% e para a gestação foi de 59,7%.

E por fim, utilizando uma taxa de infiltração de 50%, houve uma redução de 23,4% para as fases de Crescimento, terminação, machos e pré cobrição, 37,1% para a maternidade e creche e para a gestação de 35,8%.

A partir dessa premissa, conclui-se que é válido o uso da ferramenta para elaboração de projetos com melhor desempenho energético para instalações agrícolas, uma vez que será possível saber quais os períodos críticos de aquecimento e resfriamento nas instalações, orientando o projetista na escolha adequada dos elementos construtivos e das estratégias de ventilação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Univasf pela disponibilidade e estrutura para o desenvolvimento do trabalho, juntamente ao Laboratório de Ambiência da Pós graduação em Engenharia Agrícola.

REFERÊNCIAS

ABCS – Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Produção de suínos: Teoria e Prática**. Brasília,DF, 2014.

ASHRAE. **Thermal Comfort**. In: ASHRAE Fundamentais. Chapter 8. Atlanta, 2001.

BAÊTA, F.C. & SOUZA, C.F. Ambiência em Edificações Rurais – Conforto Animal. Viçosa, Ed. UFV, 1997. 246p

BRIDI, A. M. **Instalações e Ambiência em Produção Animal**. 2006. Disponível em: Acesso: em 15 mar. 2017.

BUFFINGTON, D.E.; COLLIER, R.J.; CANTON, G.H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineers**, 1982. 16 p.(Paper 82-4061).

BORTOLOZZO, F. P.; KUMMER, A. B. H. P.; LESSKIU, P. E.; WENTZ, I. Estratégias de redução do catabolismo lactacional manejando a ambiência na maternidade. 2011. Disponível em: < http://suinotec.com.br/arquivos_artigos/Bortolozz

o_2010_Estrategias_de_reducao_do_catabolismo_lactacional_manejando.pdf>. Acesso em: 16 de nov. 2016.

CELPE. Tarifa de energia. Disponível em: <<http://www.celpe.com.br/Noticias/Pages/Aneel-define-reajuste-para-tarifa-de-energia-em-Pernambuco-.aspx>> Acesso em: 07 mar. 2017.

FEHR, R. L.; PRIDDY, K. T.; McNEILL, S. G.; OVERHULTS, D. G. **Limiting swine stress with evaporative cooling in the southeast**. Transactions of the ASAE, v. 26, n. 4, p. 542 - 545, 1993.

HAHN, G.L. **Management and housing of farm animals in hot environments**. In: Yousef, M.K.(ed). Stress physiology in livestock, v.2. Boca Raton: CRC Press, 1985.

LABEEE -Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/ensino/pos-graduacao/ecv4202>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

LEAL, P.M.; NÃÃS I.A. Ambiência animal. In: CORTEZ, L.A.B.; MAGALHÃES, P.S.G. (Org.). **Introdução à engenharia agrícola**. Campinas, SP : Unicamp. 1992. p.121-135.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/suinos>> Acesso em: 07 set. 2016.

MARTA FILHO, J. **Método quantitativo de avaliação de edificações para animais, através da análise do mapeamento dos índices de conforto térmico**. Botucatu, 1993. 159p. Tese (Doutorado) -- Universidade Júlio de Mesquita/UNESP.

NÃÃS, I.A. **Princípios do conforto térmico na produção animal**. São Paulo, Ícone Editora, 1989. 183 p.

PERDOMO, C. C.; FERNANDES, L. C. de O.; GUIDONI, A. L.; FIALHO, F. B. Efeito da ventilação natural e mecânica sobre o desempenho de porcas em lactação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p. 691-699, 1999.

SALES, G. T.; FIALHO, E. T.; YANAGI JUNIOR, T.; FREITAS, RILKE T. F. de; TEIXEIRA, V. H.; DAMASCENO, F. A. **Influência do ambiente térmico no desempenho reprodutivo de fêmeas suínas**. In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Anais, João Pessoa – PB. (Submetido).

SANTOS FILHO, J. I. DOS; MIELE, M.; MARTINS, F.M.; TALAMINI, D. J. D. **Os 35 anos que mudaram a avicultura brasileira**. In: Sonho, Desafio e Tecnologia, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 470 p. 2011.

SEVEGNANI, K.B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I.J.O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agrícola, Piracicaba**, v.51, n.1, p.1-7, 1994. SILVA, R.G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SILVA, I.J.O.; SEVEGNANI, K. B. **Ambiência e instalações na avicultura de postura**. In: Iran José Oliveira da Silva. (Org.). Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, v. 2, p. 76-149, 2001.

USDA - United States Department of Agriculture. Disponível em: Acesso em: 15 abr. de 2017.

BIOMETRIA DA *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Yara Panta de Araújo¹, Jéssica Vanessa Góis de Siqueira¹, Thieres George Freire da Silva², Maiara Tatiane Lima Silva¹, Luciana Sandra Bastos de Souza²

¹Estudantes de graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, Pernambuco, y.araujo22@gmail.com, jessicasiqueira@hotmail.com, maiaralima309@gmail.com; ² Docentes, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, Pernambuco, thigeoprofissional@hotmail.com, sanddrabastos@yahoo.com.br.

RESUMO: Análises biométricas podem ser úteis por possibilitar uma melhor compreensão da dinâmica de respostas das espécies vegetais em condições ambientais distintas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a biometria da *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan sob diferentes condições de disponibilidade hídrica. O experimento foi conduzido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, em um viveiro construído com sombrite 70%. Foram utilizadas sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, tratadas com escarificação oposta ao hilo e semeadas em recipientes de polipropileno de 300mL, contendo solo peneirado e vermiculita. As mudas foram transplantadas aos 30 dias após a semeadura (DAS) para vasos, nos quais as reposições de água foram feitas em dias alternados de acordo com a demanda atmosférica. Aos 70 DAS tiveram início a aplicação dos tratamentos que teve duração de 15 dias e consistiu na diferenciação da lâmina de água com base nos percentuais relativos a: 25% ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ e 100% ET₀. Após este período as plântulas passaram a receber novamente 100% ET₀. Para analisar as respostas da espécie a variação na disponibilidade hídrica foram realizadas sete campanhas em intervalos de aproximadamente 15 dias para obtenção de dados biométricos referentes aos seguintes parâmetros: altura, diâmetro do coleto e número de folhas. Os resultados mostraram que os tratamentos de 100% da ET₀ e 25% da ET₀ promoveram reduções nos parâmetros biométricos da *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan.

PALAVRAS-CHAVES: Análise biométrica. Angico. Déficit hídrico.

BIOMETRY OF *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan IN DIFFERENT CONDITIONS OF WATER AVAILABILITY

ABSTRACT: Biometric analyzes can be useful to allow a better understanding of the dynamics of plant species responses under different environmental conditions. The objective of this work was to evaluate the biometry of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan under different conditions of water availability. The experiment was conducted at the Academic Unit of Serra Talhada, in a nursery constructed with sombrite 70%. Seeds of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, treated with scarification opposite the yarn and seeded in polypropylene containers of 300mL, containing sieved soil and vermiculite were used. The seedlings were transplanted 30 days after (DAS) sowing to pots, in which the water replenishments were made on alternate days according to the atmospheric demand. At the age of 70, the treatments were started, which lasted 15 days and consisted in the water blade differentiation based on the percentages related to: 25% ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ and 100% ET₀. After this period the seedlings started to receive 100% ET₀ again. In order to analyze the response of the species to the variation in water availability, seven campaigns were performed at intervals of approximately 15 days to obtain biometric data referring to the following parameters: height, collection diameter and number of leaves. The results showed that the treatments of 100% of ET₀

and 25% of ET₀ promoted reductions in the biometric parameters of *Anadenanthera colubrina*.

KEY-WORDS: Biometric analyzes. Angico. Water deficit.

INTRODUÇÃO

A espécie *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan é uma espécie da Caatinga que pode ser utilizada com diversas finalidades, logo que apresenta potencial madeireiro, forrageiro, medicinal e alimentício, além disso, é indicada na recuperação de áreas degradadas, onde pode atuar na restauração de solos degradados e no combate a erosão (MAIA, 2012). Apesar destas importâncias econômicas e ecológicas estudos sobre espécies da Caatinga ainda são escassos (BARBOSA et al., 2013; FARIAS et al., 2013), e fazem-se necessários para permitir uma melhor compreensão de suas repostas as variações ambientais, especialmente ao déficit de água. Sob estas condições podem haver alterações de natureza fisiológica nas plantas que refletirão no crescimentos das mesmas e cuja sensibilidade de resposta é variável de acordo com a espécie (TAIZ e ZEIGER, 2004). Para analisar as repostas vegetais as mudanças do meio, o uso de informações biométricas representa na maioria das vezes, uma alternativa simples, pouco onerosa e bastante precisa. O objetivo deste trabalho foi analisar a biometria da *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan submetida a diferentes condições de disponibilidade hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um viveiro coberto com sombrite 70% localizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no período de novembro de 2016 a abril de 2017. O município de Serra Talhada apresenta chuvas irregulares espaço-temporalmente com longos períodos de estiagem, sendo classificado climaticamente como BSwh', ou Semiárido segundo Köppen. Durante o período experimental, foi realizada a caracterização ambiental por meio de uma estação meteorológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e localizada a aproximadamente 300m da área do experimento.

As sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan foram doadas pelo Núcleo de Ecologia e Meio Ambiente (NEMA). Para a superação da dormência foi utilizado o tratamento pré-germinativo escarificação com lixa n° 100 e em seguida as sementes foram semeadas em recipientes de polipropileno de 300mL contendo vermiculita e solo, o qual foi coletado próximo à área experimental e em seguida peneirado. Já a reposição de água foi realizada diariamente.

Aos 30 dias após a semeadura (DAS), as plantas foram transplantadas para vasos de 21,5 cm de diâmetro e a reposição de água passou a ser feita em dias alternados de acordo com a demanda atmosférica, a qual foi estimada a partir da evapotranspiração de referência segundo a metodologia de Penman-Montheith padronizado pelo boletim da FAO56 (ALLEN et al., 1998). Aos 70 DAS tiveram início a aplicação dos tratamentos que consistiram na diferenciação das lâminas de água com base nos percentuais relativos a: 25% ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ e 100% ET₀ que tiveram duração de 15 dias. Após este período as plântulas passaram a receber novamente 100% ET₀.

Para analisar as respostas da espécie a variação na disponibilidade hídrica foram realizadas sete campanhas em intervalos de aproximadamente 15 dias para obtenção de dados biométricos referentes aos seguintes parâmetros: a) a altura (ALT – que compreendeu a distância vertical entre a inserção da planta no solo e o seu meristema apical); b) o diâmetro do coleto (DC – mensurado a 1 cm de altura da superfície do solo, com uso de um paquímetro) e c) Número de folhas (NF – resultante do somatório das

folhas individuais). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o programa estatístico SISVAR v.5.6, sendo aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se constatar que o experimento foi conduzido durante um período com temperaturas elevadas, poucas chuvas (192 mm), umidade baixa e ventos que oscilaram entre 1,5 m/s e 4 m/s (Figura 1).

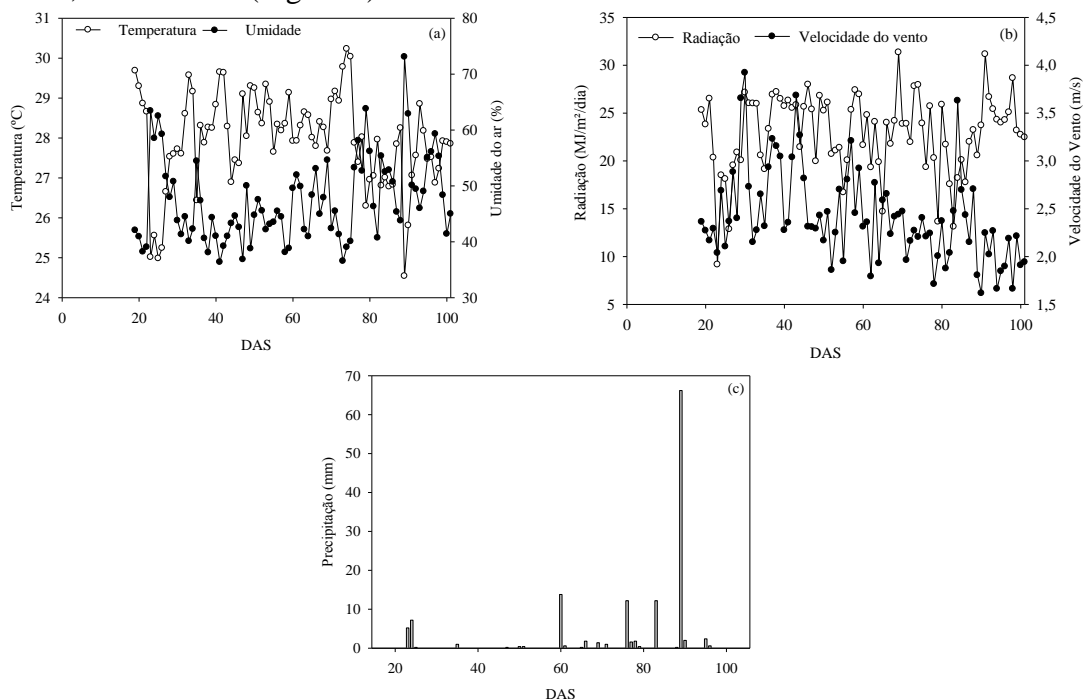


Figura 1: Valores médios diários de temperatura e umidade do ar (a), radiação e velocidade do vento (b) e precipitação (c) no município de Serra Talhada-PE.

A análise dos dados permite inferir que até os 72 dias após a semeadura (DAS) a *Anadenanthera colubrina*, apresentava comportamento homogêneo para o parâmetro altura (Figura 2a); quando se deu o início da aplicação dos tratamentos observou-se uma mudança nas magnitudes dos valores observados embora estes não tenham se diferido estatisticamente ($p > 0,05$). Os tratamentos 25 e 100% ET0 obtiveram as menores médias de altura, o que possivelmente pode ter sido ocasionado pelo fato de ambas as lâminas terem ocasionado estresse na planta, por falta e excesso deste recurso, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Figueirôa; Barbosa; Simabukuro, (2004) ao estudarem *Myracrodruon urundeuva* sob diferentes condições de disponibilidade hídrica. Ao se analisar o número de folhas para *A. colubrina* observou-se um comportamento praticamente exponencial para todas as condições, quando percebe-se um crescimento inicial lento com posterior acentuação, principalmente observada após a aplicação dos tratamentos. Neste caso, o tratamento 75% ET0 apresentou as maiores magnitudes das médias, mas foi estatisticamente semelhantes as demais ($p > 0,05$) (Figura 2b). O diâmetro do coleto foi o único parâmetro que apresentou diferença significativa após a aplicação dos tratamentos, sendo observadas neste caso, as menores médias para o tratamento 25% ET0 (Figura 2c). Sob condições de estresse as plantas podem ter vários mecanismos afetados como alongamento celular, abertura e fechamento estomático, produção de biomassa, entre outros (FIGUEIRÔA; BARBOSA; SIMABUKURO, 2004) refletindo diretamente no crescimento vegetal.

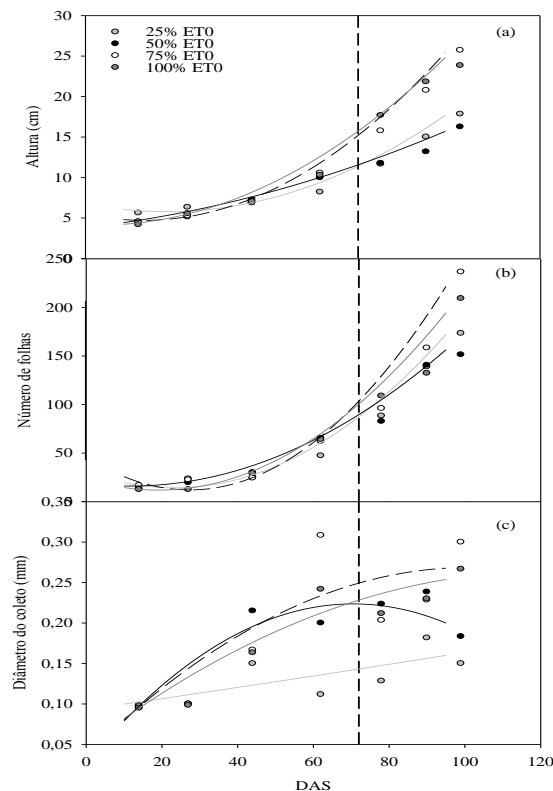


Figura 2. Comportamento médio da altura (a), do número de folhas (b) e do diâmetro do coleto (c) de *Anadenanthera colubrina* submetida a diferentes condições de disponibilidade de água no solo, no município de Serra Talhada-PE.

CONCLUSÕES

Os tratamentos de 100% da ETO e 25% da ETO promoveram reduções nos parâmetros biométricos da *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ e a Universidade Federal Rural de Pernambuco pela concessão da bolsa e a infraestrutura disponibilizada. Ao grupo BIOHIMET pelo apoio na realização das atividades.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, M.L. et al. Crescimento Inicial de Espécies Ocorrentes no Semiárido. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.06, n.03, p.522-539, 2013.
- FARIAS, R.M. et al. Superação de dormência em sementes de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 2, p. 160-165, 2013.
- FIGUEIRÔA, J.M.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v.18, n.3, p.573-580. 2004.
- MAIA, G.N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2.ed. Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722p

MODELAGEM DA ÁREA FOLIAR DO ANGICO NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE SERRA TALHADA, PE

João Paulo Alves de Barros¹, Luciana Sandra Bastos de Souza², Thieres George Freire da Silva², Jéssica Vanessa Góis de Siqueira¹, Maiara Tatiane Lima Silva¹

¹Graduando, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, E-mail: paulo_lotd@hotmail.com; jessicasiqueira@hotmail.com; maiaralima309@gmail.com; ²Professor Pesquisador, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, sanddrabastos@hotmail.com; thieres_freire@yahoo.com.br;

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi ajustar modelos matemáticos à área foliar da espécie *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan sob diferentes condições de disponibilidade hídrica no município de Serra Talhada, PE. O experimento foi conduzido em um viveiro coberto com sombrite a 70%, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UFRPE/UAST. As sementes de Angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) foram semeadas em recipientes de polipropileno contendo solo e vermiculita, sendo transplantadas aos 30 dias após a semeadura (DAS) para vasos contendo solo e adubo orgânico. As plantas foram dispostas no delineamento inteiramente casualizado com três repetições e seis indivíduos cada, totalizando 18 unidades amostrais por tratamento. A reposição de água no solo foi realizada em dias alternados até os 70 DAS quando se iniciaram os tratamentos de diferenciação de água os quais se estenderam por 15 dias, sendo adotados neste caso os percentuais relativos a: 25% ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ e 100% ET₀, após este período o angico passaram a receber novamente 100% ET₀. Para a obtenção dos dados de área foliar, realizaram-se cinco amostragens, com uma planta por repetição. Foi utilizado o Software Lafore, para computo da área foliar, para a qual foram ajustados modelos matemáticos simples (Polinomial e Exponencial) com o uso das variáveis independentes Graus-Dias Acumulados (GDA) e DAS. Adicionalmente, para analisar a adequação dos modelos utilizaram-se índices estatísticos. Pode-se constatar bons ajustes de ambos os modelos em todas as condições analisadas. Estas informações podem ser úteis para melhor compreensão do estabelecimento destas espécies sob modificações ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: *Anadenanthera colubrina*, Estimativa, Déficit hídrico.

MODELING OF THE FOLIAR AREA OF THE ANGICO IN THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF SERRA TALHADA, PE

ABSTRACT: The purpose of this work was to adjust mathematical models to the leaf area of the species *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan under different conditions of water availability in the municipality of Serra Talhada, State Pernambuco. The experiment was conducted in shading to 70%, in the Academic Unit of Serra Talhada, UFRPE/UAST. The seeds of Angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) were sown in polypropylene containers containing soil and vermiculite, being transplanted to 30 days after sowing (DAS) for vessels containing soil and organic fertilizer. The plants were arranged in the fully randomized design outline with three repetitions and six individuals each, totaling 18 sample units per treatment. The replacement of water in the soil was carried out on alternating until the 70 days of the water differentiation treatments which were extended for 15 days, being adopted in this case the percentages relative to: 25% ET₀, 50% ET₀, 75% ET₀ and 100% ET₀, after this period the Angico re-received 100% ET₀ again. In order to obtain the leaf area data, five sampling was carried out, with a repetition plant. The software Lafore was used to compute the foliage

leaf, for which simple mathematical models (polynomial and exponential) were adjusted with the use of the independent degrees-days accumulated (GDA) and Das. In addition, to analyse the adequacy of the models, statistical indexes were used. Good adjustments can be found of both models in all the conditions analyzed. This information can be useful for better understanding of the establishment of these species under environmental modifications.

KEY-WORDS: *Anadenanthera colubrina*, Estimate, Water deficit.

INTRODUÇÃO

Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan, ou popularmente conhecida como Angico, Angico-Coco, Angico-Escuro, Angico-Liso, Angico-Vermelho, Angico-Ruao ou Cambuí-Angico (LORENZI, 2008) é uma planta ocorrente na Caatinga, possuindo diversos usos, dentre eles na alimentação animal, produção de cera, biocombustíveis, madeira, fármacos e óleos essenciais, que geograficamente se distribui nas regiões nordeste, centro-oeste e sudeste do Brasil (CNIP, 2017). Ecologicamente, essa planta é classificada como heliófita, e em relação a sua fenologia, as flores surgem de novembro a janeiro e o amadurecimento dos frutos ocorrendo em julho (LORENZI, 2008). Devido ao seu estabelecimento no ambiente Semiárido e possuir grandes taxas de crescimento, o Angico também é considerado como uma espécie pioneira, sendo recomendada para processos de recuperação de cobertura vegetal (CARVALHO, 2003). As modificações ambientais observadas no Semiárido, em especial o déficit de água podem promover alterações no desenvolvimento dos vegetais, como por exemplo, mudanças na superfície foliar (Área Foliar) (MORAES et al., 2013). Para obter dados dessa variável, pode-se usar de métodos diretos, a qual pode causar destruição da planta e indiretos através de fórmulas matemáticas (SCHMILDT et al., 2016). Uma forma de se extrair esses valores indiretamente é por meio de modelagem matemática, a qual pode explicar fenômenos da natureza convincentemente de maneira abstrata (BARBOSA, 2004). O objetivo desse trabalho foi ajustar modelos matemáticos simples à área foliar do Angico sob diferentes condições de disponibilidade hídrica no município de Serra Talhada, PE.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, município de Serra Talhada, PE. A caracterização climática do município de acordo com Köppen é Semiárido com altas temperaturas em torno de 26°C e umidade baixa de 63%, em média no ano, além de baixos volumes de precipitação pluviométrica, em torno de 642 mm.ano⁻¹ (PEREIRA et al., 2015). O solo do local do experimento é classificado de acordo com a Embrapa como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico de textura franco arenoso. As sementes de Angico foram obtidas por meio de doações da Rede de Sementes do Projeto de Integração do São Francisco por meio do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA). Para a quebra de dormência das sementes adotou-se o método da escarificação mecânica na extremidade oposta ao hilo, o qual foi aplicado em 200 unidades. Após este procedimento as sementes foram semeadas em recipiente de polipropileno e alocadas em um viveiro coberto com sombrite 70%. A reposição de água no solo foi realizada em dias alternados até os 70 DAS quando se iniciaram os tratamentos de diferenciação na reposição de água os quais se estenderam por 15 dias, sendo adotados neste caso os percentuais relativos a evapotranspiração de referencia (ET0) de: 25%, 50%, 75% e 100%, após este período as plantas passaram a

receber novamente 100%.ET0. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com três repetições, totalizando 18 plantas por tratamento. Os dados de área foliar foram obtidos a partir do método destrutivo, em cinco amostragens, com intervalos médios de 10 dias nas quais utilizaram-se 3 por tratamento. As folhas foram scaneadas e as imagens obtidas processadas utilizando-se o software Lafore (Veiko Lehsten) a partir do qual obtiveram-se os valores de área foliar. Estes por sua vez, foram utilizados como dados de entrada para o ajuste de modelos simples: Polinomial quadrático ($y=y_0+a*x+b*x^2$) e Exponencial de três parâmetros ($y=y_0+a*\exp(b*x)$) em função das variáveis independentes Graus-dia Acumulados (GDA) e Dias Após a Semeadura (DAS). Posteriormente a análise da adequação dos modelos foi efetuada utilizando os seguintes parâmetros: Coeficientes de determinação e de correlação de Pearson, como também os mais complexos (SOUZA et al., 2011): índice de Wilmont (d) e o índice de desempenho (c) proposto por Camargo e Sentelhas (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros dos modelos polinomial e exponencial de três parâmetros foram significativos para as variáveis independentes DAS e GDA em todos os tratamentos ($p<0,05$) (Tabela 1). Adicionalmente, estes possuíam bons desempenhos, apresentando valores elevados dos índices estatísticos, com coeficiente de correlação “r” variando de 0,9817 a 0,9999, “r²” de 0,9637 a 0,9999, “d” de 0,7301 a 0,9998 e “c” de 0,7300 a 0,9995 (Tabela 1). O valor de $c=0,7300$ para o modelo polinomial usando DAS como VI, é classificado como “bom” para 100% ET0, assim como em 25% ET0 para GDA ($c=0,7516$), $c=0,7902$ “muito bom” para o modelo polinomial usando DAS como variável independente (VI) a 75% ET0 e “ótimo” para as demais observações ($c>0,85$). O modelo Exponencial não se ajustou aos dados observados na condição de 50%.ET0. Silva, Silva e Barbosa (2015) modelando o crescimento de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Caatingueira) e *Prosopis juliflora* Sw (DC.) à diferentes níveis de disponibilidade de água observam que os modelos de Gompertz e Chapman (modelos físicos) simulam variáveis biométricas, como o Índice de Área Foliar, de maneira consistente. Lyra et al. (2008) ajustando os modelos logístico e exponencial ao crescimento do milho BR 106 (*Zea mays* L.) obtiveram parâmetros de validação relevantes, $d>0,83$ usando DAE (Dias Após a Emergência) e GDA como VI. Esses autores recomendam ainda que variáveis relacionadas à superfície foliar sejam estimadas usando GDA como VI, obtendo bons ajustes, além de apresentar maior relação com o desenvolvimento da espécie.

Tabela1. Constantes de ajustes (CM) e parâmetros de validação (PV) para os modelos Polinomial (P) e Exponencial de três parâmetros (E) ajustados para a área foliar de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan ($p < 0,05$), utilizando como variáveis independente os Dias Após a Semeadura (DAS) e os Graus-Dias Acumulados (GDA).

TRAT	CM	MODELO P		MODELO E		PV	MODELO P		MODELO E		
		DAS	GDA	DAS	GDA		DAS	GDA	DAS	GDA	
25%	y0	532	363	52	53	R	0,98	0,98	0,99	0,99	
	a	-12,8	-0,59	0,06	0,12	r ²	0,97	0,96	0,99	0,99	
	ET0	b	0,09	0,0003	0,06	0,004	d	0,92	0,77	0,99	0,99
		c					c	0,91	0,75	0,99	0,99
50%	y0	-4175	-2325	-	-	R	0,99	0,99	-	-	
	a	152	6,07	-	-	r ²	0,99	0,99	-	-	
	ET0	b	-1,76	-0,005	-	-	d	0,93	0,98	-	-
		c	0,007	1,28x10 ⁻⁸	-	-	c	0,94	0,97	-	-
75%	y0	-1967	-1091	75,9	76,1	R	0,99	0,99	0,99	0,99	
	a	78,1	3,2	0,002	0,005	r ²	0,99	0,99	0,99	0,99	
	ET0	b	-0,98	-0,003	0,098	0,006	d	0,79	0,92	0,99	0,99
		c	0,004	8,1x10 ⁻⁷	-	-	c	0,79	0,92	0,99	0,99
100%	y0	148,7	116,9	28,7	36	R	0,99	0,99	0,99	0,99	
	a	-2,52	-0,09	14,9	17,6	r ²	0,99	0,99	0,99	0,99	
	ET0	b	0,03	7,0x10 ⁻⁵	0,02	0,0014	d	0,73	0,99	0,99	0,99
		c	5,6x10 ⁻⁵	1,5x10 ⁻⁸	-	-	c	0,73	0,99	0,99	0,99

CONCLUSÕES

Os modelos polinomial e exponencial de três parâmetros apresentaram bons ajustes para estimativa da área foliar do Angico em diferentes condições de disponibilidade hídrica.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a Universidade Federal Rural de Pernambuco pela concessão da bolsa PIBIC do primeiro autor. Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UAST/UFRPE pela disponibilização da infraestrutura para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J.C. Modelagem matemática: O que é? Por quê? Como? **Veritati**. n.4, p.73-80, 2004.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.
- CENTRO NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE PLANTAS – CNIP. Disponível em < <http://www.cnip.org.br/bdnp/ficha.php?cookieBD=cnip7&taxon=3828>> Acessado em 25/04/2017.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008. v.1, 384p.

MORAES, L. et al. Avaliação da área foliar a partir de medidas lineares simples de cinco espécies vegetais sob diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Biociências**. v.11, n.4, p.381-387, 2013.

LYRA, G.B;. et al. Modelo de crescimento logístico e exponencial para o milho BR 106, em três épocas de plantio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.7, p.211-230, 2008.

PEREIRA, P.C. et al. Morfogênese da Palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, v.28, n.3,2015.

SCHIMILDT, E. R.et al. Determinação da área foliar de *Passiflora mucronata* a partir de dimensões lineares do limbo foliar. **Revista Agro Ambiente**. v.10, n.4, p.351-357, 2016.

SILVA, J.W.L.; SILVA, T.G.F.; BARBOSA, M.L. Espécies *Caesalpinia pyramidalis* Tul. e *Prosopis juliflora* Sw (DC.) sob diferentes regimes hídricos: crescimento e ajuste de modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.8, n.6, p.1692-1710, 2015.

SOUZA, A. P.et al. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Revista Brasileira de Pesquisas Agropecuárias**, Brasília, v.46, n.3, p.219-228, 2011.

MODELOS DE AJUSTE PARA A BIOMASSA DA PARTE AÉREA DA JUREMA-BRANCA EM SERRA TALHADA, PE

João Paulo Alves de Barros¹, Luciana Sandra Bastos de Souza², Thieres George Freire da Silva², Jéssica Vanessa Góis de Siqueira¹, Yara Panta de Araújo¹

¹ Graduando, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, E-mail: paulo_lotd@hotmail.com; jessicasiqueira@hotmail.com; y.araujo22@gmail.com ² Professor Pesquisador, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, sanddrabastos@hotmail.com; thieres_freire@yahoo.com.br;

RESUMO: Objetivou-se ajustar modelos matemáticos para estimativa da biomassa da parte aérea da *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke em diferentes níveis de disponibilidade de água em Serra Talhada, PE. Para tanto, foi conduzida uma pesquisa durante o período de 23 de novembro de 2016 a 28 de março de 2017 na Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Foram utilizadas sementes de Jurema-Branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke), submetidas ao tratamento pré-germinativo de escarificação mecânica e semeadas em recipientes com capacidade para 300 mL preenchidos com solo e vermiculita. Aos 30 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o transplântio para vasos, com reposições de água no solo em dias alternados até os 70 DAS, para as quais se considerou o volume de 100% da Evapotranspiração de referência (ET₀). Em seguida iniciou-se a aplicação dos tratamentos com valores de ET₀ correspondente a: 100% ET₀, 75% ET₀, 50% ET₀ e 25% ET₀, os quais foram dispostos no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. Para cada um dos tratamentos obtiveram-se valores relativos à biomassa seca da parte aérea da plântula (BSTPA), por meio de secagem em estufa com ventilação forçada à 60°C em seis datas distintas. Estas informações foram relacionadas às variáveis independentes DAS e Graus-Dias Acumulados (GDA) procedendo-se com ajuste de modelos matemáticos simples, cujo desempenho foi analisado por meio de índices estatísticos. Observou-se excelente ajuste e significância dos parâmetros do modelo polinomial para simular o comportamento da biomassa da parte aérea da Jurema nas diferentes condições hídricas.

PALAVRAS-CHAVE: Crescimento, Deficiência hídrica, *Piptadenia stipulacea*.

MODELING OF THE AERIAL PART OF THE JUREMA-BRANCA IN ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF SERRA TALHADA, PE

ABSTRACT: The objective of this study was to adjust mathematical models to estimate the biomass of the aerial part of *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke at different levels of water availability in Serra Talhada, PE. To do so, a survey was conducted during the period from November 23, 2016 to March 28, 2017 at the Academic Unit of Serra Talhada. Seeds of Jurema-Branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke) were used, submitted to the pre-germinative treatment of mechanical scarification and seeded in receptacles with a capacity of 300 mL filled with soil and vermiculite. At 30 days after seeding (DAS), the soil was transplanted, with water replenishment in the soil on alternate days up to 70 DAS, for which the volume of 100% of the reference evapotranspiration (ET₀) was considered. Then, the treatments with ET₀ values corresponding to: 100% ET₀, 75% ET₀, 50% ET₀ and 25% ET₀ were started, which were arranged in a completely randomized experimental design with three replicates. For each of the treatments, values were obtained for the dry biomass of the seedling aerial part (BSTPA), through oven drying with forced ventilation at 60°C in six different dates. This information was related to the independent variables DAS and

Accumulated Degrees-Days (ADA), proceeding with adjustment of simple mathematical models, whose performance was analyzed through statistical indices. It was observed an excellent fit and significance of the parameters of the polynomial model to simulate the behavior of the biomass of the aerial part of the Jurema in the different water conditions.

KEY-WORDS: Growth, *Piptadenia stipulacea*, Water deficit.

INTRODUÇÃO

Piptadenia stipulacea (Benth) Ducke, família Mimosaceae, é uma planta nativa da Caatinga e endêmica no Brasil de grande potencial apícola, medicinal (CNIP, 2017) forrageiro, florestal e madeireiro (MAIA, 2004), estando distribuída nas regiões semiáridas do Nordeste Brasileiro, exceto Maranhão (MORIM, 2015). Possui hábito arbustivo (MORIM, 2015) e ecologicamente, são classificadas como pioneiras, ou seja, com ampla ocorrência em locais com perturbação antrópica, como bordas de estradas (BARBOSA et al., 2007). Fenologicamente apresentam perda de folhas no período da estiagem e florescimento na época das chuvas (MAIA, 2004). Este comportamento resulta de uma série de ajustes fisiológicos os quais são de extrema importância para sobrevivência da espécie a sazonalidade das condições atmosféricas do Semiárido, especialmente o déficit hídrico (TROVÃO et al., 2007). Dentre os principais reflexos observados estão àqueles relacionados ao crescimento das plantas, que tem sido comumente analisados por meio de dados de biomassa. Estas informações, no entanto, nem sempre estão disponíveis e necessitam de análises destrutivas e neste contexto, o ajuste de modelos matemáticos podem ser úteis por permitir simular evolução do crescimento (BARBOSA, 2004) e entender as respostas da dinâmica vegetal as condições do meio. O objetivo desse trabalho foi ajustar modelos matemáticos simples à biomassa da parte aérea da Jurema-Branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke) em uma região semiárida de Serra Talhada, PE.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada UFRPE/UAST, localizada no município de Serra Talhada – PE (Latitude 07° 95' 42" S, Longitude 38° 29' 50" O e Altitude de 499m) (INMET, 2017). Foram utilizadas sementes de Jurema-Branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke), obtidas por meio de coletas em torno da área experimental, sendo estas escarificadas e semeadas em bandejas de polipropileno no dia 23/11/16. As mesmas foram alocadas em um viveiro coberto com sombrite 70%, e, aos 30 dias após a semeadura (DAS) ocorreu o transplântio das plântulas para vasos. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições e espaçamento de 0,3m x 0,3m entre os vasos. A reposição de água para as plantas foi realizada de modo manual e em dias alternados, considerando neste caso, 100% da ET₀. Posteriormente, aos 70 DAS foi efetuada a diferenciação nos percentuais utilizados, sendo considerados: 100% ET₀, 75% ET₀, 50% ET₀ e 25% ET₀. Em intervalos médios de 10 dias, durante o período deste trabalho que se estendeu até o dia 27 de março de 2017 foi escolhida aleatoriamente uma planta por repetição para determinação da biomassa seca total da parte aérea (BSTPA). Para tanto, a planta foi dividida nos seus diferentes órgãos, os quais foram alocados em sacos de papel e levadas a estufa com circulação de ar forçada a 60°C por um período de 48 horas, sendo que BSTPA=BSC+BSF, onde: BSC é a

biomassa seca do caule e BSF é a biomassa seca das folhas. Os dados foram inseridos em Excel e os gráficos obtidos pelo software SigmaPlot v.10.0. Os modelos utilizados para ajuste da BSTPA foram: linear ($y=y_0+a*x$), quadrático ($y=y_0+a*x+b*x^2$) e cúbico ($y=y_0+a*x+b*x^2+c*x^3$) utilizando como variáveis independentes : DAS e Graus-Dias Acumulados (GDA). Para análise da adequação dos modelos utilizaram-se de índices estatísticos simples como: Coeficientes de determinação e de correlação de Pearson, e os de maior complexidade (SOUZA et al., 2011): índice de Wilmont (d) e o coeficiente de desempenho (c) proposto por Carmago e Sentelhas (1997) (c).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As constantes dos modelos polinomial foram significativos para as variáveis independentes DAS e GDA em todos os tratamentos analisados ($p<0,05$) (Tabela 1). Os parâmetros apresentaram bons desempenhos, possuindo valores elevados dos índices estatísticos, com coeficiente de correlação “R” variando de 0,88 a 0,99, “ r^2 ” de 0,77 a 0,99, “d” de 0,88 a 0,99 e “c” de 0,78 a 0,96 (Tabela 1). Pode-se observar que o desempenho do modelo para o tratamento de 100% é considerado como “muito bom” para ambas as variáveis independentes ($c=0,78$), onde a biomassa observada foi crescente ao longo do tempo. Para as demais condições o modelo polinomial foi classificado como “ótimo” ($c>0,85$), nestes casos, observou-se um declínio do acúmulo de matéria seca, o que possivelmente está associado ao estresse imposto. Silva, Silva e Barbosa. (2015) simulando variáveis de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Caatingueira) e *Prosopis juliflora* Sw (DC.) à diferentes níveis de disponibilidade hídrica obtiveram melhores ajustes à biomassa seca total dessas espécies (BSTP) usando modelos físicos à 75% ET0 e 100% ET0 respectivamente baseado em valores de coeficiente de determinação ajustados. Batista et al. (2013) ajustando modelos ao crescimento inicial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) obtiveram bons resultados usando modelos físicos e biofísicos tendo como variável independente GDA. Essas observações reforçam que equações matemáticas podem descrever as taxas de incremento de biomassa de maneira satisfatória em estágio inicial e que em condições reduzidas de água, característico da Caatinga, podendo nos revelar aspectos peculiares da dinâmica de crescimento de plantas nativas.

Tabela 1. Constantes da Equação (CE) e Parâmetros de Validação (PV) dos Modelos Linear, Quadrático e Cúbico para ajuste da Biomassa Seca Total da Parte Aérea (BSTPA) da *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke a partir das variáveis independentes Dias Após a Semeadura (DAS) e Graus-Dias Acumulados (GDA) aplicando-se diferentes lâminas de água.

Tratamentos	CE	DAS	GDA	PV	DAS	GDA
25% ET0	y0	-62,82	-34,75	R	0,99	0,99
	a	2,23	0,08	r ²	0,99	0,98
	b	-0,02	-6,91x10 ⁻⁵	d	0,94	0,99
	c	9,41 x10 ⁻⁵	1,77 x10 ⁻⁸	c	0,93	0,96
50% ET0	y0	-4,95	-2,88	R	0,97	0,97
	a	0,13	0,006	r ²	0,94	0,94
	b	-0,0005	-1,48x10 ⁻⁶	d	0,97	0,98
	c			c	0,95	0,95
75% ET0	y0	-4,77	-2,83	R	0,97	0,97
	a	0,12	0,006	r ²	0,94	0,94
	b	-0,0004	-1,11 x10 ⁻⁶	d	0,96	0,98
	c			c	0,94	0,95
100% ET0	y0	-0,84	-0,28	R	0,88	0,88
	a			r ²	0,77	0,77
	b	0,03	0,002	d	0,88	0,88
	c			c	0,78	0,78

CONCLUSÕES

Os modelos Linear, Quadrático e Cúbico apresentaram bons ajustes aos dados de biomassa seca total da jurema submetida a diferentes condições de disponibilidade de água. Esses dados podem ser úteis para melhorar a dinâmica desta espécie.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a Universidade Federal Rural de Pernambuco pela concessão da Bolsa PIBIC do primeiro autor. Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UFRPE/UAST por compartilhar seu espaço físico para o andamento da mesma.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J.C. Modelagem matemática: O que é? Por quê? Como? **Veritati**, Salvador, n. 4, p.73-80, 2004.

BARBOSA, M.R.V. et al. Vegetação e flora no cariri Paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p.313-322, 2007.

BATISTA, E.L.S. et al. Modelagem do crescimento de cultivares de cana-de-açúcar no período de formação da cultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1080-1087, 2013.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CENTRO NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE PLANTAS – CNIP. Disponível em <<http://www.cnip.org.br/bdpm/ficha.php?cookieBD=cnip7&taxon=4033>> Acessado em 24/04/2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acessado em 25/04/2017.

MAIA, N.G. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D & Z. Computação Gráfica e Editora, 2004. 413 p.

MORIM, M.P. *Piptadenia* in lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/>> BFG. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 4, p. 1085-1113. 2015.

TROVÃO, D.M.B.M. et al. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.11, n.3, p. 307-311, 2007.

SILVA, J.W.L.; SILVA, T.G.F.; BARBOSA, M.L. Espécies *Caesalpinia pyramidalis* Tul. e *Prosopis juliflora* Sw (DC.) sob diferentes regimes hídricos: crescimento e ajuste de modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 6, p. 1692-1710, 2015.

SOUZA, A.P. et al. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 3, p. 219-228, 2011.

SIMULATION OF THE SUGARCANE CROP BASED ON A COMBINED AGRO-HYDROLOGICAL MODEL

Murilo dos Santos Vianna¹, Fábio Ricardo Marin², Klaas Metselaar³

¹Ph. D. student at ESALQ/USP, Piracicaba (Brazil), murilodsv@gmail.com; ²Assist. Prof. at ESALQ/USP, Piracicaba (Brazil), fabio.marin@usp.br; ³Assist. Prof. at WUR, Wageningen (The Netherlands), klaas.metselaar@wur.nl.

ABSTRACT: Sugarcane has emerged as the second largest source of biofuel and the main source of sugar in the world. It's a major crop of social, economic and environmental importance in many tropical countries, including Brazil as the largest producer (50% world's amount). The optimization of crop inputs (fertilizer and/or water) and climatic risks analysis can and has been assessed by Process Based Crop Models (PBM). In contrast to other crops, however, sugarcane has only two available PBM for end users. Moreover, further modifications of these models are required to better assess and support sustainable sugarcane production in Brazil. Therefore, this study aimed to couple a new sugarcane PBM to the agrohydrological SWAP model in order to reduce the simulation uncertainty and make available a new tool for crop water consumption and hydrological analysis. The SWAP-Sugarcane model exhibited slight better performance to simulate crop's components than the standalone version. Nevertheless, improvements on soil water movement simulations were expressive (32% lower RMSE) compared to the initial water balance routine, enabling more robust and less uncertainty simulations of crop water consumption.

KEY-WORDS: Crop Modelling, Agrohydrology, *Saccharum officinarum*

SIMULAÇÃO DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR COM BASE EM UM MODELO AGRO-HIDROLÓGICO COMBINADO.

RESUMO: A cana-de-açúcar emergiu como a segunda maior fonte de biocombustíveis e a principal fonte de açúcar do mundo. Além de ser uma cultura de importância social, econômica e ambiental em muitos países tropicais, incluindo o Brasil como o maior produtor (50% do valor mundial). A otimização de insumos agrícolas (fertilizantes e/ou água) e análise de riscos climáticos pode e tem sido feita por meio Modelos de Culturas Baseados em Processos (MCBP). Porém, em contraste com outras culturas, a cana-de-açúcar possui apenas dois MCBP disponíveis para usuários finais. Além disso, para reduzir a incerteza nesses modelos são necessárias modificações complementares para representar as condições brasileiras. Portanto, este trabalho teve como objetivo acoplar um novo MCBP de cana-de-açúcar desenvolvido para as condições brasileiras ao modelo agro-hidrológico SWAP, a fim de reduzir a incerteza de simulação e disponibilizar uma nova ferramenta para o consumo de água das culturas e análise hidrológica. O modelo combinado (SWAP-Cana) apresentou um desempenho ligeiramente superior ao simular os componentes da cultura do que a versão autônoma. No entanto, as melhorias nas simulações de teor de água no solo foram expressivas (RMSE 32% inferior) em relação à rotina inicial do balanço hídrico, possibilitando simulações mais robustas e menos incerto do consumo de água da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem de Culturas, Agro-hidrologia, *Saccharum officinarum*

INTRODUCTION

Sugarcane crop is the main source of sugar in the world, been a major crop of social, economic and environmental importance in many tropical countries. More than 70% of sugarcane global production is from Brazil, India, China, Thailand and Pakistan, been Brazil the largest producer (50% world's amount) wherein the crop is not only responsible for sugar production but for ethanol ("flexfuel" vehicles) and biomass energy (electricity and heating) (FAO, 2016; WALTER *et al.*, 2014).

Brazilian sugarcane production had reach to a yield plateau (around 80 t ha⁻¹) after the harvest mechanization, and to meet the increasing demand the crop strongly expanded in the last decade. In such period, sugarcane has been expanding not only in the traditional areas but also in marginal regions at a rate of one hectare per minute (ADAMI *et al.*, 2012). To support decision making on where and how the crop should expand and be managed in a sustainable way, understanding crop responses to water deficit is mandatory.

Process Based Models (PBM), integrate soil, plant, atmosphere and managements responses considering physical and biological processes at field level. Nowadays more than five generic PBM and many PBM of specific crops (more than 32 crops) are available for final users (BRISSON *et al.*, 1998; J. R. WILLIAMS *et al.*, 1989; JONES, J. W. *et al.*, 2003; KEATING *et al.*, 2003; VAN DIEPEN *et al.*, 1989). Moreover, the use of an ensemble of PBMs had been proved to increase the performance of predictions for many crops (ASSENG, 2013; BATTISTI & SENTELHAS & BOOTE, 2017; MARIN, F. R. *et al.*, 2015; MARTRE *et al.*, 2015; TEBALDI *et al.*, 2007), but the reason for that is still unclear due to the specificity of each model and complexity of its interactions.

However, in contrast to other crops, only two PBM for sugarcane are available for final users (JONES, M. R., 2013; KEATING *et al.*, 1999). In addition, because these models were developed into different conditions, model calibration and adaptations are needed to improve simulations in Brazil. Thus, the aim of this paper is to couple a PBM framework (MARIN, F. R. & JONES, 2014) developed for sugarcane in Brazil to a robust agrohydrological model (Soil, Water, Atmosphere and Plant – SWAP) in order to improve sugarcane simulations on crop growth and water consumption.

MATERIAL E METHODS

The sugarcane PBM framework is entirely described by Marin e Jones (2014), which simulates sugarcane growth and development based on crop phenology (thermal time), leaf growth (source to sink), biomass accumulation and partitioning, root growth, and water stress. Daily time-step integration is performed to simulate biomass accumulation based on equation 1. Crop growth and maintenance respiration are discounted from gross photosynthesis and the daily remaining amount of carbohydrates is allocated to roots, leaves, stalks (sucrose and fiber).

$$PG = PTS \cdot LI \cdot AGEF \cdot PRATIO \cdot SWSP \quad (1)$$

where PG is the daily rate of carbohydrates (CH₂O) production (g m⁻² d⁻¹); PTS is the potential amount of CH₂O that can be produced at the specified PAR for full canopy (leaf area index > 8) when all other factors are optimal (g CH₂O m⁻² d⁻¹); LI is the fraction of light that can be intercepted by the canopy (0-1), based on Beer's law; AGEF is an age factor (0-1) to account for reduced photosynthesis rates on maturation stage; PRATIO is the relative effect of atmospheric CO₂ concentration on photosynthesis (0-1) and; SWSP is the effect of soil-water stress on PG, computed as the ratio of potential

root water uptake (PRWU) and crop reference evapotranspiration (ET). In the same way, another soil water stress factor (SWSE) is computed to include the stress effect on crop extension (MARIN, F. R. & JONES, 2014; SINGELS & JONES & BERG, 2008).

The SWAP model is dedicated to simulate transport of water, solutes and heat in the vadose zone in interaction with vegetation development. The model employs a robust numerical solution scheme to solve Richard's equation and simulate soil water moisture movement in variably saturated soils (KROES *et al.*, 2009). Soil physics modules are included to simulate solute transport, macroporus flow, water repellency and soil heat flow. To attend SWAP's framework, the sugarcane PBM was re-structured into initialization (i=1), potential rate/state (i=2) and actual rate/state (3) mode (Figure 1). Therefore, all the information and input/output data could be exchanged between main structure (SWAP) and sugarcane PBM during the simulation.

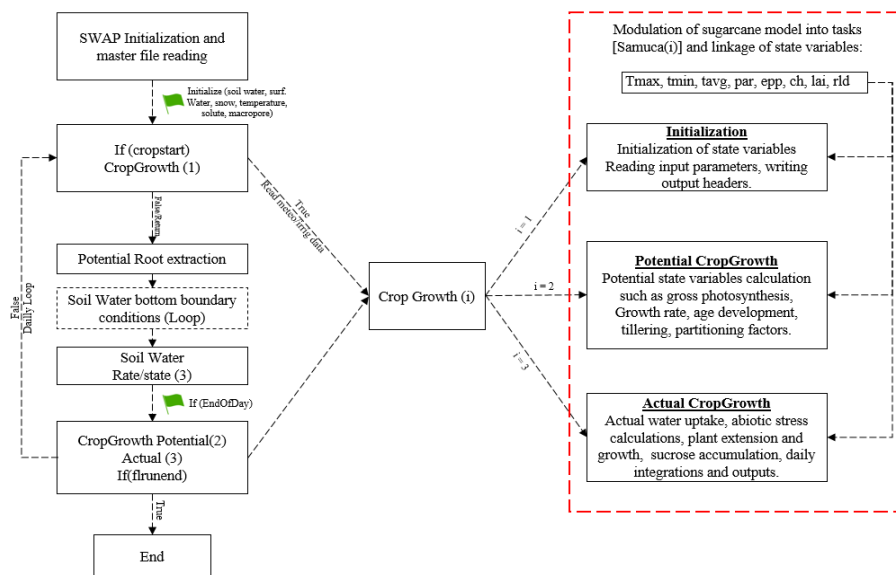


Figure 1. Simplified framework of SWAP's model structure and its Crop Growth module, including sugarcane restructured PBM and variables at initialization, potential and actual plant growth.

The coupled SWAP-Sugarcane model was tested and calibrated for Piracicaba conditions based on a irrigated field experiment under two treatments (with and without mulch cover) for a 2nd ratoon, cultivar RB867515 at Fazenda Areão (Lat: 22°41'55"S Lon: 47°38'34"W Alt: 540m). The climate is Cwa based on Koppen classification, and the soil is a Hapludox (Soil Taxonomy, 2004).

To evaluate the coupled model's performance (SWAP-Sugarcane) different field experiment data of different weather and soil conditions were used (Table 1). All weather input data was formatted into SWAP's requirements ("file.YYY") adding the reference evapotranspiration (etref) estimated by Priestley-Taylor (1972) method due to lack of relative humidity and wind data. The soil parameters were numerically derived from soil saturation curves (VAN GENUCHTEN & LEIJ & YATES, 1991). Crop parameters used were the priory calibrated by Marin & Jones (2014) for cultivar SP83-2847, one of most commonly grown cultivars in Southern Brazil.

Table 1. Datasets description of experimental fields used for modelling process and assessment.

City/Federative Unit (lat, long, alt)	Planting and harvesting dates	Weather	Water treatment	Soil Type	Soil depth
União/PI, 4°51'S, 42°52'W, 68 m	9/29/2007 and 06/16/2008	27 °C, 1500 mm, Aw	Irrigated and Rainfed	Oxisol*	125 cm

Coruripe/AL, 10°07'S, 36°10'W, 16 m	8/11/2007 and 11/15/2008	24.4 °C, 1400 mm, As ^r	2 irrigation levels	Typic Hapludox*	40 cm
Coruripe/AL, 10°07'S, 36°10'W, 16 m	8/16/2005 and 09/15/2006	21.6 °C 1400 mm, As ^r	Rainfed	Typic Hapludox*	40 cm
Aparecida do Tab. /MS, 20°05S, 51°18'W, 335 m	7/1/2006 and 09/08/2007	23.5 °C, 1560 mm, Aw	Rainfed	Typic Hapludox*	400 cm
Colina/SP, 20°25'S, 48°19'W, 590 m	2/10/2004 and 12/01/2005	22.8 °C, 1363 mm, Cwa	Rainfed	Typic Hapludox*	400 cm
Olimpia/SP, 20°26'S, 48°32'W, 500 m	2/10/2004 and 12/01/2005	23.3 °C, 1349 mm, Cwa	Rainfed	Typic Hapludox*	400 cm

* Classification nearest according to U.S. Soil Taxonomy.

Statistical indexes such as bias, root mean squared error (RMSE), relative root mean squared error (RRMSE), determination index (r^2) and the Willmot index (d) were used to evaluate the model performance in simulating each plant component and soil water content over time (WALLACH & MAKOWSKI & JONES, 2006).

RESULTS AND DISCUSSION

The model well simulated crop components, with focus on green leaf number, stalk dry mass and tillering. The crop's green leaf number simulated values started close to crop's emergence observed in field experiment (34 DAP) and ranged between 4.5 to 5.5 green leaves per tiller (Figure 2). The same was overserved with LAI, but an overestimating on early season was also observed (Figure 2). Water stress on leaf appearance is neglected by the model and, in addition, the tillering peak occurred on 113 DAP (Figure 3) which could contribute to obtained overestimations due to the scaling up approach of LAI based on tillering.

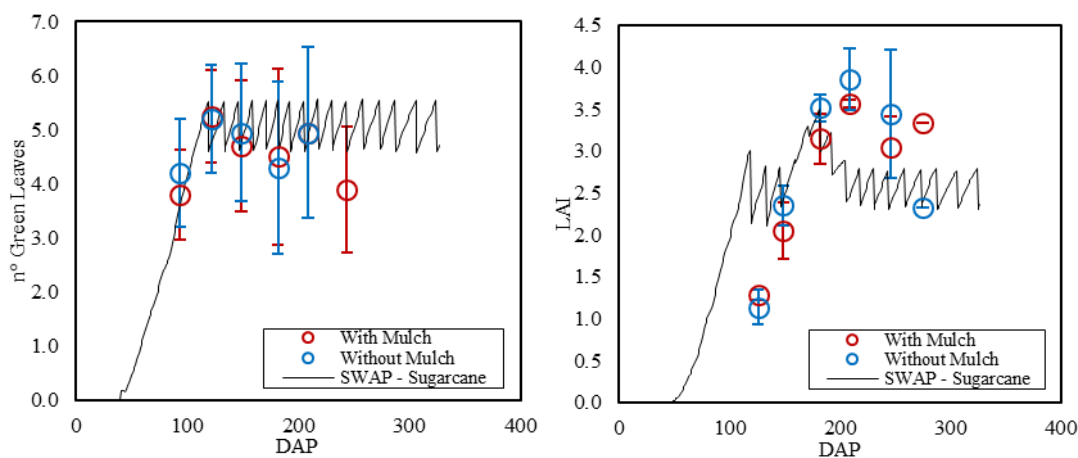


Figure 2. Number of green leaves per tiller (left) and leaf area index (right) simulated and measured for both treatments in Piracicaba experiment.

Tillering results were very close to measured data (Figure 3). Except by tillering peak, which 25.5 and 16.0 tillers m⁻² were respectively measured on without and with mulch cover treatment. Tillers emergence occurs from buds at plant's base and soil temperature could be a key factor driving this process (LAUDE, 1972), this was evident especially in this case because mulch cover significantly affect soil temperature (DONK *et al.*, 2004). Plant height was around 0.5 m subestimated over time (Figure 3), this could be due to water relations on plant expansion that is simulated based on a plant expansion parameter (dpercoeff) that considering the entire plant expansion (SINGELS & JONES & BERG, 2008), and not only the stalks. Moreover, water stress sensitivity on plant expansion is considered to be high (MARIN, F. R. & JONES, 2014) and

because the soil water balance routine changed from priory calibration routine this parameterization should be reviewed.

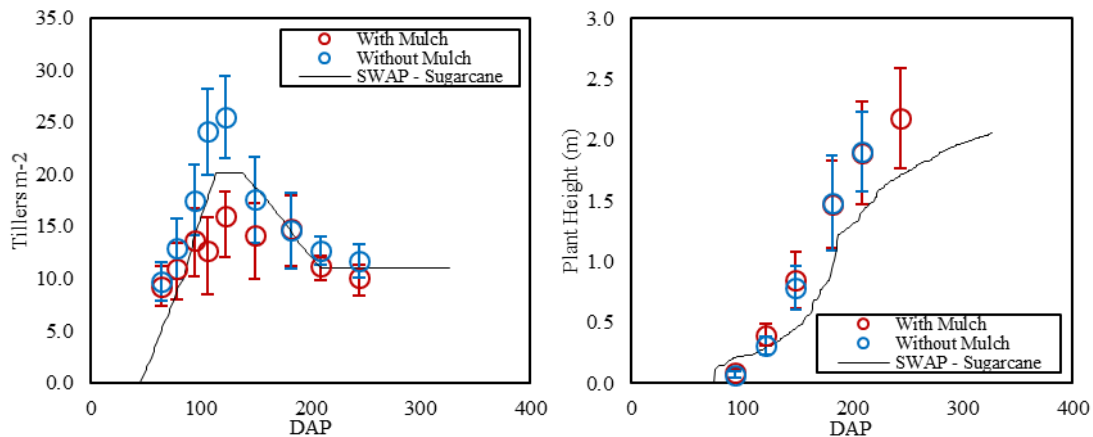


Figure 3. Tillering (left) and stalk height (right) simulated and measured for both treatments in Piracicaba experiment.

Stalk dry mass was well simulated by the model (Figure 4). Although the high variability on measured data, simulated stalk dry mass pattern over time was closed to the average field measurements. This variable is directly affected by partitioning and radiation use efficiency parameters, and indirectly affected by almost all other parameters. Same was observed for stalk fresh mass, which was well simulated until mid-season (200 DAP). An underestimation was observed on final season and, as same as dry stalk mass, stalk fresh mass is also affected directly and indirectly by almost all parameters and further sensitivity analysis may be done for a more detailed assessment. In addition, soil water content and plant fresh mass relation is volatile increasing the uncertainties on its determination.

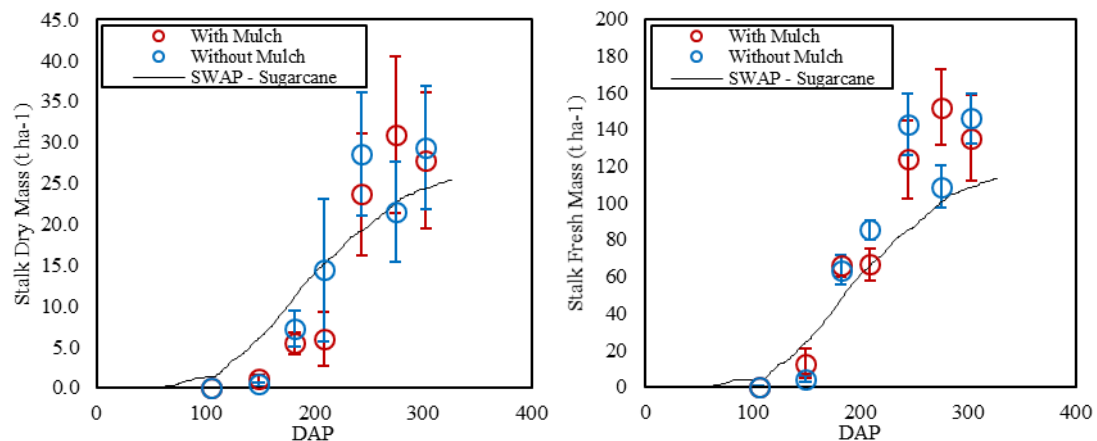


Figure 4. Stalk dry (left) and fresh (right) mass simulated and measured for both treatments in Piracicaba experiment.

Final sucrose content on fresh mass basis (POL %) was well simulated, however, the sucrose accumulation process is anticipated by the model (Figure 5). The model simulates the sucrose as passive storage of energy (“sugars leftovers”), which physiologically happen in sugarcane, however, the whole process is still unknow mainly due to uncertainties on partitioning of substrates (sugars) among organs and a key-role

of a fraction of sucrose stored in apoplastic tissue (MOORE & BOTHA, 2014; WANG *et al.*, 2013).

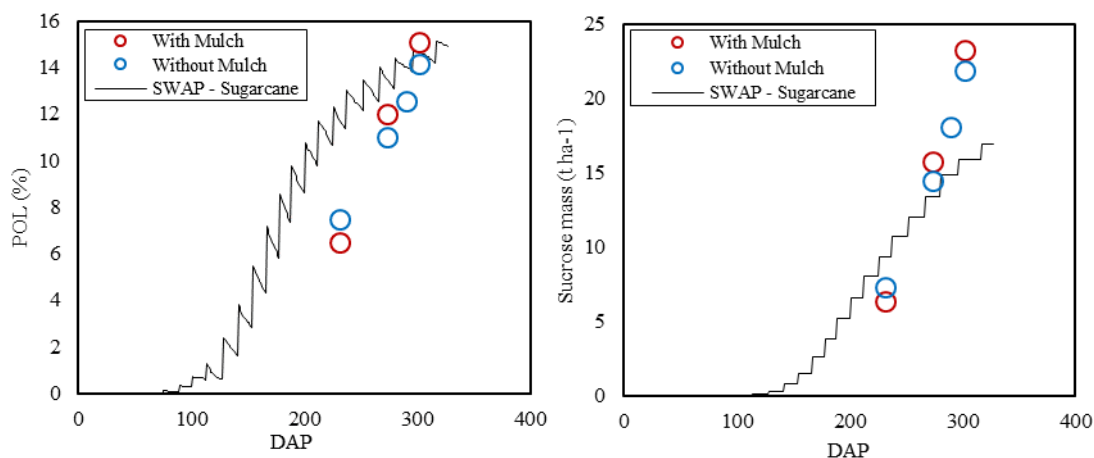


Figure 5. Sucrose content over fresh stalks (left) and sucrose mass (left) simulated and measured for both treatments in Piracicaba experiment.

The model showed good statistical indexes and compared to standalone version of sugarcane PBM a slight overall improve on simulations was noted on crop components (Table 2). Green leaf number, stalk height, stalk dry and fresh mass simulations performance were not much impacted by the SWAP coupling. Nevertheless, tillering and LAI were the most improved simulations variables 7 and 27% of RMSE decreasing respectively.

Table 2. Statistical indexes of performance for SWAP-Sugarcane and Sugarcane standalone versions.

Variable	----- SWAP – Sugarcane -----				----- Sugarcane – PBM -----			
	Bias	RMSE	r ²	d	Bias	RMSE	r ²	D
Green Leaf Number tiller ⁻¹	0.09	0.58	0.83	0.95	0.08	0.59	0.84	0.96
Tillers m ⁻²	-0.86	3.01	0.67	0.90	-0.09	3.21	0.61	0.83
LAI	-0.15	0.83	0.46	0.79	0.15	1.16	0.14	0.65
Stalk Height (m)	-0.26	0.37	0.96	0.92	-0.07	0.18	0.98	0.98
Stalk dry mass (t ha ⁻¹)	0.23	5.37	0.87	0.93	3.15	5.98	0.82	0.90
Stalk fresh mass (t ha ⁻¹)	-15.72	27.33	0.93	0.92	-5.34	28.30	0.87	0.91

Soil water content simulated by SWAP-sugarcane model was satisfactory (Figure 6). In all layers with measured soil water content (up to 60 cm) the model could capture the soil water content variations throughout the crop's season, except after 242 DAP when a lodging event occurred on experiment (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). The model is not designed to simulate lodging events on sugarcane, therefore, simulations was not affected by this events considering normal soil-plant-atmosphere conditions.

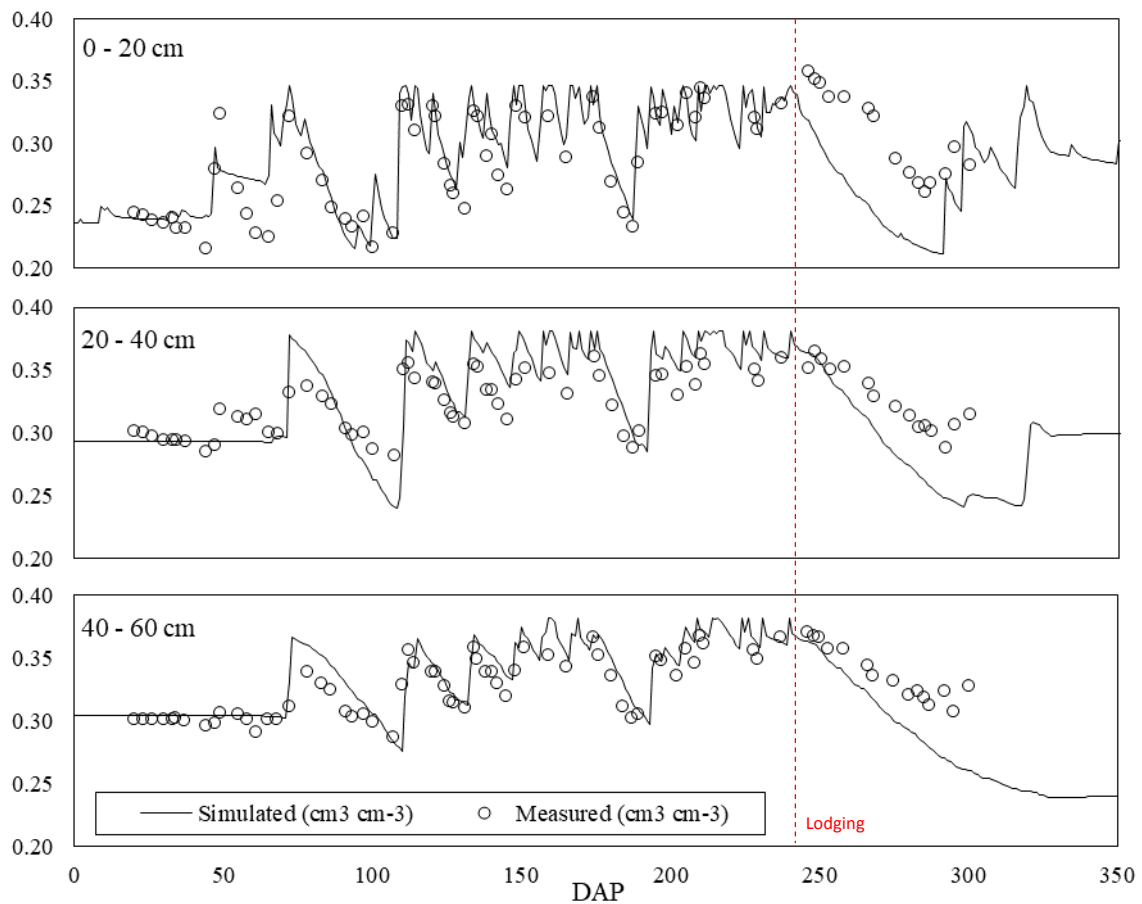


Figure 6. Soil water content ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) in three soil layers simulated by SWAP-Sugarcane model and measured in Piracicaba experiment (average both experiments). Red-dotted line indicates the lodging event occurred on 242 DAP.

The soil water balance routine used in the standalone sugarcane model also yielded good results over the season (Figure 7). Although resulting on higher variability on soil water content on all soil layers, it well simulated the main soil water content ranges and variation. soil water content was underestimated after the lodging event by not considering lodging effects on soil-plant-atmosphere.

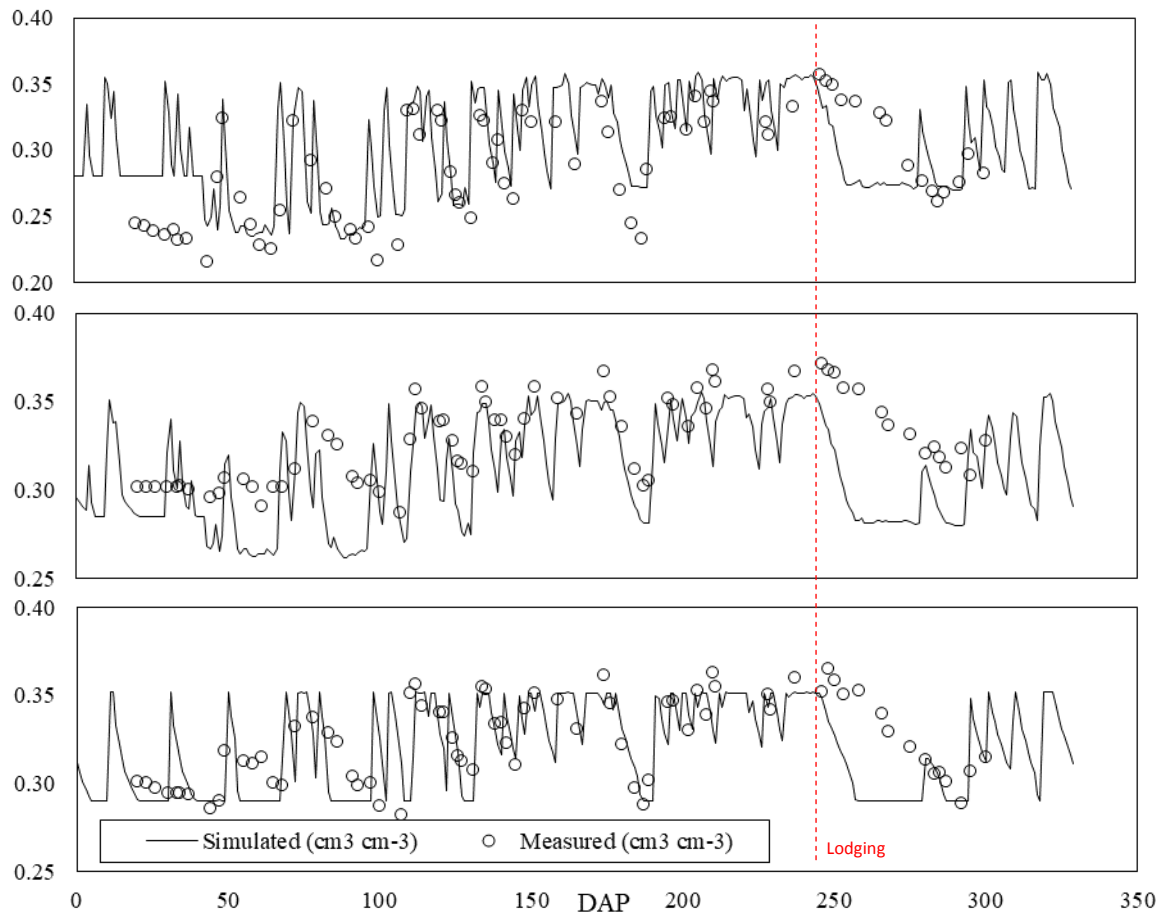


Figure 7. Soil water content ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) in three soil layers simulated by the Sugarcane standalone water balance routine and measured in Piracicaba experiment (average both experiments). Red-dotted line indicates the lodging event occurred on 242 DAP.

The expected effects of lodging on soil-plant-atmosphere systems is at least a reduction on evapotranspiration rates mainly due to reduction on plant (i) transpiration caused by damaged stems and/or root systems; and (ii) evaporation owing to increased soil cover by biomass. Lodging affect not only the sugarcane crop, but many crops cultivated under irrigated and windy conditions (BAKER & STERLING & BERRY, 2014). Physiologically, lodging is commonly accounted on sugarcane crop models by reducing its radiation use efficiency and sucrose due to stalks damage and geotropism expansion. The occurrence can be simulated by empirical relations to plant height and wind speed (VAN HEERDEN *et al.*, 2015), or physically through moment forces, soil conditions, and crop's canopy and root system (BAKER & STERLING & BERRY, 2014).

The SWAP-sugarcane ability to simulate soil water content proved to be quite superior compared to the original approach (Figure 8). Even ignoring the soil water content simulated after the lodging event the SWAP-sugarcane showed quite higher precision ($r^2 = 0.82$) and accuracy ($d = 0.93$) with 32% lower error (RMSE) than original water balance routine. Not only quantitative improvements on simulations are gain with SWAP-sugarcane but qualitatively by enabling the inherent ability of SWAP to simulate soil physics dynamics.

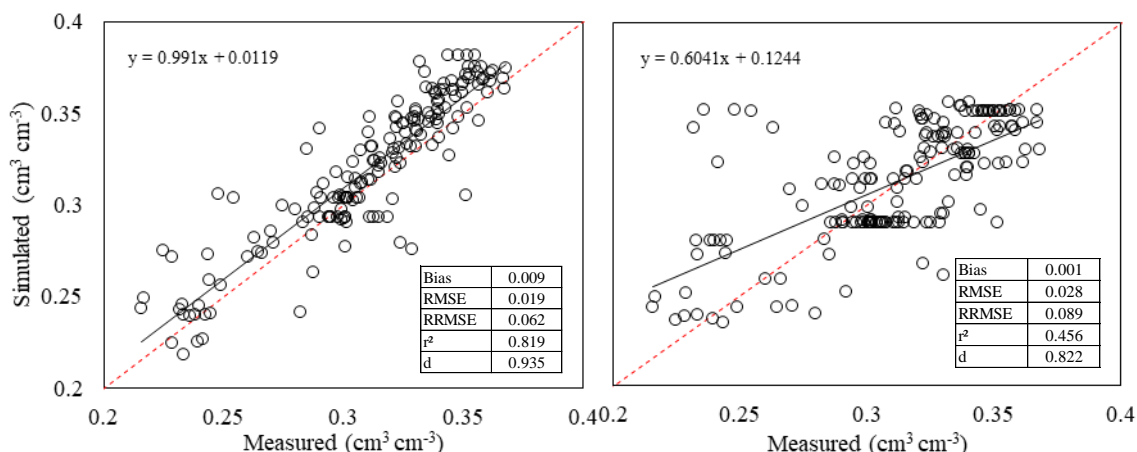


Figure 8. Statistical indexes of performance for SWAP-Sugarcane (left) and Sugarcane standalone (right) model. Red dotted line is the line 1:1.

Actual evapotranspiration simulated in both methodologies followed the range of variation during the season (Figure 9). A small sub-estimation on the mid-season (around 150 DAP) can be noted by the SWAP-sugarcane model. This might be because of root water uptake and/or root system growth methodologies and further adjustments or shifting to Feddes or matric flux potential methods may overcome this limitation. The same effect of lodging after 242 DAP can be observed on data, however, both models are not expected to simulate that.

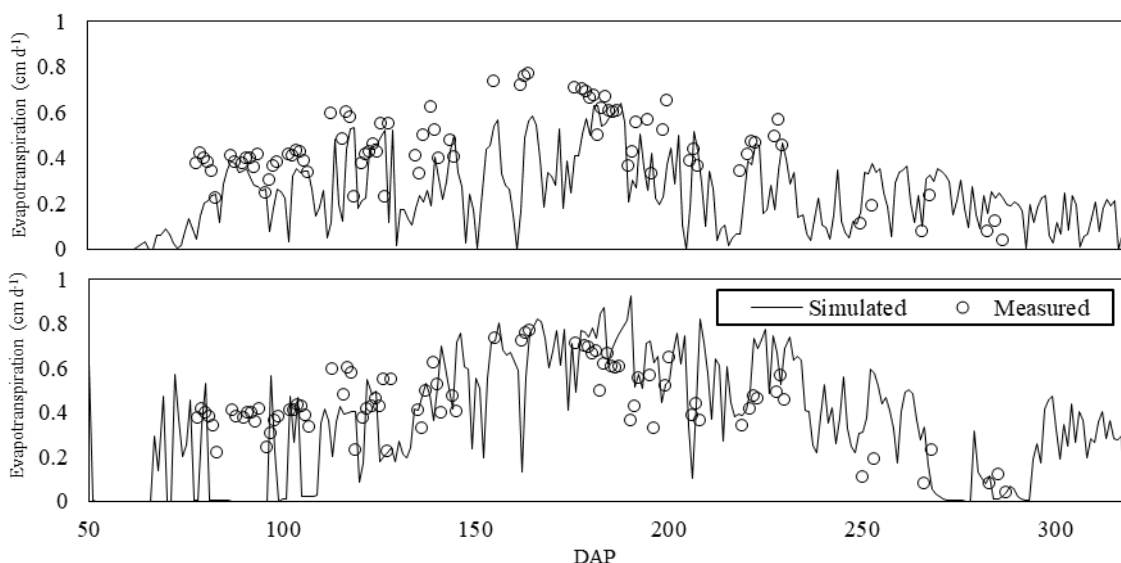


Figure 9. Crop actual evapotranspiration simulated by SWAP-Sugarcane (a) model and sugarcane standalone (b) version.

The model showed good ability to simulate stalk dry and fresh mass in different conditions (Figure 10). Although using simplified weather data, dry and fresh stalk mass presented 3.4 and 24.1 t ha⁻¹ of RMSE in five different regions. In contrast, for a longer season in Colina, SP, the model did not satisfactory simulated the stalk fresh mass, while in Olimpia, SP, also for longer cycle and relative same climate, the result was good. In both sites sugarcane was cultivated under rainfed conditions whereas the production is very dependent on soil hydro-chemical characteristics.

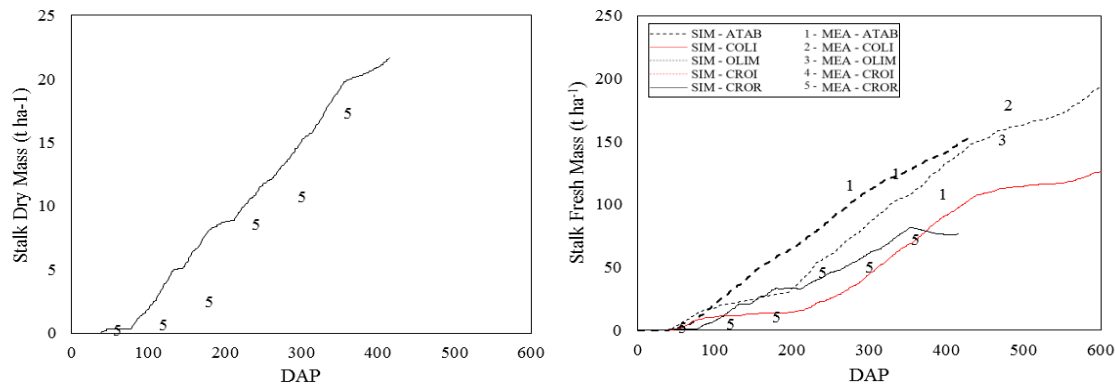


Figure 10. Stalk dry (left) and fresh (right) simulated by SWAP-Sugarcane model and measured data in different Brazilian conditions.

Sucrose content on fresh basis was well simulated and the model well simulated the accumulation curves, better than early discussed (Figure 11). Except for Coruripe (AL), location which sucrose content was overestimated for whole season, resulting in an unexpected additional accumulation at end of season (320 DAP). Stalks height was evaluated only one site but under two treatments (irrigated and rainfed) and well predicted stalk heights over the season.

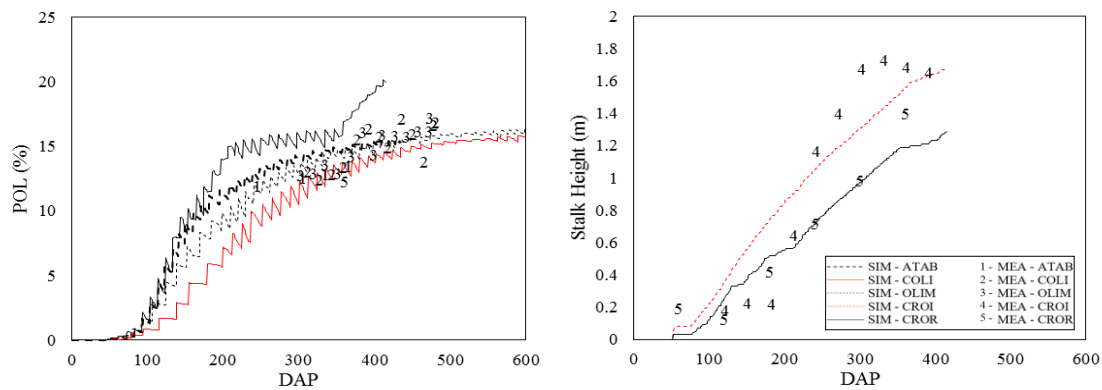


Figure 11. Sucrose content over fresh stalks (left) and stalk height (right) simulated by SWAP-Sugarcane model and measured data in different Brazilian conditions.

The model was able to simulate the tillering pattern over time, such as peak population time and quantities. However, in some regions the tillering peak was not matched with simulated pattern, as same as establishment population. There is lack of data describing the management of each site regarding to soil mulch cover (Aparecida do Taboado, MS), which may have great effect on tillering as discussed before (LAUDE, 1972). The same was noted in LAI, whereas the model was able to simulate its pattern over time despite of not very accurate results.

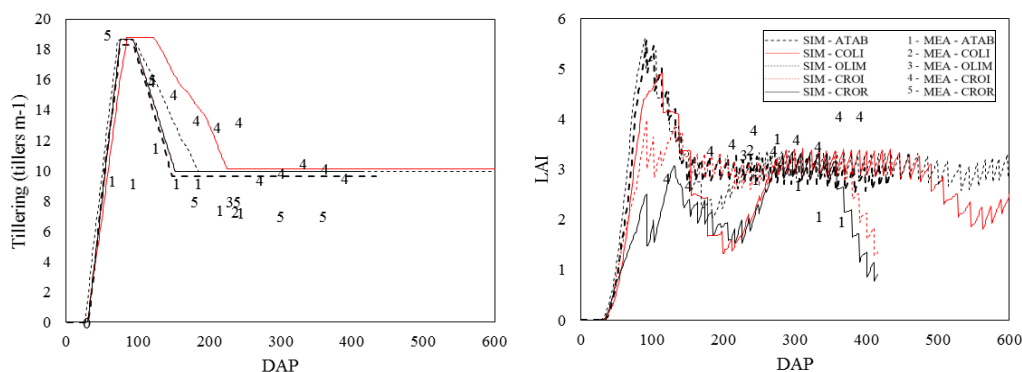


Figure 12. Tillering (left) and leaf area index (right) simulated by SWAP-Sugarcane model and measured data in different Brazilian conditions.

The model had the same satisfactory performance obtained for the standalone version (MARIN, FÁBIO RICARDO, 2014). Although LAI results were not as accurate (Table 3) than other variables the simulation pattern was reproduced during season under different conditions.

Table 3. Statistical indexes of performance for SWAP-Sugarcane in different Brazilian regions,

Variable	Units	Bias	RMSE	d	r ²
Stalk Dry Mass	t ha ⁻¹	2.95	3.44	0.93	0.93
Stalk Fresh Mass	t ha ⁻¹	-0.21	24.06	0.95	0.83
POL	(%)	-0.20	1.49	0.67	0.23
LAI	m ² m ⁻²	-0.23	0.85	0.64	0.18
Tillering	tillers m ⁻²	0.46	3.26	0.89	0.67
Height	m	0.03	0.23	0.95	0.88

PBMs for sugarcane have been showed satisfactory performance to simulate its crop components in Brazilian conditions (MARIN, F. R. *et al.*, 2015; VIANNA & SENTELHAS, 2016). Nevertheless, uncertainty on LAI and, especially, on tillering process require attention mostly because the canopy and population (which is yield) are directly affected in the scaling up computation. In addition, mainly Brazilian sugarcane fields uses mulch cover management techniques (COSTA *et al.*, 2014; DE AQUINO & DE CONTI MEDINA, 2014; DE SOUZA *et al.*, 2005) increasing the importance on physiologically account for mulch cover in Brazilian sugarcane farms.

CONCLUSIONS

The coupling of a new sugarcane PBM to a robust agro-hydrological model (SWAP) was fully accomplished, enabling more robust and less uncertainty simulations of crop water consumption. Moreover, it opens new room for improvements and testing sugarcane's groundwater consumption and its response to soil temperature, agrohidrology and salt stress in the PBM level.

Since any Brazilian PBM is available or developed for sugarcane (or any crop) efforts on crop modelling may be a reasonable good strategy not only to support decision of policy makers, farmers and investors, but as a “new” tool for education and scientific guiding (VAN ITTERSUM K *et al.*, 2003). Further modifications on these models aiming to overcome its limitations and additions of more detailed outputs on crop water consumption and key plant processes (tillering, sugar accumulation, carbon

partitioning) interaction among weather and managements are required to better assess and support sugarcane's production in a sustainable way in Brazil.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by FAPESP (*processes 2015/16214-5 and 2014/05887-6*).

REFERENCES

- ADAMI, M. et al. Web platform development to perform thematic accuracy assessment of sugarcane mapping in South-Central Brazil. *Remote Sensing*, v. 4, p. 3201–3214, 2012.
- ASSENG, S. Uncertainty in simulating wheat yields under climate change. *Nature Climate Change*, v. 3, n. 9, p. 627–632, 2013.
- BAKER, C. J.; STERLING, M.; BERRY, P. A generalised model of crop lodging. *Journal of Theoretical Biology*, v. 363, p. 1–12, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtbi.2014.07.032>>.
- BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; BOOTE, K. J. Inter-comparison of performance of soybean crop simulation models and their ensemble in southern Brazil. *Field Crops Research*, v. 200, p. 28–37, 2017. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429016304270>>.
- BRISSON, N. et al. STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. Theory and parameterization applied to wheat and corn. *Agronomie*, v. 18, n. 5–6, p. 311–346, 1998.
- COSTA, L. G. et al. Simulação do efeito do manejo da palha e do nitrogênio na produtividade da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 5, p. 469–474, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014000500001&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>.
- DE AQUINO, G. S.; DE CONTI MEDINA, C. Produtividade e índices biométricos e fisiológicos de cana-de-açúcar cultivada sob diferentes quantidades de palhada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 3, p. 173–180, 2014.
- DE SOUZA, Z. M. et al. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 3, p. 271–278, 2005.
- DONK, S. J. VAN et al. SOIL TEMPERATURE UNDER A DORMANT BERMUDAGRASS MULCH: SIMULATION AND MEASUREMENT. *American Society of Agricultural Engineers*, v. 47, n. 1, p. 91–98, 2004.
- FAO. FAOSTAT DataBase. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- J. R. WILLIAMS, J. R. et al. The EPIC Crop Growth Model. *Transactions of the ASAE*, v. 32, n. 2, p. 0497–0511, 1989. Disponível em: <<http://elibrary.asabe.org/abstract.asp??JID=3&AID=31032&CID=t1989&v=32&i=2&T=1>>.
- JONES, J. W. et al. The DSSAT cropping system model. [S.l.: s.n.], 2003. v. 18.
- JONES, M. R. Incorporating the Canegro Sugarcane Model Into the Dssat V4 Cropping System Model. Thesis for master degree. School of Agricultural, Earth and Environmental Sciences, College of Agriculture, engineering and science. University of Kwazulu-Natal, South Africa. n. March, 2013.
- KEATING, B. A. et al. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy*, v. 18, n. 3–4, p. 267–288, 2003.
- KEATING, B. A. et al. Modelling sugarcane production systems I. Development and performance of the sugarcane module. *Field Crops Research*, v. 61, n. 3, p. 253–271, 1999.
- KROES, J. G. et al. SWAP version 3.2. Theory and user manual. Update, n. August, p. 284, 2009. Disponível em: <<http://www.swap.alterra.nl/>>.
- LAUDE, H. M. Chapter 11 - External Factors Affecting Tiller Development. In: YOUNGER, V. B.; MCKELL, C. M. (Org.). *The Biology and Utilization of Grasses*. [S.l.]: Academic Press, 1972. p. 146–154. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780127747507500178>>.
- MARIN, F. R. et al. Parameterization and evaluation of predictions of DSSAT/CANEGRO for Brazilian sugarcane. *Agronomy Journal*, v. 103, n. 2, p. 304–315, 2011.
- MARIN, F. R. et al. Sugarcane model intercomparison: Structural differences and uncertainties under current and potential future climates. *Environmental Modelling & Software*, v. 72, p. 372–386, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815215000766>>.
- MARIN, F. R. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos Fábio Ricardo Marin Engenheiro Agrônomo Piracicaba – SP. p. 0–262, 2014.

MARIN, F. R.; JONES, J. W. Process-based simple model for simulating sugarcane growth and production. *Scientia Agricola*, v. 71, n. 1, p. 1–16, 2014. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84897776946&partnerID=tZOtx3y1>>.

MARTRE, P. et al. Multimodel ensembles of wheat growth: Many models are better than one. *Global Change Biology*, v. 21, n. 2, p. 911–925, 2015.

MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology. [S.l.]: WILEY Blackwell, 2014.

SINGELS, A.; JONES, M.; BERG, M. VAN DEN. DSSAT v4. 5 Canegro sugarcane plant module: scientific documentation. South African Sugarcane Research Inst. Mount ..., p. 1–34, 2008.

TEBALDI, C. et al. The use of the multi-model ensemble in probabilistic climate projections. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences*, v. 365, n. 1857, p. 2053–75, 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17569654>>.

VAN DIEPEN, C. A. et al. WOFOST: a Simulation Model of Crop Production. *Soil Use and Management*, v. 5, n. 1, p. 16–24, 1989.

VAN GENUCHTEN, M. T.; LEIJ, F. J.; YATES, S. R. The RETC Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils. United States Environmental Research Laboratory, n. December, p. 93, 1991. Disponível em: <<http://www.pc-progress.com/Documents/programs/retc.pdf>>.

VAN HEERDEN, P. D. R. et al. Negative effects of lodging on irrigated sugarcane productivity—An experimental and crop modelling assessment. *Field Crops Research*, v. 180, p. 135–142, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429015001859>>.

VAN ITTERSUM K, M. et al. On approaches and applications of the Wageningen crop models. v. 18, 2003.

VIANNA, M.; SENTELHAS, P. C. Performance of DSSAT CSM-CANEGRO Under Operational Conditions and its Use in Determining the ???Saving Irrigation??? Impact on Sugarcane Crop. *Sugar Tech*, v. 18, n. 1, p. 75–86, 2016.

WALLACH, D.; MAKOWSKI, D.; JONES, J. W. Working with dynamic crop models: evaluation, analysis, parameterization and applications. [S.l.: s.n.], 2006.

WALTER, A. et al. Brazilian sugarcane ethanol: Developments so far and challenges for the future. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, v. 3, n. 1, p. 70–92, 2014.

WANG, J. et al. Carbon partitioning in sugarcane (*Saccharum species*). v. 4, n. June, p. 2005–2010, 2013.

GRAUS-DIA, EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA DE HÍBRIDOS DE MILHO EM CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS CONTRASTANTE

Milton José Cardoso¹, Hélio Wilson Lemos de Carvalho², Leonardo Melo Pereira da Rocha³, Edson Alves Bastos¹, Francisco de Brito Melo¹

¹Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí, milton.cardoso@embrapa.br; edson.bastos@embrapa.br; francisco.brito@embrapa.br; ² Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, helio.carvalho@embrapa.br; ³ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, leonardo.rocha@embrapa.br

RESUMO: A temperatura é o mais importante fator climático para estimar os eventos fenológicos do milho, desde que não haja deficiência hídrica, havendo relação linear entre a duração desses períodos e o desenvolvimento da planta. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de 22 híbridos de milho em situações edafoclimáticas contrastantes (duas épocas de semeadura-ES; solo Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Flúvico), sob irrigação. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com duas repetições. Os experimentos foram semeados em área da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, em abril e julho/2016. Observaram-se diferenças de 19,06% e de 9,04%, respectivamente, sobre a produtividade de grãos e eficiência de uso da água (EUA) da ES de julho (8.339,30 kg ha⁻¹; 1,77 kg m⁻³) em relação a ES de abril (6.749,55 kg ha⁻¹; 1,61 kg m⁻³). A temperatura máxima média no período da emergência ao pendoamento (EM-PD), na primeira e segunda época, foi de 33,6 °C e de 36,2 °C, respectivamente, e no período do espigamento a maturidade fisiológica a radiação solar foi de 14,9 MJ m⁻² (ES abril) e 17,9 MJ m⁻² (ES julho), o que contribuiu para um aumento na produção de grãos (PG) por planta na ES de julho. Os híbridos 30 A 37 PW, DKB 395 PRO e MG 652 PW, entre outros, aparentam ter tolerância a altas temperaturas e usam melhor a água para a PG. Os graus-dia acumulados no período da EM-PD classificam os híbridos como de ciclo precoce.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura, cultivar, fenologia, *Zea mays*.

DAY-GREES, WATER USE EFFICIENCY OF CORN HYBRID IN EDAFOCLIMATIC CONDITIONS CONTRAINSTANT

ABSTRACT: Temperature is the most important climatic factor to estimate phenological events in corn, as long as there is no water deficiency, there being a linear relationship between the duration of these periods and the development of the plant. The objective was to evaluate the performance of 22 corn hybrids in contrasting soil and climatic conditions (two sowing times-ES, Red-Yellow Argissolo soil and Fluovian Neosol soil) under irrigation. The experimental design was a randomized block with two replicates. The experiments were sown in an area of Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, in April and July/2016. Relative differences of 19.06% and 9.04% were observed, respectively, on grain yield and water use efficiency (WUE) of July ES (8,339.30 kg ha⁻¹, 1.77 kg m⁻³) in relation to April ES (6,749.55 kg ha⁻¹; 1.61 kg m⁻³). The mean maximum temperature in the emergence-tasseling period at the first and second epoch was 33.6 °C and in the second epoch of 36.2 °C, respectively, and at physiological maturity the solar radiation was 14.9 MJ m⁻² (Sowing in April) and 17.9 MJ m⁻² (July sowing), which contributed to an increase in grain yield per plant in July

SS. Hybrids 30 to 37 PW, DKB 395 PRO and MG 652 PW, among others, appear to have tolerance to high temperatures and use water better for grain production. The day-grees accumulated in the period from emergence to tasseling classify the cultivars as early cycle.

KEY-WORDS: Temperature, cultivar, phenology, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

Na Agrometeorologia a fenologia é indispensável em estudos que envolvem as interações solo-clima-planta, como zoneamentos agroclimáticos, calendários de semeadura, avaliação de riscos climáticos, irrigação, entre outros. Torna-se indispensável na avaliação de impactos da variabilidade climática em escala espaço-temporal ou de futuros cenários, à luz das relações solo-clima-planta (BERGAMASCHI, 2007).

A caracterização dos eventos fenológicos permite identificar todo desenvolvimento das plantas, a fim de estabelecer relações com as condições do clima sob diferentes anos, épocas ou locais. Com isto, torna-se possível avaliar e descrever com precisão o impacto de fenômenos adversos. Classificar genótipos segundo sua precocidade também é fundamental e requer precisão na descrição fenológica. Com a duração do ciclo e seus períodos críticos é possível planejar a implantação e o manejo das espécies, para mitigar prejuízos por estresses climáticos.

A fenologia do milho (MI) é regulada basicamente pelo regime térmico, o que permite o emprego de modelos de crescimento baseados em somas térmicas. Trabalhos demonstram que os genótipos de MI cultivados nas diferentes regiões do Brasil necessitam de determinada quantidade de energia para cumprir suas etapas fenológicas (BRUNINI et al., 2006; HANASHIRO; MINGOTTE; FORNASIERI FILHO, 2013).

O uso dos graus-dia (GD), baseada no acúmulo energético acima de determinada temperatura base, é de uso abrangente em modelos que descrevem o desenvolvimento fenológico e o crescimento do MI. Dentro de um mesmo grupo de maturação, é possível estimar a ocorrência de fases da cultura, para diferentes genótipos, regiões e épocas de semeadura(ES), utilizando-se a temperatura do ar como única variável.

O milho necessita de no mínimo 350 a 500 mm de água por ciclo, sendo o ideal em torno de 500 a 800 mm. Bergamaschi et al. (2006), enfatizam a necessidade hídrica do milho variando de 200 a 400mm, mas estes valores variam com os diferentes ambientes e épocas de semeadura.

Neste estudo, avaliaram-se 22 híbridos de MI em relação a GD, eficiência de uso da água e a produtividade de grãos em situações edafoclimáticas contrastantes (duas ES; solos Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Flúvico), sob irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Cidade de Teresina, PI – Ambiente dos experimentos

Teresina geograficamente situa-se a uma latitude de 5°05' de latitude sul e longitude de 42°48' oeste em uma altitude de 74,4 metros (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2016).

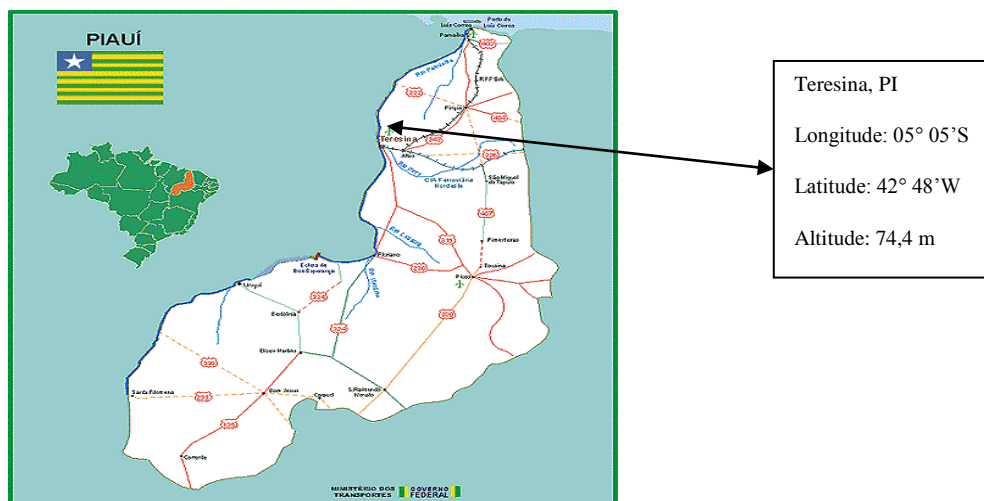


Figura 1. Mapa do estado do Piauí com informações em destaque para o município de Teresina (capital do Piauí).

Fonte: <http://www.ambientebrasil.com.br/images>. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Teresina>

Teresina possui clima tropical semiúmido com duas estações características: o período das chuvas (que ocorrem no verão e outono) e o período seco (que ocorrem no inverno e primavera). De janeiro a maio, devido às chuvas, o clima é "frio-temperatura do ar mais amena e úmido", para os padrões nordestinos (quando há possibilidade de ocorrer neblina nas manhãs); de junho a agosto o clima começa a ficar mais seco com noites relativamente frias; de setembro a dezembro o clima se torna mais quente e abafado, podendo começar a ocorrer algumas pancadas de chuva a partir de novembro. A precipitação pluviométrica anual situa-se em torno de 1.500 mm.

Quente na maior parte do ano, Teresina possui uma temperatura média em torno dos 27 °C, tendo mínimas de 20 °C e máximas de 35 °C a 39 °C. Estas oscilações são amenizadas pela contribuição dos ventos que tornam o clima mais agradável. A qualidade do ar de Teresina é considerada boa, exceto no período mais seco, quando a umidade relativa do ar cai, e há ocorrências de queimadas (MENEZES; MEDEIROS; SANTOS, 2016).

Informações sobre os experimentos

Dois experimentos, um com semeadura em abril e outro em julho do ano de 2016 foram conduzidos no município de Teresina, PI, em solos Argissolo Vermelho-Amarelo (semeadura em abril) presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa ou alta, conjugada com saturação por bases baixa (<50%) (Figura 1) e Neossolo Flúvico, distrófico (semeadura em julho), apresentando argila de atividade baixa e saturação por bases alta ($V \geq 50\%$) (Figura 2).



Figura 2. Solo Argissolo Vermelho-Amarelo (esquerda) e Neossolo Flúvico (direita) da área experimental dos ensaios. Teresina, Piauí. 2016. Fonte: Melo, Andrade Júnior e Pessôa (2014).

A irrigação dos ensaios foi por aspersão convencional, cujo manejo foi feito com base na reposição da evapotranspiração da cultura calculada a partir da evapotranspiração de referência estimada por Penman-Monteith e dos coeficientes da cultura obtidos por Andrade Júnior et al. (1998). O monitoramento do teor de água no solo até 0,70 m de profundidade foi feito por meio do Diviner 2000 (Figura 3). As lâminas aplicadas em um ciclo de 100 dias, em ambos os experimentos foram de 420 mm (sendo 210 mm procedente de “chuva”) e 470 mm com um consumo médio diário de 4,2 mm e 4,7 mm, respectivamente, nas semeaduras de abril e setembro.



Figura 3. Equipamento DIVINER 2000 – Sentek utilizado no monitoramento do teor de água no solo, mede a umidade do solo a cada 10 cm.

Os resultados das análises de fertilidade do solo (camada de 0 - 20 cm de profundidade), realizadas pelo Laboratório de Fertilidade de Solos da Embrapa Meio-Norte estão na Tabela 1. As adubações foram feitas de acordo com a análise do solo e da exigência da cultura por ocasião da semeadura de 250 kg de sulfato de amônio ha⁻¹, 178 kg de superfosfato triplo ha⁻¹ e 117 kg de cloreto de potássio ha⁻¹ e em cobertura 500 kg de sulfato de amônio ha⁻¹ por ocasião da sexta folha completamente emergida (Figura 4).

Tabela 1. Resultados dos indicadores químicos dos solos onde foram conduzidos os experimentos de milho. Teresina, Piauí.

Solo	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K ⁺ mg dm ⁻³	Ca ²⁺ mmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺ mmol _c dm ⁻³	Al ³⁺ mmol _c dm ⁻³	M.O g kg ⁻¹
AVA	5,3	12,4	44,8	10,5	3,6	0,0	10,7
NF	6,3	20,5	118,2	23,8	8,9	0,0	29,6

Fonte: Embrapa Meio-Norte. AVA: solo Argissolo Vermelho Amarelo; NF: solo Neossolo Flúvico



Figura 4. Planta de milho no estágio V6 – Seis folhas completamente desenvolvidas. (RITCHIE et al., 1993).

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com duas repetições e 22 tratamentos – híbridos simples e triplos de milho geneticamente modificados (HGM), Tabela 2. Cada parcela constou de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento espaçadas de 0,70 m e 0,20 m entre covas dentro das fileiras, mantendo-se uma planta por cova, após o desbaste. Como área útil foram utilizadas as duas fileiras centrais (7,0 m²). Foram anotados dados de número de dias e dados médios climáticos da temperatura do ar, umidade do ar e radiação solar, de uma estação agrometeorológica localizada a 400 m da área experimental, entre os períodos da semeadura ao pendoamento, pendoamento ao espigamento e espigamento a maturidade fisiológica (método da camada preta dos grãos). O momento das fases do pendoamento, espigamento e maturidade fisiológica foi definida de acordo com a Figura 5. Foi calculado a exigência térmica para o período da emergência de plântulas ao pendoamento pelo método de graus-dia acumulado (WAGNER et al., 2011; MALDENER et al., 2014; SANTOS et al., 2014).

As características avaliadas foram: rendimento de grãos (RG em kg ha⁻¹) com 14 % de umidade; eficiência de uso da água (EUA), calculada pela relação do rendimento de grãos e a lâmina de água aplicada em cada ensaio em kg m⁻³, número de espiga por área (NEM2), obtido pela divisão do número de espiga da área útil pela área útil e peso de grãos por espiga (PE), sendo este último obtido pela divisão do peso de espiga sem palha pelo número de espiga da área útil.

Os dados foram submetidos à análise de variância depois de verificada a homogeneidade das variâncias, sendo a comparação das médias dos tratamentos feita pelo teste F e de Scott-Knott ao nível de 5% (ZIMMERMAN, 2014).

Tabela 2. Características de 22 híbridos transgênicos de milho comercial. Teresina, PI, (Meio-Norte do Brasil). Safra 2015/2016.

Híbrido	Tipo	Ciclo	Textura	Cor	Empresa
30 A 37 PW	HS	SP	SMD	AM/AL	1
DKB 395 PRO	HS	P	SMD	AM/AL	4
30 A 91 PW	HSm	P	SMD	AM/AL	1
MG 580 PW	HS	P	SMD	AM /AL	1
2 B 688 PW	HT	P	SMD	AL	1
DKB 390 PRO 2	HS	P	SMD	AM/AL	4
2 B 597 PW	HS	P	SD	AM/AL	2
30 A 95 PW	HT	P	SMD	AL	1
20 A 78 PW	HT	SP	SD	AM/AL	1
2 A 401 PW	HS	SP	SMD	AM/AL	2
CD 3612 PW	HT	P	SD	AM/AL	3
2 B 810 PW	HS	N	SMD	AL	2
2 B 633 PW	HT	P	SMD	AM/AL	2
MG 699 PW	HT	P	SMD	AL	1
2 B 710 PW	HS	P	SMD	AM/AL	2
2 B 610 PW	HS	P	SD	AM/AL	2
MG 652 PW	HSm	P	SMD	AM/AL	1
CD 384 PW	HT	P	SMD	AL	3
2 B 433 PW	HT	SP	SD	AM/AL	2
CD 3715 PRO	HS	P	SMD	AM/AL	3
2 B 512 PW	HT	P	SMD	AL	2
2 B 604 PW	HSm	P	SMD	AL	2

HS: híbrido simples; HSm: híbrido simples modificado; HT: híbrido triplo; SP: semiprecoce; P: precoce; N: normal; SD: semiduro SMD: semidentado; AM: amarelado; AL; alaranjado; 1: Morgan Sementes; 2: Dow Agrociências Sementes e biotecnologia, 3: Cootec, 4: Nidera Sementes LTDA.

Fonte: **Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudanças – APPS** <<http://www.apps.agr.br/site/Conteudo/1>> Acesso em: 18/11/2016.



Figura 5. Planta de milho no estágio VT – Pendoamento (figura a esquerda). A inflorescência masculina (pendão) emerge da bainha da folha-bandeira. Ela contém as flores masculinas, que produzirão o pólen necessário à fecundação dos óvulos, localizados na inflorescência feminina (espiga) (RITCHIE et al., 1993). Estádio R1 – Espigamento (figura centro). Estigmas recebem pólen por até 10 dias. Após, inicia-se um colapso de tecidos que impede o crescimento do tubo polínico (NIELSEN, 2007; RITCHIE et al., 1993). Estádio R6 (figura a direita) – Maturação fisiológica. Grãos atingem o máximo peso de matéria seca. Forma-se uma camada escura na base, por descoloração das células placentárias (NIELSEN, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou efeitos significativos dos tratamentos (híbridos) para os caracteres altura de espiga, índice de espiga, produção de grãos por planta, produtividade de grãos e eficiência de uso da água (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância da altura da plana (AP); Altura da espiga (AE), produtividade de grãos por hectare (PGHA), massa de cem grãos (MCG), índice de espiga (IE), produção de grãos por planta (PGP) e eficiência de uso da água (EUA) de híbridos transgênico de milho comercial. Teresina, PI, 2016.

Quadrados Médios								
FV	IL	AP	AE	PGHA	MCG	IE	PGP	EUA
E	1	4920,04**	344,05*	55600711,38**	2,2273 ^{ns}	0,1131**	10067,68**	0,6156**
B (E)	2	2343,94*	981,48*	619403,47 ^{ns}	9,4616*	0,0025 ^{ns}	100,34 ^{ns}	0,0319 ^{ns}
T (T)	21	436,74**	572,23**	19655844,46**	4,6126*	0,0021*	357,37**	0,0950**
E*T	21	240,02 ^{ns}	227,64**	1815637,09**	2,2511 ^{ns}	0,0020*	395,65**	0,0874**
Média		197,00	108,80	7544,42	25,86	1,00	119,83	1,69
CV%		6,74	6,14	8,54	5,22	3,28	6,30	8,43
Teste F		ns	*	**	ns	*	**	**

** (p<0,01) e * (P<0,05), respectivamente, significativo ao nível de 1% e 5% pelo teste F. E época; B Blocos; Tratamentos (híbridos).

Para a interação híbrido x época de semeadura foi verificado efeito nos caracteres altura de espiga, índice de espiga, produção de grãos por plantas, produtividade de grãos e eficiência de uso da água o que mostra o comportamento diferenciado dos híbridos frente as épocas de semeadura. Maiores produtividades de grãos e eficiência de uso da água foram observadas na semeadura de julho/2016 sob solo Neossolo Flúvico onde a média do ensaio foi de 8.339,30 kg ha⁻¹ e 1,77 kg m⁻³, 19,06 % e de 9,04 % superior quando a semeadura ocorreu no mês de abril/2016 sob solo Argissolo Vermelho Amarelo. Na semeadura de julho, treze híbridos produziram acima da média do ensaio (8.339,30 kg ha⁻¹) e utilizaram melhor a água na produção de grãos com destaque para os híbridos 30 A 37 PW, DKB 395 PRO, CD 3612 PW e MG 652 PW com produtividade de grãos acima de 9.000 kg ha⁻¹ (Tabelas 4 e 5). Segundo alguns autores, existe germoplasma com genes relacionados a uma melhor utilização da água (ESLICK; HOCKETT, 1974; FERGUSON, 1974). A utilização de híbridos de melhor adaptação, seja em regime de sequeiro ou irrigado, e detentores de atributos agrônômicos superiores deve ser aconselhado para os diferentes sistemas de produção vigentes na região, principalmente, para os sistemas mais tecnificados.

Tabela 4. Características agrônômicas de 22 híbridos de milho transgênico semeado no mês de abril no município de Teresina, PI. Ano 2016.

H	T	PG	PGP	IE	AP	AE	MCG	EUA	GD	CD
30 A 37 PW	HS	8047 a	130 a	1,07	192 b	98 c	27	1,92 a	835	46
DKB 395 PRO	HS	7242 a	118 b	1,08	205 a	80 c	26	1,72 a	810	44
30 A 91 PW	HSm	6625 b	105 c	1,09	193 b	115 b	25	1,58 b	821	45
MG 580 PW	HS	7277 a	118 b	1,04	185 b	93 c	26	1,73 a	835	46
2 B 688 PW	HT	7859 a	126 a	1,03	198 b	98 c	25	1,87 a	810	44
DKB 390 PRO2	HS	5961 b	101 c	1,00	215 a	120 b	26	1,42 b	860	47
2 B 597 PW	HS	7492 a	125 a	1,06	190 b	108 c	26	1,78 a	821	45
30 A 95 PW	HT	6984 a	110 b	1,05	210 a	113 c	26	1,66 a	821	45
20 A 78 PW	HT	7031 a	114 b	1,04	203 b	115 b	26	1,67 a	810	44
2 A 401 PW	HS	7712 a	115 b	1,04	203 b	105 c	27	1,83 a	810	44
CD 3612 PW	HT	5834 b	95 d	1,01	208 a	105 c	28	1,39 b	860	47
2 B 810 PW	HS	7011 a	115 b	1,01	203 b	100 c	26	1,67 a	860	47
2 B 633 PW	HT	6150 b	103 c	1,00	195 b	119 b	26	1,46 b	860	47
MG 699 PW	HT	6777 a	111 b	1,07	220 a	125 b	25	1,61 a	835	46
2 B 710 PW	HS	5550 b	91 d	1,05	200 b	103 c	26	1,32 b	860	47
2 B 610 PW	HS	7097 a	112 b	1,01	216 a	115 c	25	1,69 a	860	47
MG 652 PW	HSm	6388 b	106 c	1,03	198 b	111 b	28	1,52 b	860	47
CD 384 PW	HT	6501 b	107 c	1,07	225 a	110 b	26	1,55 b	860	47
2 B 433 PW	HT	6074 b	96 d	0,99	198 b	103 c	25	1,45 b	821	45
CD 3715 PRO	HS	6207 b	104 c	1,07	210 a	164 a	26	1,48 b	860	47
2 B 512 PW	HT	5800 b	92 d	0,95	218 a	113 c	26	1,38 b	821	5
2 B 604 PW	HSm	6873 a	107 c	1,03	218 a	129 b	25	1,64 a	860	47
Média		6749,55	109,13	1,04	204,48	110,77	25,71	1,61	839	44
CV		7,623	5,74	2,98	4,64	3,77	4,35	7,62		
Teste F		**	**	ns	**	**	ns	**		

**e* numa mesma coluna médias seguidas pela mesma letra são iguais pelo teste de Scott-Nott a 1% e 5%; ns: não significativo; H: híbridos; T: tipo de híbrido; PG: produtividade de grãos; PGP: produção de grãos por plantas; IE: índice de espiga; AP: altura da plantas; AE: altura da espiga; MCG: massa de cem grãos; EUA: eficiência de uso da água; GD: graus dias; CD: calendário diário.

Tabela 5. Características agrônômicas de 22 híbridos de milho transgênico semeado no mês de julho no município de Teresina, PI. Ano 2016.

H	T	PG	PGP	IE	AP	AE	MCG	EUA	GD
30 A 37 PW	HS	9267 a	139 a	1,03	188	105 b	29	1,97 a	921
DKB 395 PRO	HS	9445 a	142 a	0,98	173	85 b	27	2,01 a	859
30 A 91 PW	HSm	7937 b	127 a	0,97	195	115 a	23	1,69 a	879
MG 580 PW	HS	8755 a	131 a	0,94	183	110 b	25	1,86 a	859
2 B 688 PW	HT	6644 b	101 c	0,91	198	105 b	25	1,41 b	859
DKB 390 PRO2	HS	7324 b	120 b	0,97	199	105 b	29	1,56 b	921
2 B 597 PW	HS	8892 a	144 a	0,96	202	107 b	24	1,89 a	859
30 A 95 PW	HT	8197 a	126 a	0,94	180	110 b	26	1,74 a	859
20 A 78 PW	HT	6517 b	103 c	0,98	190	125 a	26	1,39 b	921
2 A 401 PW	HS	7530 b	117 b	0,95	168	98 b	29	1,60 b	879
CD 3612 PW	HT	10983 a	164 a	1,03	208	118 a	26	2,33 a	921
2 B 810 PW	HS	9856 a	148 a	0,95	173	95 b	27	2,10 a	879
2 B 633 PW	HT	7219 b	119 b	0,93	197	103 b	26	1,54 b	997
MG 699 PW	HT	8661 a	135 a	0,97	192	105 b	26	1,84 a	997
2 B 710 PW	HS	6126 b	99 c	1,00	189	103 b	26	1,30 b	997
2 B 610 PW	HS	8159 a	131 a	0,93	210	128 a	24	1,73 a	921
MG 652 PW	HSm	9724 a	146 a	0,96	180	103 b	26	2,07 a	921
CD 384 PW	HT	8468 a	127 a	0,94	193	100 b	27	1,80 a	921
2 B 433 PW	HT	8719 a	140 a	0,97	150	80 b	24	1,86 a	879
CD 3715 PRO	HS	7545 b	131 a	0,94	203	113 a	27	1,61 a	921
2 B 512 PW	HT	8551 a	138 a	0,99	193	115 a	27	1,82 a	997
2 B 604 PW	HSm	8947 a	143 a	0,97	211	125 a	27	1,90 a	921
Média		8339,30	130,52	0,96	189,52	106,82	26,0	1,77	912
CV		9,02	6,62	3,59	8,55	7,94	5,95	9,02	-
Teste F		**	**	ns	ns	*	*	**	

**e* numa mesma coluna médias seguidas pela mesma letra são iguais pelo teste de Scott-Nott a 1% e 5%; ns: não significativo; H: híbridos; T: tipo de híbrido; PG: produtividade de grãos; PGP: produção de grãos por plantas; IE: índice de espiga; AP: altura da plantas; AE: altura da espiga; MCG: massa de cem grãos; EUA: eficiência de uso da água; GD: graus dias; CD: calendário diário.

Na semeadura de abril/2016 dez híbridos produziram acima da média do ensaio (6.749,55 kg ha⁻¹) com destaque para o híbrido 30 A 37 PW com produtividade de grãos superior a 8.000 kg ha⁻¹. O caractere produção de grãos por plantas foi o principal

responsável pelas diferenças obtidas nas épocas de semeadura de abril e julho/2016 com valores médios de 106,82 g e 110,77 g, respectivamente, como também foi o mais correlacionado com a produtividade de grãos com valor de 0,88; ($P < 0,01$ teste t), Tabela 6.

Tabela 6. Correlação de Pearson para produtividade de grãos por hectares (PGHA), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), massa de cem grãos (MCG), índice de espiga (IE) e produção de grãos por planta (PGP) de híbridos de milho em ambientes contrastante. Teresina, PI. Ano 2016.

Componente de rendimento	PGHA
AP	-0,1036
AE	-0,1801
MCG	0,1303
IE	0,3302*
PGP	0,8780**

** e *, respectivamente, significativo ao nível de 1% e 5% pelo teste t.

O número de dias, temperatura máxima do ar e radiação solar no período da emergência de plântulas ao pendoamento foi de 44 dias; 33,6 °C e 14,9 MJ m² (época de semeadura de abril) e de 50; 36,2 °C e 16,1 MJ m² (época de semeadura de julho). O maior número de dias para atingir a fase do pendoamento bem como as maiores radiações solares ocorridas na segunda época, principalmente na fase de enchimento de espiga, podem ter contribuído para as maiores produtividade de grãos e a uma maior eficiência de uso da água em relação a primeira época, resultados estes reforçados por relatos feito por Bergamaschi e Matzenauer (2014). Também são reforçados pelos graus-dias, onde o acúmulo foi maior na segunda época (Tabela 7). Nesse sentido, os graus-dias acumulados em média na primeira época foram de 839 e na segunda época de 937 mostrando que os genótipos na segunda época acumularam mais calor. Resultados com a mesma tendência foram observados por Gadioli et al. (2000), Brunini et al. (2006), Streck et al. (2008), Maldaner et al. (2014) e Cardoso et al. (2015).

Os graus-dia acumulados no período da emergência ao florescimento permite classificar as cultivares quanto ao ciclo. Nesse sentido considerando-se as duas épocas de semeadura os híbridos enquadram-se como de ciclo precoce (Tabela 2) (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2005)

Tabela 7. Valores médios das temperaturas do ar máximas e mínimas, da produtividade de grãos, da eficiência de uso da água e do calendário diário relativo ao ensaio com 22 híbridos de milho. Teresina, PI. Ano 2016

Plantio	G a P			P a E			E a M			PG	EUA	CD	GD
	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Abril	33,6	24,0	14,9	32,8	23,7	12,8	34,7	21,6	14,9	6,61	1,61	44	839
Julho	36,2	20,7	16,1	37,2	21,1	17,6	38,3	23,7	17,9	8,34	1,77	50	912

G: emergência ; P: pendoamento; E:espigamento; M: maturidade fisiológica; PG: produtividade de grãos (Mg ha⁻¹); EUA: eficiência de uso da água (kg m⁻³); 1: temperatura máxima do ar (°C); 2: temperatura mínima do ar (°C); 3: radiação solar (MJ m⁻²); CD: calendário diário (número de dias da emergência ao pendoamento). OBS: dados obtidos de uma estação agrometeorológica instalada a uns 300 metros da área experimental.

Um outro fator que certamente contribuiu para a expressão maior do potencial produtivo dos híbridos na segunda época foi o tipo de solo (Neossolo flúvico) o qual apresenta maior fertilidade em relação ao solo da primeira época (Argissolo Vermelho-Amarelo), Tabela 1.

CONCLUSÕES

Híbridos de milho semeados no mês de julho, em solo Neossolo flúvico, expressam melhor seu potencial produtivo, utilizam melhor a água e acumulam mais calor quando comparado a semeadura de abril em solo Argissolo Vermelho Amarelo, em Teresina, PI.

O componente de rendimento peso de grãos por planta é a causa principal das diferenças de produtividade de grãos das semeaduras de abril para julho, em Teresina, PI.

Os híbridos 30 A 37 PW, DKB 395 PRO e MG 652 PW apresentam tolerância a alta temperatura e utilizam melhor a água na produção de alimentos.

Os graus-dia acumulados no período da emergência ao florescimento classificam as cultivares avaliadas como de ciclo precoce.

REFERÊNCIAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. *Irrigação*. In: CARDOSO, M.J. (Org.). *A cultura do milho no Piauí*. 2 ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1998, p.68-100. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 12).

BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. **Boletim agrometeorológico de 2015 para o município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016. 38 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 239).

BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: REGO, G.M.; NEGRELLE, R.R.B.; MORELLATO, L.P.C. **Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2007. 1 CD-ROM.

BERGAMASCHI, H. et al. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.2, p.243-249. 2006.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.

BRUNINI, O. et al. Características macroclimáticas, agrometeorológicas e restrições ambientais para o cultivo de milho em regiões tropicais baixas. **Infobios**, Campinas, vol. 1, 2006. Artigo em hipertexto disponível em <http://www.infobios.com/Artigos/2006_3/ambientemilho/index.htm>. Acesso em: 20/1/2017.

CARDOSO, M.J. et al. Graus dias, produtividade de grãos e eficiência de uso da água em híbridos comerciais de milho em duas épocas de semeadura no centro-norte piauiense. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 19, 2015, Lavras. Anais... Lavras: CBAGRO, 2015. p. 464-471.

- CRUZ, J. C. de; PEREIRO FILHO, I. Cultivares de Milho safra 2005/2006. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. <<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo>> Acesso em: 20/09/2016.
- ESLICK, R.F.; HOCKETT, E.A. Genetic engineering as a key to water-use efficiency. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.14, p.13-23, 1974.
- FERGUSON, H. Use variety isogenes in plant water-use efficiency studies. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, p.25-29, 1974.
- GADIOLI, J.L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, v.57, p.377-383, 2000.
- HANASHIRO, R. K. et al. Desempenho fenológico, morfológico e agrônômico de cultivares de milho em Jaboticabal-SP. **Científica**, Jaboticabal, v.41, n.2, p.226–234, 2013
- MALDANER, L. J. et al. Exigência agroclimática da cultura do milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 3, p. 13-23, 2014.
- MELO, F. de B.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; PESÔA, B.L. de O. Levantamento, zoneamento e mapeamento pedológico detalhado da área experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. 47 p.
- NIELSEN, R.L. Grain fill stages in corn. Corny News Network, West Lafayette, 2007. Disponível em: <http://www.kingcorn.org/news/timeless/GrainFill.html>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2014
- MENEZES, H. E. A.; MEDEIROS, R. M. de; SANTOS, J. L .G. Climatologia da pluviometria do município de Teresina, Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal-PB, v.11, n.4, p135-141, 2016.
- WAGNER, M. V. et al. Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.4, n.1, p.135–149, 2011.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. How a corn plant develops. Special Bulletin, Iowa, n. 48.1993. 25 p.
- STRECK, N.A. et al. Simulating maize phenology as a function of air temperature with a linear and a nonlinear model. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 4, 449-455, 2008.
- SANTOS, T. M. et al. Resposta de dois híbridos de milho à soma térmica. IN: INOVAGRI International Meeting, 2, 2014, Fortaleza. Artigos...Fortaleza, CE:ESALQ/UFCE/IFECT/UFBA/UFCG, 2014. Artigo em hipertexto disponível em <<http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a284>> Acesso em: 20/1/2017.
- ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. 2. ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. 582 p.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO TRIGO IRRIGADO¹

Marcos Vinicius Pires Silva², Márcio José de Santana³, Bruna Fukumoto Kobayashi⁴,
Taynara Tuany Borges Valeriano⁵, Ana Flávia Oliveira⁶

¹Trabalho realizado com apoio da FAPEMIG; ²Estudante de Graduação, IFTM, Uberaba, MG, Bolsista PIBITI IFTM, marcos.vps21@gmail.com; ³Prof. Dr. Engenharia Agrícola, IFTM, Uberaba, MG, marciosantana@iftm.edu.br; ⁴Eng. Agrônoma, Mestranda Unesp Jaboticabal, brunafkabayashi@hotmail.com; ⁵Eng. Agrônoma, Doutoranda Unesp Jaboticabal, taynarabvaleriano@gmail.com; ⁶Eng. Agrônoma, IFTM Uberaba, MG, anaflavia.agro@hotmail.com

RESUMO: O presente trabalho teve o objetivo de determinar a evapotranspiração da cultura do trigo a partir da evapotranspiração de referência calculada por três métodos de estimativa: Penman-Monteith; Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani. O trabalho foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberaba, MG. A evapotranspiração de referência foi estimada a partir do balanço de água no solo, obtendo-se conseqüentemente os dados da evapotranspiração da cultura em cada método utilizado. Dentre os resultados, pode-se concluir que os valores de evapotranspiração de referência obtidos através dos métodos de Hargreaves-Samani superestimaram os obtidos pelos métodos de Blaney-Criddle e Penman-Monteith. O mesmo ocorreu para lâminas estimadas a partir da evapotranspiração da cultura (145,26; 359,47 e 431,86 mm, respectivamente).

PALAVRAS-CHAVE: *Triticum* spp., manejo da irrigação, estimativa ETc.

ESTIMATES OF EVAPOTRANSPIRATION OF IRRIGATED WHEAT

ABSTRACT: This study aimed at determining the crop evapotranspiration of wheat, based on the reference evapotranspiration calculated with three estimation methods: Penman-Monteith; Blaney-Criddle and Hargreaves-Samani. The assay was carried in the experimental area of the Instituto Federal do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberaba, MG. The reference evapotranspiration was estimated from the balance of water in the soil, obtaining the data of crop evapotranspiration in each method used. Among the results obtained, it's possible to conclude that the values of reference evapotranspiration obtained through the method of Hargreaves-Samani over estimated the values obtained through the methods of Blaney-Criddle and Penman-Monteith. The same occurred for blades estimated from the crop evapotranspiration (145.26; 359.47 e 431.86 mm, respectively).

KEY-WORDS: *Triticum* spp., irrigation management, estimate ETc.

INTRODUÇÃO

Dentre os tratamentos culturais, a irrigação constitui uma alternativa viável para melhoria da produtividade, na qual sua finalidade básica é proporcionar água à cultura para atender sua exigência hídrica (SANTANA et al., 2008). O solo junto à interação com a água, determina o limite superior de umidade que determinado solo apresenta, a capacidade de campo, importante na armazenagem e disponibilidade de água para as plantas (ANDRADE; STONE, 2010).

Segundo trabalho de Alves e Silva (2007), ensaios de irrigação realizados no Estado de São Paulo mostraram que a época de aplicação e a quantidade de água aplicada influem na produtividade do trigo. Segundo Carvalho et al. (2011), uma das alternativas para se racionalizar o uso da água, é estimar a evapotranspiração da cultura (ETc), a partir da evapotranspiração de referência (ETo).

De acordo com Sousa et al. (2010), a evapotranspiração de referência (ETo) é uma variável que pode ser afetada pelos fatores climáticos. O modelo de Penman-Monteith FAO 56 é considerado padrão. Porém, outros métodos são utilizados para se estimar a evapotranspiração de referência, como os Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle (GONÇALVES et al., 2009).

Diante do exposto, objetivou-se determinar a evapotranspiração de referência e da cultura para o trigo cultivado em Uberaba, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental sob o pivô central, pertencente ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberaba, MG. A cultivar utilizada foi a BRS 264. Os dados de balanço de água no solo foram coletados em seis parcelas. A parcela experimental foi constituída de 3m de comprimento e 3m de largura, o espaçamento entre linhas foi de 0,20m.

Estimou-se a evapotranspiração de referência aplicando-se as equações de Penman-Monteith (PM) parametrizado pela FAO 56, Blaney-Criddle (BC) e Hargreaves-Samani (H), conforme equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{t_{med} + 273} \right) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

em que: ETo - evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Δ - declividade da curva de pressão de vapor na saturação (kPa °C⁻¹); Rn - saldo de radiação (MJ m² dia⁻¹); G - fluxo de calor no solo (kPa °C⁻¹, considerado nulo devido à baixa magnitude); u₂ - velocidade do vento a 2 metros de altura (m s⁻¹); t_{med} - temperatura média do ar (°C); e_s - pressão de vapor na saturação (kPa); e_a - pressão de vapor atual (kPa); γ - constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

$$ET_o = cp(0,46 t_{med} + 8,13) \quad (2)$$

em que: c - coeficiente de ajuste, representado pela inclinação da reta dos nomogramas e p - porcentagem do total de fotoperíodo médio mensal (°C) sobre o total de fotoperíodo anual, conforme descrito por Doorenbos e Pruitt (1984).

$$ET_o = 0,0135 \times KT \times (t_{med} + 17,8) \times (t_{max} - t_{min})^{0,5} \times Ra \quad (3)$$

em que: ETo - evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); T_{med} - temperatura média do mês (°C); T_{max} - temperatura máxima do mês (°C); T_{min} - temperatura mínima do mês (°C); Ra - radiação extraterrestre (mm dia⁻¹) e KT - 0,162 para região interiorana. A evapotranspiração da cultura foi estimada por meio do balanço de água no solo (LIBARDI, 2005) num volume de controle correspondente à profundidade de 0,3 m (Equação 4):

$$\Delta h = P + I \pm Q - ET_c - E \quad (4)$$

em que: Δh - variação do armazenamento (mm); P - lâmina precipitada (mm); I - irrigação (mm); Q fluxo vertical de água no solo; entrada (+ Q) ou saída de água no sistema (- Q) (mm); ET_c - evapotranspiração (mm) e, E - deflúvio superficial (mm). Para o cálculo do deflúvio superficial (E), e da lâmina que sai ou entra no contorno inferior utilizou-se as equações 5 e 6, respectivamente.

$$I = aT^n \quad (5)$$

$$\Delta h = (\theta_2 - \theta_1) z \quad (6)$$

em que: I - infiltração acumulada (L); a - parâmetro do solo, dependente da condição inicial de umidade ($L T^{-n}$); T - tempo de infiltração (T); e n - parâmetro característico do solo, adimensional e constante, cujo valor pode situar-se entre 0 e 1; θ_2 - umidade média no tempo final ($m^3 m^{-3}$); θ_1 - umidade média no tempo inicial ($m^3 m^{-3}$) e z - profundidade considerada para o balanço (0,3 m).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1A e 1B estão os valores com médias decenciais de ET_o e ET_c para a equação de PM. O valor máximo atingido foi de 6,61 mm e o mínimo de 2,54 mm, correspondente aos 86 e 36 dias após a semeadura (DAS). Para essas condições a média foi de 4,45 mm. Nas Figuras 2A e 2B estão os valores com médias decenciais de ET_o e ET_c para a equação de BC, e foi observado uma média de 3,73 mm para a ET_o . O valor máximo foi de 5,67 mm aos 95 DAS, e aos 47 DAS verificou-se a menor ET_o , 2,29 mm. No trabalho de Libardi e Costa (1997) utilizando-se lisímetro, foi observado o consumo de água crescente até a fase de formação de grãos quando a cultura apresentou uma demanda de água média de 5,48 mm dia⁻¹.

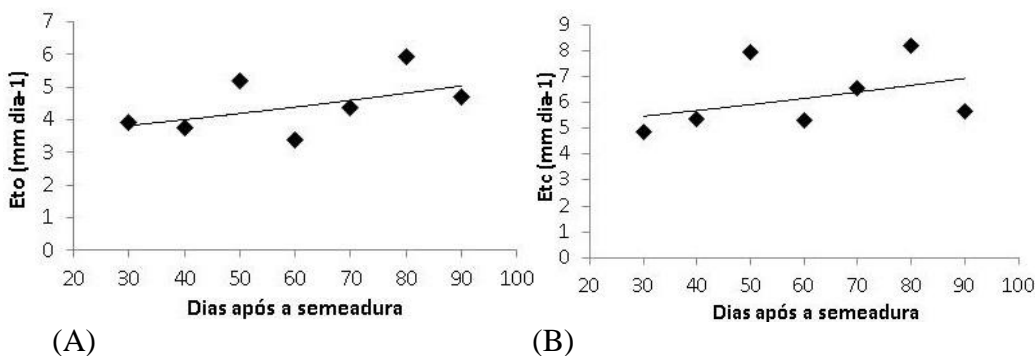


Figura 1. Valores de ET_o estimados pelo método de Penman-Monteith e ET_c .

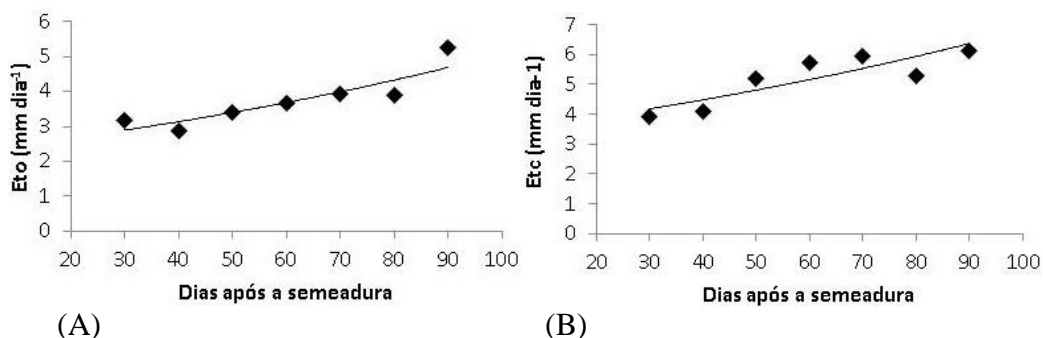


Figura 2. Valores de ETo estimados pelo método de Blaney- Criddle e ETo.

Nas Figuras 3A e 3B estão os valores com médias decenciais de ETo e ETo para a equação de H, sendo que a média observada foi de 1,50 mm para ETo. A maior ETo ocorreu aos 93 DAS e foi equivalente ao valor de 2,05 mm.

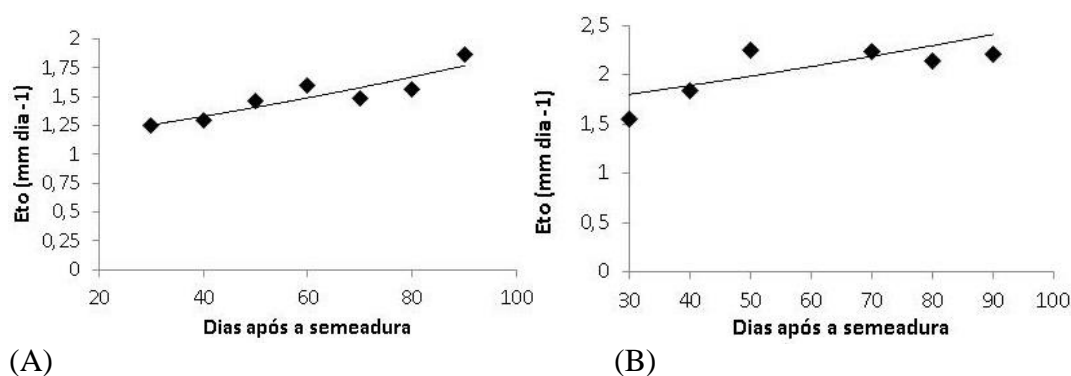


Figura 3. Valores de ETo estimados pelo método de Hargreaves-Samani e ETo.

CONCLUSÕES

A equação de Hargreaves-Samani subestimou os valores de ETo para a região na época estudada. Os valores médios de ETo foram para as equações de PM, BC e H respectivamente de 4,45; 3,73 e 1,50 mm dia⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio ao trabalho e aos autores.

REFERÊNCIAS

ALVES, S. M.; SILVA, F. F. Irrigação na agricultura: o caso do trigo. **Revista Cesumar - Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, v. 12, n. 2, p. 239-249, 2007.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 111-116, 2010.

CARVALHO, L. G. et al. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.

GONÇALVES, F. M. et al. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 3, n. 2, p. 71-77, 2009.

LIBARDI, V. C. M.; COSTA, M. B. Consumo d'água da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). **Revista da Faculdade de Zootecnia Veterinária e Agronomia de Uruguiana**, Uruguiana, v. 4, n. 1, p. 17-22, 1997.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da Água no Solo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 61, 2005. 329 p.

SANTANA, M. J. et al. Coeficiente de cultura e análise do rendimento do feijoeiro sob regime de irrigação. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 92-112, 2008.

SOUSA, I. F. et al. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 633-644, 2010.

ESTIMATIVA DOS COEFICIENTES DE CULTURA (kc) DO TRIGO PARA REGIÃO DE UBERABA, MG¹

Nicolly Urzedo Carneiro², Márcio José de Santana³, Bruna Fukumoto Kobayashi⁴,
Taynara Tuany Borges Valeriano⁵, Ana Flávia Oliveira⁶

¹Trabalho realizado com apoio da FAPEMIG; ²Estudante de Graduação, IFTM, Uberaba, MG, Bolsista FAPEMIG, nicolly.urzedo@live.com; ³Prof Dr. Engenharia Agrícola, IFTM, Uberaba, MG, marciosantana@iftm.edu.br; ⁴Eng. Agrônoma, Mestranda Unesp Jaboticabal, brunafkabayashi@hotmail.com; ⁵Eng. Agrônoma, Doutoranda Unesp Jaboticabal, taynarabvaleriano@gmail.com; ⁶Eng. Agrônoma, IFTM Uberaba, MG, anaflavia.agro@hotmail.com

RESUMO: O presente trabalho teve o objetivo de determinar o coeficiente de cultura a partir da evapotranspiração de referência calculada por três métodos de estimativa: Penman-Monteith; Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani. O trabalho foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberaba, MG. A evapotranspiração de referência foi estimada a partir do balanço de água no solo, obtendo-se consequentemente os dados da evapotranspiração da cultura em cada método utilizado. Concluiu-se o modelo de Hargreaves-Samani, subestimou os demais, em detrimento disso os valores de kc encontrados foram superiores. Os modelos Penman-Monteith e Blaney-Criddle os resultados obtidos foram condizentes com a literatura citada.

PALAVRAS-CHAVE: *Triticum* spp., manejo da irrigação, kc.

ESTIMATION OF COEFFICIENTS OF CULTURE (kc) FROM WHEAT TO REGION OF UBERABA, MG

ABSTRACT: The present work had the objective of determining the crop coefficient from the reference evapotranspiration calculated by three estimation methods: Penman-Monteith; Blaney-Criddle and Hargreaves-Samani. The work was conducted in the experimental area of the Federal Institute of Triângulo Mineiro, Uberaba *Campus*, MG. The reference evapotranspiration was estimated from the water balance in the soil, resulting in the evapotranspiration data of the crop in each method used. It was concluded the Hargreaves-Samani model under estimated the others, to the detriment of which the values of kc found were higher. The Penman-Monteith and Blaney-Criddle models obtained the results were consistent with the cited literature.

KEY-WORDS: *Triticum* spp., irrigation management, kc.

INTRODUÇÃO

O trigo é o segundo cereal mais produzido no mundo, com significativo peso na economia agrícola global. No Brasil, o trigo é cultivado principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste (MAPA, 2016). Dentre os tratos culturais, a irrigação constitui uma alternativa viável para melhoria da produtividade, na qual sua finalidade básica é proporcionar água à cultura para atender sua exigência hídrica (SANTANA et al., 2008).

Segundo Medeiros, Arruda e Sakai (2004), o coeficiente de cultura (kc) é um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas devendo, preferencialmente, ser determinado para as condições locais nas quais será utilizado;

estes são variáveis de acordo com o estágio fenológico da cultura. O kc pode ser visto como um método de racionalização da irrigação, diminuindo os custos e o impacto ambiental, ele determina a quantidade correta e o momento certo da aplicação da água, levando em consideração o método da irrigação empregado na área (SATURINO, 2013).

Diante do contexto, objetivou-se com este trabalho, determinar o coeficiente de cultura do trigo a partir da evapotranspiração de referência calculada por três métodos de estimativa: Penman-Monteith; Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental sob pivô central no Instituto Federal do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberaba, MG, localizado a 800m de altitude. O clima do local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido, com inverno frio e seco (Aw), com precipitação e temperatura média anual de 1.571 mm e 22,3 °C, respectivamente. A cultivar utilizada foi a BRS 264 desenvolvida pela EMBRAPA.

Os dados de balanço de água no solo foram coletados em seis parcelas. A parcela experimental foi constituída de 3 m de comprimento e 3 m de largura, o espaçamento entre linhas foi de 0,20 m. Baterias de tensiômetros foram instaladas a 0,10 e 0,30 m de profundidade nas parcelas experimentais. Com as tensões observadas foram calculadas as umidades correspondentes, a partir da curva de retenção de água no solo.

Estimou-se a evapotranspiração de referência aplicando-se as equações de Penman-Monteith parametrizado pela FAO 56, Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani, (Equações 1, 2 e 3), respectivamente.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{t_{med} + 273} \right) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

em que: ET_o - evapotranspiração de referência ($mm \text{ dia}^{-1}$); Δ - declividade da curva de pressão de vapor na saturação ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$); R_n - saldo de radiação ($MJ \text{ m}^2 \text{ dia}^{-1}$); G - fluxo de calor no solo ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$ - foram adotados valores iguais a zero para este parâmetro, devido à baixa magnitude); u_2 - velocidade do vento a 2 metros de altura ($m \text{ s}^{-1}$); t_{med} - temperatura média do ar ($^\circ C$); e_s - pressão de vapor na saturação (kPa); e_a - pressão de vapor atual (kPa); γ - constante psicrométrica ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$).

$$ET_o = cp(0,46 t_{med} + 8,13) \quad (2)$$

em que: c - coeficiente de ajuste, representado pela inclinação da reta dos nomogramas e p - porcentagem do total de fotoperíodo médio mensal ($^\circ C$) sobre o total de fotoperíodo anual, obtida conforme a metodologia de Doorenbos e Pruitt (1974).

$$ET_o = 0,0135 \times KT \times (t_{med} + 17,8) \times (t_{max} - t_{min})^{0,5} \times Ra \quad (3)$$

em que: ET_o - evapotranspiração de referência ($mm \text{ dia}^{-1}$); T_{med} - temperatura média do mês ($^\circ C$); T_{max} - temperatura máxima do mês ($^\circ C$); T_{min} - temperatura mínima do mês ($^\circ C$); R_a - radiação extraterrestre ($mm \text{ dia}^{-1}$) e KT - 0,162 para região interiorana.

A evapotranspiração da cultura foi estimada por meio do balanço de água no solo (LIBARDI, 2005) em um volume de controle correspondente à profundidade de 0,3 m (Equação 4):

$$\Delta h = P + I \pm Q - ET_c - E \quad (4)$$

em que: Δh - variação do armazenamento (mm); P - lâmina precipitada (mm); I - irrigação (mm); Q - fluxo vertical de água no solo ($+Q$, entrada de água no sistema) e ($-Q$,

saída de água no sistema) (mm); ETc - evapotranspiração (mm) e, E - deflúvio superficial (mm).

O coeficiente de cultura kc foi determinado conforme Equação 5.

$$k_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (5)$$

sendo: kc - a relação entre a evapotranspiração da cultura (ETc, mm) e a evapotranspiração de referência do local (ETo, mm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando os três modelos (Figura 1), nota-se que os modelos de Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani subestimaram os valores do modelo de Penman-Monteith.

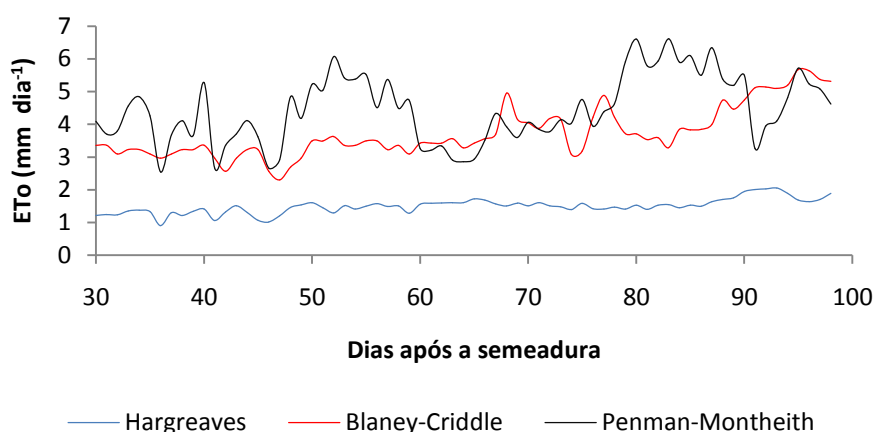


Figura 1. Comparação entre os métodos de estimativa de evapotranspiração de referência.

O mesmo foi observado no estudo comparativo entre os métodos no trabalho de Souza (1998) realizado em sete municípios do Estado do Ceará. Na Tabela 1, pode-se observar os valores de ETc acumulada através dos métodos de obtenção de ETo de Penman-Monteith; Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani: 431,87; 359,47 e 145,26 mm, respectivamente. Houve distanciamento dos valores totais de Hargreaves-Samani quando comparado aos outros dois métodos.

Tabela 1. Evapotranspiração da cultura acumulada e média do ciclo.

	ETc		
	Penman-Monteith	Blaney-Criddle	Hargreaves-Samani
Total (mm)	431,87	359,47	145,26
Média (mm dia ⁻¹)	6,26	5,21	2,11

Experimentos realizados por Ferreira et al. (1973), nas condições de Viçosa (MG), apresentaram maiores produções de grãos quando foram aplicadas lâminas totais de água de 531 mm durante o ciclo da cultura. Já para Doorenbos e Kassam (1979), a necessidade de água da cultura do trigo é de 450 a 600 mm, dependendo do clima e duração do ciclo.

Na Tabela 2 é possível observar os valores médios observados em cada uma das fases do ciclo da cultura do trigo. Os maiores valores de kc são observados nos estádios

de estabelecimento e floração para Penman-Monteith. O mesmo foi observado por Doorenbos e Kassam (1994) com valores 1,05 e 0,65 para esses estágios.

Tabela 2. Valores de kc médio de cada um dos métodos em fases da cultura do trigo na região de Uberaba, MG comparando-se com outros trabalhos.

Dias após a semeadura	Penman-Monteith	Guerra et al. (2003)	Doorenbos e Kassam (1994)
Estabelecimento	1,33	0,70	0,70
Floração	0,92	1,57	1,05
Espigamento	0,86	1,57	0,65
Maturação/Colheita	0,62	0,60	0,20

CONCLUSÕES

Os maiores valores de kc são observados nos estádios de estabelecimento e floração para Penman-Monteith. Os valores para os estágios de estabelecimento, floração, espigamento e colheita foram respectivamente de 1,33; 0,92; 0,86 e 0,62.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFTM e à FAPEMIG pelo apoio dado ao trabalho e aos autores.

REFERÊNCIAS

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. M. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: FAO, 1994. 220 p. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1974. 179 p.

FERREIRA, P. A. et al. Efeito de diferentes níveis de tensão de umidade no solo sobre a produção do trigo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, p. 129-135, 1973.

LIBARDI, V. C. M.; COSTA, M. B. Consumo d'água da cultura do trigo (*Triticum aestivum*, L.). **Revista da Faculdade de Zootecnia Veterinária e Agronomia de Uruguaiana**, Uruguaiana, v. 4, n. 1, p. 17-22, 1997.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da Água no Solo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 61, 2005. 329 p.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Trigo. Verão eletrônica**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/trigo>>. Acesso em: 09 de maio de 2016.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: Erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, p. 513-519, 2004.

SANTANA, M. J. et al. Coeficiente de cultura e análise do rendimento do feijoeiro sob regime de irrigação. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 92-112, 2008.

SATURINO, Helvecil Mattana. (Brasil). **Kc Coeficiente de cultura**. Disponível em: <<http://www.abid.org.br/kc/index.html>>. Acesso em: 20 de abril de 2017.

SOUZA, F. **Avaliação dos Estudos Hidroclimatológicos do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará: I** – Evapotranspiração. Encontro das Águas, IICA, Fortaleza, Ceará. 1998.

ESTIMATIVA DA SOMA TÉRMICA DO FEIJOEIRO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA BASE E DE ADUBAÇÃO NITROGENADA¹

Ana Gabriela Santiago Hilarino², Márcio José de Santana³, Karita Almeida Silva⁴,
Fábio Aurélio Dias Martins⁵, Luís Henrique de Souza Fávoro⁶

¹Trabalho realizado com apoio da FAPEMIG; ²Estudante de Engenharia Agrônômica, Uberaba, MG, anahilarino@gmail.com; ³Engenheiro agrônomo, Dr. Irrigação e Drenagem, Prof. IFTM, Uberaba, MG, marciosantana@iftm.edu.br; ⁴Estudante de Engenharia Agrônômica, bolsista PET/MEC, Uberaba, MG, karitaalmeidasilva@gmail.com; ⁵Pesquisador EPAMIG, fabio.aurelio@epamig.br; ⁶Estudante de Engenharia Agrônômica, Uberaba, MG, bolsista PIBIC IFTM, luishenriquefavaro05@gmail.com

RESUMO: O objetivo do trabalho foi estimar os graus-dia acumulados da cultura do feijoeiro comum em função de diferentes temperaturas base e formas de adubação nitrogenada. O experimento em campo foi conduzido em um esquema de blocos com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram: inoculação nas sementes de *Rhizobium tropici* (estirpe CIAT 899), com *R. etli* (UFLA 02-100), ausência de inoculação, ausência de nitrogênio, aplicação de nitrogênio com 40 kg ha⁻¹ na semeadura e 40 kg ha⁻¹ em cobertura (V3), aplicação de 20 kg ha⁻¹ com inoculação da CIAT 899 e aplicação de 20 kg ha⁻¹ com inoculação da UFLA 02-100. A cultivar implantada foi a BRS MG Madreperola. Nas subparcelas foram consideradas três temperaturas base: 10°C, 13°C e 15°C. Foram obtidos os graus-dia acumulados no ciclo da cultura e também por fase fenológica em função dos seis tratamentos de campo e temperaturas base. Dentre os resultados pode-se verificar que não houve efeito das formas de adubação nitrogenada no GD acumulado na cultura do feijoeiro. O GD acumulado no ciclo do feijoeiro foi de 778,50; 541,50 e 383,50 °C quando utiliza-se as temperaturas base de 10°C, 13°C e 15°C, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Graus dia. *Phaseolus vulgaris* L. *Rhizobium*.

ESTIMATION OF THE BEAN THERMAL SUMMARY IN THE BASIC TEMPERATURE AND NITROGEN FERTILIZER

ABSTRACT: The objective of this work was to estimate the cumulative day degrees of common bean culture as a function of different base temperatures and forms of nitrogen fertilization. The field experiment was conducted in a block scheme with six treatments and five replicates. The treatments consisted of: inoculation in the seeds of *Rhizobium tropici* (stirpe CIAT 899), with *R. etli* (UFLA 02-100), absence of inoculation, absence of nitrogen, application of nitrogen with 40 kg ha⁻¹ at sowing and 40 kg ha⁻¹ in cover (V3), application of 20 kg ha⁻¹ with inoculation of CIAT 899 and application of 20 kg ha⁻¹ with inoculation of UFLA 02-100. The cultivar implanted was BRS MG Madreperola. In subplots, three base temperatures were considered: 10°C, 13°C and 15°C. The degree-days accumulated in the crop cycle and also by phenological phase were obtained as a function of the six field treatments and base temperatures. Among the results it can be verified that there was no effect of the nitrogen fertilization forms in the GD accumulated. The DM accumulated in the cycle of the bean was 778.50; 541.50 and 383.50°C when the base temperatures of 10°C, 13°C and 15°C respectively are used.

KEY-WORDS: Degree day. *Phaseolus vulgaris* L. *Rhizobium*.

INTRODUÇÃO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é de grande importância econômica e social por estar presente na base alimentação da população brasileira. Wallace et al. (1991) relataram que a temperatura é um dos principais fatores ambientais no controle do desenvolvimento e produção do feijoeiro. Dessa forma, a temperatura afeta não apenas o acúmulo de fitomassa como, também, a duração dos vários estádios de desenvolvimento da espécie, uma vez que, para completar cada subperíodo de desenvolvimento, as plantas necessitam um determinado acúmulo térmico (FIDELES; NOBREGA; RAO, 2004).

A soma térmica baseia-se no acúmulo térmico diário dentro dos quais a planta se desenvolve, sendo delimitados pelas temperaturas superior e inferior (MULLER et al., 2009).

O nitrogênio é o nutriente que é mais absorvido e extraído na cultura do feijão. Devido à busca de outras formas de fornecer nitrogênio à cultura do feijão, uma alternativa viável, que vem sendo estudada é a fixação biológica de nitrogênio por meio de bactérias do gênero *Rhizobium* que são inoculadas nas sementes da cultura, e ao longo do seu desenvolvimento fixam o N e o disponibilizam para a planta.

Diante do exposto objetivou-se com este trabalho estimar os graus-dia acumulados da cultura do feijoeiro comum em função de diferentes temperaturas base e formas de adubação nitrogenada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Culturas Anuais no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro no *Campus* Uberaba, MG. O delineamento experimental foi em de blocos casualizados (DBC) em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. Foram seis tratamentos: inoculação nas sementes de *Rhizobium tropici* (estirpe CIAT 899), com *R.etli* (UFLA 02-100), ausência de inoculação, ausência de nitrogênio, aplicação de nitrogênio com 40 kg ha⁻¹ na semeadura e 40 kg ha⁻¹ em cobertura (V3), aplicação de 20 kg ha⁻¹ com inoculação da CIAT 899 e aplicação de 20 kg ha⁻¹ com inoculação da UFLA 02-100; totalizando 30 parcelas em campo. Cada parcela foi composta de oito linhas de plantio com 3 m de comprimento. Nas subparcelas foram consideradas três temperaturas base: 10°C, 13°C e 15°C. Foram obtidos os graus-dia acumulados no ciclo da cultura e também por fase fenológica em função dos seis tratamentos de campo e das temperaturas base. Foi registrado em cada parcela quando pelo menos 10 plantas tenham mudado de fase. Os inoculantes foram preparados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, MG.

A semeadura foi realizada em junho de 2016 e a colheita em setembro de 2016. A cultivar implantada foi a BRSMG Madrepérola. A irrigação foi realizada com sistema de aspersão convencional e o manejo por meio da coleta da umidade do solo (Método Digital) com objetivo de manter o solo próximo a capacidade de campo em turnos de regas de dois dias.

O solo foi preparado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens. Os graus-dia necessários para o desenvolvimento de cada estádio foram calculados a partir da equação 1.

$$GDA=(T_{max}+T_{min}/2) - T_{base} \quad (1)$$

em que, GDA é graus-dia acumulado, T max é a temperatura diária média máxima do ar (°C), Tmin é a temperatura diária média mínima do ar (°C) e Tbase é a temperatura abaixo da qual as plantas não se desenvolvem. A temperatura base superior foi de 35°C. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão os valores médios das temperaturas máxima, média e mínima para os meses de condução do experimento. As temperaturas máximas não ultrapassaram a temperatura base superior. Em 13 dias no campo a temperatura mínima foi inferior a 10°C, porém nestes apenas três dias a média esteve inferior a menor temperatura base considerada no experimento.

Tabela 1. Temperatura média mensal, temperatura média máxima e mínima e precipitação pluvial.

Mês	Temperatura média máxima (°C)	Temperatura média mensal (°C)	Temperatura média mínima (°C)
Junho	26,4	18,7	12,4
Julho	28,0	19,2	11,4
Agosto	29,5	18,3	13,2
Setembro	29,7	22,2	15,9

Não foi verificada diferença estatística entre as temperaturas base testadas e a interação com as formas de adubação (Tabela 2). Na Tabela 3 estão dados (médios) da duração de cada estágio fenológico e GD em função das temperaturas base utilizadas. O GD acumulado no ciclo do feijoeiro foi de 778,50; 541,50 e 383,50 °C quando utiliza-se as temperaturas base de 10°C, 13°C e 15°C, respectivamente. Os estágios fenológicos que consumiram maior energia foram V2, R9 e R15. Para Fideles, Nobrega e Rao (2004) a duração do ciclo total do feijoeiro foi de 74 a 90 dias em função da época de semeadura que estendeu de abril a agosto (Lagoa Seca, PB). Os GD acumulados variaram de 818,7 a 976 e a produtividade de 894 a 1853 kg ha⁻¹. Ainda conforme os autores a soma térmica menor proporcionou uma maior produtividade devido à ocorrência da temperatura mais elevada e quando a época de cultivo iniciou-se na primeira quinzena de maio, houve um aumento no ciclo vegetativo e uma redução na produtividade final. Em trabalho realizado em Rondônia, Miranda e Campelo Júnior (2010) trabalhando com modelos de previsão de GD e diferentes temperaturas base concluíram que quando a Tb foi de 10°C o GD acumulado para o feijoeiro variou de 977,6 a 1261,9; quando Tb foi de 12°C a variação foi de 835,7 a 1038,8 e por fim utilizando a Tb de 15°C verificou-se valores entre 686 e 830,2. Plantas de um mesmo genótipo, desenvolvidas em condições climáticas distintas, podem não estar em um mesmo subperíodo de desenvolvimento (MIRANDA; CAMPELO JÚNIOR, 2010).

Tabela 2. Valores médios de GD acumulados.

Tratamentos	10°C	13°C	15°C
CIAT 899	778,0 a ¹	541,0 a	383,0 a
UFLA 02-100	777,9 a	541,5 a	383,5 a
Sem aplicação N	776,3 a	541,5 a	383,5 a
40 + 40kg ha ⁻¹	778,9 a	540,0 a	383,5 a
20 kg ha ⁻¹ + CIAT 899	778,3 a	538,8 a	384,0 a
20 kg ha ⁻¹ + UFLA 02-100	775,3 a	541,0 a	383,0 a

¹ médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 3. Duração dos estádios fenológicos do feijoeiro e soma térmica (média) em função da temperatura base utilizada.

Estádios	Duração (dias)	10°C	13°C	15°C
V0	3	33,96	21,96	13,96
V1	2	17,50	11,50	7,50
V2	22	214,88	145,88	99,88
V3	5	28,69	16,69	8,69
V4	6	46,87	28,87	16,87
R5	8	94,69	67,69	49,69
R6	5	57,18	42,18	32,18
R7	7	68,54	47,54	33,54
R8	13	96,10	67,60	48,60
R9	15	120,09	91,59	72,59
Total	86	778,50	541,50	383,50

CONCLUSÕES

Não houve efeito das formas de adubação nitrogenada no GD acumulado na cultura do feijoeiro cultivar BRSMG Madrepérola, independente da temperatura base estudada.

AGRADECIMENTOS

A FAPEMIG pelo apoio financeiro cedido. A Profa. Fátima M. de Souza Moreira da UFLA e sua equipe pelo material inoculante cedido.

REFERÊNCIAS

FIDELES FILHO, J.; NOBREGA, J.Q.; RAO, T.V.R. Necessidades térmicas do feijoeiro em regime de sequeiro. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13,2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CBMET, 2004.

MIRANDA, M.N.; CAMPELO JÚNIOR, J.H. Soma térmica para o subperíodo semeadura-maturação de feijão cv. Carioca em Colorado do Oeste, Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 180-185, 2010.

MULLER, L.; et al. Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de genótipos diploides e tetraploides de azevém. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1343-1348, 2009.

WALLACE, D. H. et al. Photoperiod, temperature, and genotype interaction effects on days and nodes required for flowering of bean. **American Society for Horticultural Science Journal**, Alexandria, v. 116, n. 3, p. 534-543, 1991.

SOMA TÉRMICA E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE SEMEADURA

Fernando da Silva Almeida¹, Márcio José de Santana², Fábio Luiz Checchio Mingote³; Leandro Borges Lemos⁴

¹Mestre em Agronomia, IFTM, Uberaba, MG, fernandosilva@iftm.edu.br; ² Professor Doutor, IFTM, Uberaba, MG, marciosantana@iftm.edu.br; ³ Doutor em Agronomia, UNESP, Jaboticabal, SP, flcmingotte@gmail.com; ⁴ Professor Doutor, UNESP, Jaboticabal, SP, leandrobl@fcav.unesp.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estimar a necessidade térmica e o rendimento de grãos de cultivares de feijão-caupi em função da época de semeadura. Para isso, um experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 6x3, utilizando-se seis cultivares de caupi (BRS-Itaim, BRS-Guariba, BRS-Potengi, BRS-Cauamé, BRS-Novaera e BRS-Tumucumaque) e três épocas de semeadura (14/dez/2012, 14/jan/2013 e 14/fev/2013), com quatro repetições. O somatório de graus-dia para o florescimento pleno e para a maturação das vagens mostrou-se dependente da interação cultivares e épocas de semeadura, principalmente para a cultivar BRS Nova Era, a qual demandou maior somatório de grau-dia para atingir o florescimento e maturação das vagens. Com relação a produtividade de grãos, as cultivares BRS Itaim e BRS Nova Era apresentaram baixa produtividade de grãos na semeadura de dezembro, porém as mesmas cultivares foram bastante produtivas na semeadura de fevereiro.

PALÁVRAS CHAVE: Períodos de cultivo. Rendimento de grãos. Graus dia

THERMAL REQUIREMENT AND GRAIN YIELD OF COWPEA CULTIVARS DEPENDING ON SOWING SEASONS

ABSTRACT: The objective of this work was to assess thermal requirement and grain yield of cowpea cultivars depending on sowing seasons. Thus, an experiment was conducted in a complete randomized block design, in a 6x3 factorial arrangement, using six cowpea cultivars (BRS-Itaim, BRS-Guariba, BRS-Potengi, BRS-Cauamé, BRS-Nova Era and BRS-Tumucumaque) and three sowing seasons (Dec 14, 2012; Jan 14, 2013; and Feb 14, 2013), with four replications. The degree day sum for the full flowering and maturation of pods showed up dependent on the interaction cultivars and sowing seasons mainly to BRS Nova Era which required higher sum of degree days to reach the flowering and pod setting stages. Regarding grain yield, the BRS and BRS Itaim and Nova Era showed low grain yield in the December sowing, however the same cultivars were quite productive at sowing February.

KEY-WORDS: Sowing seasons. Grain yield. Degree-day

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma leguminosa cultivada nas regiões semiáridas da África, Estados Unidos e Brasil (ROCHA et al., 2009). É uma cultura cujo crescimento e desenvolvimento são fortemente influenciados pela temperatura. Isso tem levado à difusão da conceituação das unidades térmicas, expressas em graus-dia, para descrever e prever os eventos fenológicos e mesmo o comprimento do ciclo dessa cultura (MEDEIROS et al., 2000). A disponibilidade térmica tem influência direta sobre o desenvolvimento fenológico das plantas. Logo, em regiões ou mesmo épocas mais quentes, há maior precocidade no desenvolvimento (BERGAMASCHI, 2006).

Segundo Medeiros et al. (2000), as plantas desenvolvem-se numa taxa linear à medida que se acumulam os graus-dia acima de uma temperatura base, ao passo que abaixo dessa temperatura o crescimento e o desenvolvimento da planta se processam de forma muito reduzida ou mesmo cessam. Moura et al. (2012) enfatizam que em geral se deve considerar a temperatura base inferior a 10 °C para o cálculo da soma térmica da cultura do feijão-caupi.

O somatório de graus-dia é um parâmetro de extrema relevância no processo de otimização e redução de riscos climáticos. Entretanto, são escassos os trabalhos relacionados a este assunto com a cultura do feijão-caupi nas condições climáticas do Brasil central. Considerando os aspectos apresentados, este trabalho tem como objetivo determinar a exigência térmica e a produtividade de grãos de cultivares de feijão-caupi, em função da época de semeadura em Uberaba-MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado, no regime de sequeiro, em delineamento de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 6 x 3, correspondendo a seis cultivares de feijão-caupi (BRS Itaim, BRS Guariba, BRS Potengi, BRS Cauamé, BRS Novaera e BRS Tumucumaque) e três épocas de semeadura (14/dez/2012, 14/jan/2013 e 14/fev/2013), com quatro repetições. Cada parcela foi formada por quatro linhas de plantas, com cinco metros de comprimento, considerando-se como área útil as duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade.

A semeadura foi feita manualmente de forma a obter uma população média de 200 mil plantas por hectare.

Realizou-se a adubação de base e de cobertura de acordo com a análise de solo. Os dados de temperatura do ar foram obtidos a partir da estação Meteorológica instalada próximo ao experimento. Foram determinados os seguintes parâmetros: somatório graus-dia para o florescimento pleno e somatório de graus-dia para a maturação das vagens e a produtividade das cultivares. Para obtenção dos parâmetros em questão, as plantas foram observadas a cada dois dias, segundo a metodologia de identificação dos estádios, proposta por Moura et al. (2012), que considera os seguintes estádios: R2: surgimento da 1ª flor aberta (florescimento pleno) e R6: maturidade de aproximadamente 50% das vagens da planta (colheita).

Os graus-dia necessários para o desenvolvimento de cada estágio foram calculados a partir equação 1.

$$GD = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_{base} \quad (1)$$

Em que, GD é graus-dia acumulado, Tmax é a temperatura máxima do ar (°C), Tmin é a temperatura mínima do ar (°C), Tbase é a temperatura abaixo da qual as plantas não se desenvolvem. A temperatura base adotada foi de 10°C (MOURA et al., 2012).

A produtividade de grãos foi determinada em função do rendimento de grãos em cada unidade experimental, com padronização no grau de umidade dos grãos para 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de graus-dia necessários para florescimento pleno e para a maturação das vagens mostrou-se dependente da interação entre as cultivares de feijão-caupi e as épocas de semeadura (Tabela 1). Na semeadura de dezembro e janeiro, a cultivar BRS Nova Era demandou um maior acúmulo de graus-dia para atingir o estágio de florescimento pleno e maturação das vagens. No entanto, em fevereiro todas as cultivares demandaram somatórios de graus-dia semelhantes para o florescimento pleno e maturação das vagens. Em trabalho semelhante, desenvolvido por Moura et al. (2012), foi verificado que a cultivar BR 17 Gurgueia, semeada em condições de sequeiro, demandou 818 graus-dia para atingir o florescimento pleno. As temperaturas noturnas amenas, ocorridas nas duas épocas de semeadura, pode ter contribuído para o prolongamento do ciclo das cultivares, principalmente BRS Itaim e BRS Nova Era (Figura 1).

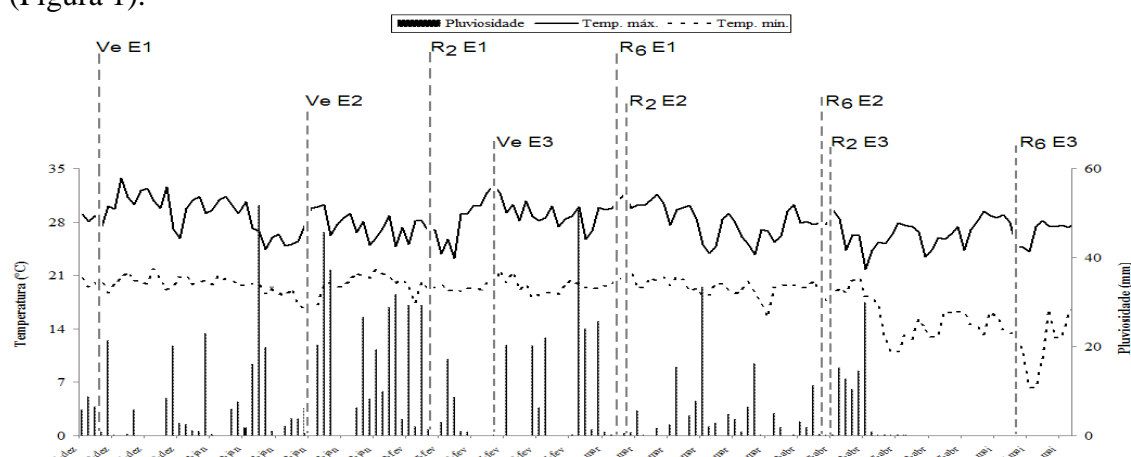


Figura 1. Dados médios de cada cinco dias da precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima registradas na área experimental durante o período de dezembro de 2012 a maio de 2013 em Uberaba (MG). V_E (emergência); R_2 (florescimento pleno); R_6 (maturação fisiológica); E1 (semeadura em dezembro de 2012); E2 (semeadura em janeiro de 2013) e E3 (semeadura em fevereiro de 2013).

A faixa de temperatura entre 20 e 30°C é considerada ótima para o feijão-caupi, enquanto que temperaturas inferiores a 19°C aumentam o ciclo vegetativo e retardam seu florescimento (CAMPOS, SILVA; SILVA, 2010).

Quanto a produtividade de grãos, as cultivares BRS Itaim e BRS Nova Era alcançaram produtividade de grãos inferiores às demais cultivares, na semeadura realizada em fevereiro, com valores de 873 e 978 kg ha⁻¹ respectivamente (Tabela 2).

Entretanto, na semeadura realizada em fevereiro, as mesmas cultivares, juntamente com a cultivar BRS Guariba, apresentaram produtividades de grãos superiores às demais, com variação de 3.168 a 3.439 kg ha⁻¹. É importante salientar que esses valores são superiores aos reportados por Teixeira et al. (2010), Matoso et al. (2013) de 1.307, 3.152 kg ha⁻¹ respectivamente, em condições de sequeiro.

A menor produtividade de grãos para as cultivares BRS Itaim e BRS Nova Era nas sementeiras realizadas em dezembro e janeiro possivelmente ocorreu em razão da maior suscetibilidade das referidas cultivares ao fungo *Sclerotium rolfsii* Sacc, causador da Murcha de Sclerotium, que afetou principalmente a população de plantas no período reprodutivo da cultura.

Tabela 1. Graus para o florescimento pleno e maturação das vagens de cultivares de feijão-caupi em diferentes épocas de sementeira, Uberaba-MG⁽¹⁾.

Cultivares	Graus-dia para o florescimento pleno			Graus-dia para a maturação		
	(GD)					
	Época de sementeira					
	14/dez	14/jan	14/fev	14/dez	14/jan	14/fev
BRS Itaim	746 bA	689 bB	679 aB	1.164 bA	1.098 aB	990 aC
BRS Guariba	642 cB	627 cC	679 aA	962 dC	975 dB	990 aA
BRS Tumucumaque	600 eC	627 cB	679 aA	935 eC	973 dB	990 aA
BRS Novaera	798 aA	735 aB	679 aC	1.324 aA	1.098 aB	990 aC
BRS Potengi	628 dB	627 cB	679 aA	976 cC	1.044 cA	990 aB
BRS Cauamé	643 cB	689 bA	679 aA	962 dC	1.072 bA	990 aB

(1) Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Produtividade de grãos em diferentes épocas de sementeira, Uberaba- MG⁽¹⁾.

Cultivares	Produtividade de grãos		
	(kg ha ⁻¹)		
	Época de sementeira		
	14/dez	14/jan	14/fev
BRS Itaim	873 cC	1.710 cB	3.439 aA
BRS Guariba	1.373 aC	1.746 cB	3.168 bcA
BRS Tumucumaque	1.530 aB	2.859 aA	3.071 cA
BRS Novaera	978 bcB	994 dB	3.435 abA
BRS Potengi	1.260 abC	2.489 bB	3.107 bcA
BRS Cauamé	1.245 abC	1.702 cB	2.915 cA

(1) Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

As cultivares BRS Itaim e BRS Nova Era demandam maiores somatórios térmicos para atingirem os estádios de florescimento pleno e maturação de vagens quando sementeiras em dezembro e janeiro.

O desempenho produtivo das cultivares de feijão-caupi é influenciado pelas condições ambientais das diferentes épocas de sementeira. A sementeira realizada em fevereiro favorece a obtenção das maiores produtividades de grãos para todas as cultivares de feijão-caupi, com destaque para a BRS Itaim e BRS Nova Era.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio cedido aos autores e ao trabalho.

REFERÊNCIAS

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F. et al. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.2, p.243-249, 2006.

CAMPOS, J.H.B. da C.; SILVA, M.T.; SILVA, V. de P.R. da. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, p.396-404, 2010.

MATOSO, A.O. et al. Desempenho agrônômico de feijão-caupi e milho semeados em faixas na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.7, p.722-730, 2013.

MEDEIROS, G. A. de et al. Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro relacionados a graus-dia acumulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9. p. 1733-1742, 2000.

MOURA, J. Z et al. Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus-dia do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 66-71, 2012.

ROCHA, M. de M. et al. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.3, p.270-275, 2009.

TEIXEIRA, I. R et al. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes e cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n.2 p. 300-307, 2010.

PRODUTIVIDADE DA ALFACE AMERICANA EM FUNÇÃO DOS MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA¹

Jan Cornelis van Kempen², Márcio José de Santana³, Marcos Vinícios de Jesus⁴,
Letícia de Souza Leite⁵.

¹Trabalho realizado com apoio da FAPEMIG; ²Estudante, IFTM *campus* Uberaba, MG, Bolsista PET/MEC, jankempen15@hotmail.com; ³Dr. Irrigação e Drenagem, Professor, IFTM *campus* Uberaba, MG, marciosantana@iftm.edu.br; ⁴ Eng. Agrônomo, IFTM *campus* Uberaba, MG, marcos.jesus@agricultura.gov.br; ⁵Estudante, IFTM *campus* Uberaba, MG, bolsista CNPq, leticialeite06@hotmail.com.

RESUMO: Levando em conta o cenário hídrico nacional é imprescindível o uso de técnicas de manejo de irrigação para evitar desperdício de água e ao mesmo tempo fornecer quantidades corretas desse recurso para a planta. O atual experimento foi conduzido em casa de vegetação do tipo arco no setor de Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* Uberaba), com objetivo de avaliar os efeitos de lâminas de irrigação estabelecidas por diferentes métodos na produção de alface americana cultivada em ambiente protegido. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 8 repetições, sendo cinco métodos de manejo da irrigação, perfazendo no total 40 parcelas. As lâminas de irrigação foram estabelecidas pelas equações de Hargreaves, Blaney-Criddle, tanque Classe A, tanque alternativo e drenos coletores de água de percolação. Foi determinado: peso total da planta, produtividade (peso comercial ou da cabeça), massa seca da cabeça, número de folhas externas, número de folhas internas, circunferência da cabeça, diâmetro do caule e circunferência do caule. Observou-se que os métodos climáticos representados pelas equações de Hargreaves e Blaney-Criddle apresentaram desempenho superior aos tanques evaporímetros, quando instalados no interior de ambientes protegidos.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo de irrigação, *Lactuca sativa* L., evapotranspiração.

AMERICAN LETTUCE PRODUCTIVITY IN THE FUNCTION OF THE METHODS OF EVAPOTRANSPIRATION OF CULTURE

ABSTRACT: Taking into account the national water scenario is essential the use of irrigation management techniques to avoid water waste and at the same time provide correct amounts of this resource for the plant. The present experiment was conducted in a greenhouse of the arch type in the sector of Olericultura the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* Uberaba), with the objective of evaluating the effects of irrigation blades established by different methods in the production of american lettuce grown in protected environment. The experimental design was a randomized complete block with 8 replicates, five irrigation management methods, totaling 40 plots. The irrigation slides were established by the Hargreaves, Blaney-Criddle, Class A pan, Alternative Tank, and Percolating Water Collection Drains equations.. The total plant weight, productivity (commercial or head weight), dry mass of head, number of external leaves, number of internal leaves, head circumference, stem diameter and stem circumference were determined. It was observed that the climatic methods represented by the Hargreaves and Blaney-Criddle equations

presented superior performance to the evaporimeter tanks when installed inside protected environments.

KEY-WORDS: Irrigation management, *Lactuca sativa* L., Evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

A alface é uma cultura exigente em água, sendo o manejo adequado da irrigação importante não apenas por suprir as necessidades hídricas das plantas, mas também, para diminuir gastos desnecessários com água e energia (KOETZ et al., 2006).

Segundo Volpe e Churata-Masca (1988) existem vários métodos para se efetuar o manejo da água de irrigação e, dentre eles, se destaca o do tanque Classe A, devido à sua facilidade de operação, a custo relativamente baixo e, sobretudo, em virtude da possibilidade de instalação próxima à cultura a ser irrigada; no entanto, visando diminuir o custo do tanque Classe A em razão do espaço reduzido no interior das casas de vegetação, tem-se adotado tanques de evaporação com dimensões reduzidas (minitanque), como alternativa para a estimativa da evapotranspiração. Outra alternativa para realizar o manejo da água de irrigação é através de equações que utilizam variáveis climáticas, como temperatura, umidade relativa do ar e também a velocidade do vento. Podem-se destacar as equações de Hargreaves e Blaney-Criddle que são relativamente fáceis de trabalhar e requerem pouco investimento. Além do mais vários trabalhos publicados demonstram a aplicabilidade com eficiência dessas equações.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a eficiência de métodos utilizados para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura (ET_c), bem como seus efeitos sobre a produtividade e desenvolvimento da alface americana, em ambiente protegido, na região de Uberaba, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 13 cm³ de solo. A condução foi realizada em casa de vegetação do tipo arco no setor de Olericultura, localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM *Campus* Uberaba), no município de Uberaba, MG. Este está localizado a 800m de altitude, com latitude de 19° 39' 19"S e longitude de 47° 57' 27"W. O clima do local, segundo a classificação internacional de Köppen é do tipo Aw, isto é, tropical quente úmido, com inverno frio e seco, precipitação anual de 1584,2 mm ano⁻¹.

Durante a condução do experimento foram coletadas as seguintes variáveis climáticas: temperatura, velocidade do vento, evaporação da água e umidade relativa do ar. Os valores de temperatura e umidade relativa foram obtidos por meio de um termohigrômetro instalado no interior da casa de vegetação.

A cultivar utilizada no experimento foi a Tainá do tipo americana. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com cinco tratamentos e oito repetições. Cada parcela experimental era composta de 2 vasos (uma planta por vaso). Os vasos do bloco eram espaçados 0,40 m entre si, o espaçamento entre blocos foi 1,0 m. Os tratamentos utilizados constaram de cinco métodos para estimativa da evapotranspiração, sendo: tanque Classe A, tanque alternativo, equação de Blaney-

Cridlle (1950), equação de Hargreaves (1985) e método dos drenos coletores de água de percolação. O monitoramento da umidade do solo contido nos vasos foi realizado utilizando-se tensiômetros, instalando-se duas hastes por tratamento.

A ETo obtida pelo tanque Classe foi a partir da evaporação da água e o coeficiente do tanque. Foi instalado um tanque alternativo no interior da casa de vegetação, constituído de aço, com aproximadamente 30 cm de altura e 56 cm de diâmetro, contendo ainda um dreno próximo a borda superior. Este método não utilizou coeficientes para correção da evaporação, conseqüentemente a Evapotranspiração de referência foi obtida diretamente por meio da evaporação diária verificada.

Para obtenção da ETo utilizando a equação de Hargreaves, foi instalado um termohigrômetro no interior da casa de vegetação para registro de temperatura máxima, média e mínima, além dos dados de umidade relativa do ar. A leitura dos dados era feita durante o período da manhã. Esse método estima a ETo conforme equação:

$$ETo = 0,0023 (T \text{ méd} + 17,8) \cdot (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,5} \cdot Ra \cdot 0,408 \quad (1)$$

Para obtenção da ETo utilizando a equação de Blaney-Criddle, utilizaram-se os valores de temperatura e umidade relativa obtidos com o termohigrômetro, além dos valores de velocidade do vento. A equação utilizada foi:

$$ETo = a + b [f (0,46 T + 8,13)] \quad (2)$$

Drenos coletores de água de percolação foram utilizados como parâmetro para verificar a eficiência e confiabilidade dos demais métodos, e diferentemente dos demais tratamentos tal método estimava diretamente a ETc. Na aplicação desse tratamento, o volume de água de reposição para cada vaso foi obtido a partir da quantidade de água evapotranspirada diariamente, para isso, foram instalados, drenos de coleta da água de percolação em 4 vasos, possibilitando a equação do balanço de água no solo, sendo:

$$ET = I - D \quad (3)$$

Com exceção do método dos drenos coletores de água de percolação, todos os demais métodos somente estimaram a ETo, fazendo-se necessário a utilização de um coeficiente da cultura (Kc) para a obtenção da ETc, que foi obtida por meio da equação:

$$ETc = ETo \cdot Kc \quad (4)$$

As características avaliadas foram: peso total da planta, peso da cabeça, massa seca da cabeça, número de folhas externas e internas, circunferência da cabeça, diâmetro do caule e comprimento do caule. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio da aplicação do teste F e na ocorrência de diferenças de ordem significativa os dados foram submetidos ao teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão as médias das variáveis avaliadas em função dos métodos utilizados para estimar as lâminas de irrigação. Nota-se que peso médio comercial (cabeça) foi maior quando utilizou-se os métodos do Dreno, Blaney-Criddle e Hargreaves. As médias inferiores observadas nos tratamentos tanque alternativo e tanque Classe A, podem ser explicadas pelo estresse hídrico, que influenciou negativamente tanto na formação das cabeças e também no peso das mesmas.

Tabela 1. Produtividade da alface americana em função dos métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura.

Tratamentos	Peso médio total (g)	Peso médio cabeça (g)	Massa seca cabeça (g)	Circunferência da cabeça (cm)	Nº de folhas externas	Nº de folhas internas
Hargreaves	375,75 a	191,10 a	12,52 a	31,77 a	6,29 b	13,56 a
Blaney-Criddle	350,72 a	173,41 a	11,05 a	31,63 a	13,81 b	13,12 a
Drenos	365,29 a	148,82 a	10,31 a	25,16 b	17,25 a	9,25 a
Tanque Alternativo	326,85 a	93,34 b	6,50 b	20,95 c	15,06 b	7,94 b
Tanque Classe A	237,25 b	44,80 c	6,29 b	14,15 d	18,31 a	5,44 c

¹ Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo Teste Scott-Knott.

Os valores encontrados são compatíveis com Vilas Boas et al. (2007) que encontraram valores máximos de produtividade comercial em experimento com alface crespa, irrigada por gotejamento, de 33.225 kg ha⁻¹, com aplicação das lâminas 244,9 mm.

Marouelliet al (1996) observaram que flutuações no teor de água no solo afeta o desenvolvimento vegetativo da planta e, extremidades do teor de água no solo como o déficit hídrico ou o excesso de água diminui a qualidade e reduz a produtividade.

Os resultados encontrados também são corroborados por Lima Júnior et al (2010) que trabalhando com alface americana em ambiente protegido, encontraram resposta quadrática no acréscimo na produtividade comercial da cabeça, na medida em que se aumentaram as lâminas de irrigação.

CONCLUSÕES

Considerando as principais características avaliadas pode-se concluir que, os métodos de manejo de irrigação Hargreaves e Blaney-Criddle mostraram satisfatórios para utilização em ambiente protegido na região de Uberaba, MG, Esses métodos também proporcionaram desenvolvimento superiores e as maiores produtividades dentre todos os tratamentos. Os métodos evaporímetros representados pelo tanque Classe A e tanque alternativo, subestimaram os valores da evapotranspiração da cultura, provocando estresse hídrico nas plantas manejadas por esses tratamentos.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio cedido aos autores e ao trabalho.

REFERÊNCIAS

BLANEY, H. F.; CRIDDLE, W. O. **Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data.** Washington: USDA Soil Conservation Service, 1950. 48p. Technical Paper n.96.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering Agriculture**, v.1, n.2, p.96-99, 1985.

KOETZ, M.; COELHO, G.; COSTA, C. C. C.; LIMA, E. P.; SOUZA, R. J. Efeito de doses de potássio e da frequência de irrigação na produção da alface americana em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 730-737, 2006.

LIMA JÚNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M.; GEISENHOFF, L. O.; COSTA, G. G.; VILAS BOAS, R. C.; YURI, J. E. Efeito da irrigação sobre o efeito produtivo da alface americana, em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 797-803, 2010.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C.; SILVA, H. R. da. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 72 p.

VILAS BOAS, R. C.; CARVALHO, J. A.; GOMES, L. A. A.; SOUZA, K. J.; RODRIGUES, R. C.; SOUSA, A. M. G. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Lavras:v.11, n.4, p.393-397. 2007.

VOLPE, C. A.; CHURATA-MASCA, M. G. C. **Manejo da irrigação em hortaliças: método do tanque Classe A**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 19 p.

TEMPERATURA FOLIAR DA ESPÉCIE *Millettia stuhlmannii* SOB ESTRESSE HÍDRICO

Rogério de Souza Nóia Júnior¹, José Eduardo Macedo Pezzopane², Elias Secretário Armando Ferreira³, Talita Miranda Teixeira Xavier⁴, Mariana Duarte Silva Fonseca⁵

¹Mestrando no Programa de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Esalq-USP, Piracicaba, São Paulo, rogeriosouzanoia@gmail.com; ²Professor associado IV, UFES, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, pezzopane2007@yahoo.com.br; ³Mestre em Ciências Florestais, Instituto de Investigação Agrária de Moçambique, Maputo, Moçambique, eliasaferreira@gmail.com; ⁴Doutora em Produção Vegetal, NEDTEC-UFES, Alegre, Espírito Santo, talitamtx@yahoo.com.br; ⁵Doutoranda em Ciências Florestais, NEDTEC-UFES, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, duarte.123@hotmail.com.

RESUMO: A espécie *Millettia stuhlmannii*, popularmente conhecida como panga-panga, é considerada de grande importância em Moçambique, devido principalmente ao seu alto valor econômico. Contudo, pouco se sabe a respeito da influência dos fatores abióticos sobre a espécie, o que tem limitado a expansão do cultivo da mesma. O presente trabalho teve como objetivo investigar a influência do estresse hídrico na temperatura foliar da espécie. O estudo foi desenvolvido em câmara climatizada, com mudas sob dois regimes hídricos: irrigadas e não irrigadas. O estresse hídrico ocasionado pelo corte da irrigação resultou em aumento de até 5,4°C da temperatura foliar das mudas não irrigadas, em relação a temperatura do ar, enquanto que nas mudas irrigadas esta diferença não superou 2,5°C. Destaca-se que as maiores diferenças entre os tratamentos foram observadas nos horários com temperaturas do ar superiores a 25°C.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse abiótico, microclima, panga-panga.

LEAF TEMPERATURE OF *Millettia stuhlmannii* SPECIES UNDER WATER STRESS

ABSTRACT: The species *Millettia stuhlmannii*, popularly known as panga-panga, is considered of great importance in Mozambique, mainly due to its high economic value. However, little is known about the influence of abiotic factors on the species, which has limited the expansion of its cultivation. The study was conducted in a growth chamber, named FITOTRON, in a completely randomized design in a 2x1 factorial scheme (two water regimes x one species) with 60 repetitions, being each repetition one plant. The water stress generates an increase of up to 5.4 °C of the leaf temperature in relation to the air temperature, while under normal conditions of water availability this difference does not exceed 2.5°C, highlighting that the greatest differences between treatments were observed during the hottest times of the day.

KEY-WORDS: Panga-panga, microclimate, abiotic stress.

INTRODUÇÃO

A espécie *Millettia stuhlmannii*, popularmente conhecida como panga-panga, ocorre principalmente em áreas de clima subtropical de Moçambique, Sul da Tanzânia e Leste de Zimbabwe. A madeira é amplamente utilizada para fins decorativos, medicinais e religiosos (TSHISIKHAWE et al., 2011). Embora seja considerada de grande importância comercial em Moçambique, sabe-se pouco sobre como crescimento e desenvolvimento do panga-panga é afetado pelos fatores abióticos sendo, portanto, necessários estudos mais específicos sobre a espécie, de modo a subsidiar a expansão do cultivo nesta região, tornando-o mais sustentável.

A deficiência hídrica no solo é um dos principais estresses abióticos que limitam o crescimento de espécies vegetais, podendo causar fechamento estomático e consequentemente restringindo a assimilação de CO₂ (LEE et al, 2013). O fechamento estomático pode, ainda, diminuir as taxas de transpiração, culminando em um aumento da temperatura foliar (SHAHENSHAH; ISODA, 2010). O aumento da temperatura foliar, resultante do estresse hídrico, tem sido utilizado como ferramenta indicadora da ação de fator abiótico (GERHARDS et al., 2016).

Com o intuito de enriquecer as informações de como a espécie *Millettia stuhlmannii* interage com os elementos climáticos, o presente trabalho teve como objetivo investigar a influência do déficit hídrico sobre a temperatura foliar, procurando estabelecer uma relação entre estas variáveis, podendo vir a facilitar a detecção de plantas sob estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em uma câmara climatizada, do tipo FITOTRON, com controle computadorizado de temperatura e umidade do ar, densidade de fluxo de fótons e concentração de CO₂ atmosférico, localizadas no Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo. As mudas de *M. stuhlmannii* foram produzidas em tubetes com volume de 290 cm³, preenchidos com substrato orgânico. Aos 45 dias de idade, as mudas foram distribuídas em bandejas plásticas, sendo arranjadas de forma que a área foliar cobrisse toda a bandeja.

Para a obtenção dos dados microclimáticos do interior do FITOTRON, foram instaladas duas estações meteorológicas. Cada estação era composta por um sensor de temperatura e umidade relativa do ar, modelo CS500 (Campbell Scientific, Inc.; Logan, UT, USA). Os dados foram armazenados em um datalogger, modelo CR 1000 (Campbell Scientific, Inc.; Logan, UT, USA) com varredura a cada 10 segundos e armazenamento dos valores médios a cada 1 minuto.

Apresentam-se na Figura 1 a variação diária média da temperatura do ar e do déficit de pressão de vapor dentro da câmara climatizada. A temperatura do ar variou entre 11,3 e 37,5°C. A umidade relativa do ar foi fixada em 50%, não havendo variações diárias e sub diárias desta. A variação diária do DPV ficou entre 1,232 e 3,489 kPa e a média da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) durante o período diurno foi de 933 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

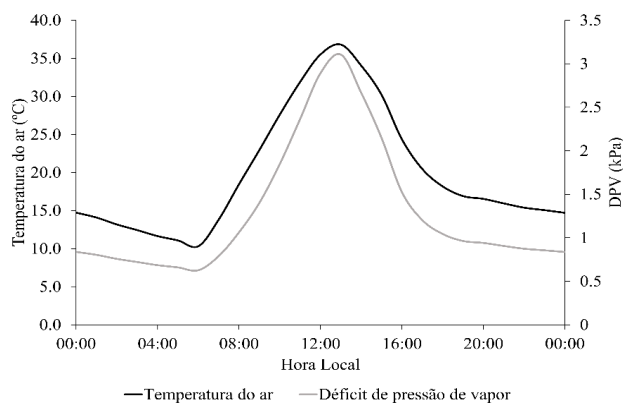


Figura 1. Curso médio diário da temperatura do ar e déficit de pressão do ar (DPV) obtidos em câmara climatizada, do tipo FITOTRON, no município de Jerônimo Monteiro-ES.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado comparando dois níveis de regime hídrico e uma espécie, com 60 repetições, sendo cada repetição composta por uma planta. As análises foram realizadas em duas unidades experimentais, sendo que cada unidade era composta por duas bandejas contendo 60 mudas. As unidades experimentais foram divididas entre dois diferentes regimes hídricos, sendo estes:

- Regime hídrico 1 (Irrigado): A irrigação era realizada duas vezes por dia, de modo que a água disponível ficasse sempre próxima a 100%.
- Regime hídrico 2 (Sem irrigação): 24 horas antes do início das medições de temperatura foliar houve suspensão da irrigação, não havendo reposição desta durante o período experimental de 8 dias.

Antes de iniciar o período de experimentação, o substrato foi saturado com água, e após a drenagem da água gravitacional foi realizado a pesagem, determinando-se capacidade de retenção máxima do substrato. O controle de irrigação foi realizado com pesagem diária dos tubetes, contabilizando, assim, a evapotranspiração, que determinava a lâmina de água repostas. No tratamento sem irrigação não houve reposição hídrica.

A medição da temperatura foliar foi realizada utilizando 4 radiômetros de precisão infravermelho, modelo SI-111 (Campbell Scientific, Inc.; Logan, UT, USA), sendo 2 direcionados para as bandejas que continham as plantas sem déficit hídrico e dois direcionados às bandejas com plantas sob déficit hídrico. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância por intermédio do Teste F, com nível de significância igual a 5%. Para comparação das regressões ajustadas, foi estimado o intervalo de confiança no nível de significância igual a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 apresentam-se para a espécie *Milletia stuhlmannii*, em cada um dos regimes de irrigação, a variação diária e sub diária da temperatura foliar. Verifica-se que a temperatura foliar é mais alta nas plantas submetidas ao tratamento sem irrigação. A temperatura foliar das plantas sob déficit hídrico chegou a estar 5,4°C superior a temperatura do ar, e 2,7°C mais alta que a temperatura foliar das plantas irrigadas. Observa-se ainda, que a diferença da temperatura foliar entre os tratamentos, torna-se mais pronunciada quando estas são superiores a 35°C.

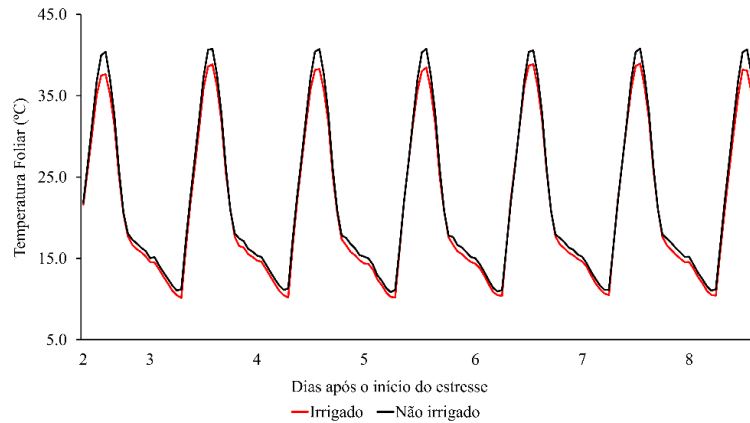


Figura 2. Variação diurna da temperatura foliar de mudas de *Millettia stuhlmannii* com irrigação e sem irrigação, durante os oito dias de experimentação.

Os horários caracterizados por temperaturas mais amenas, não indicaram diferenças entre os tratamentos irrigados e não irrigados ao longo do experimento, indicando que o aumento da temperatura foliar não se deu somente em função do estresse hídrico, como também em função da temperatura do ar, como pode ser observado na Figura 3.

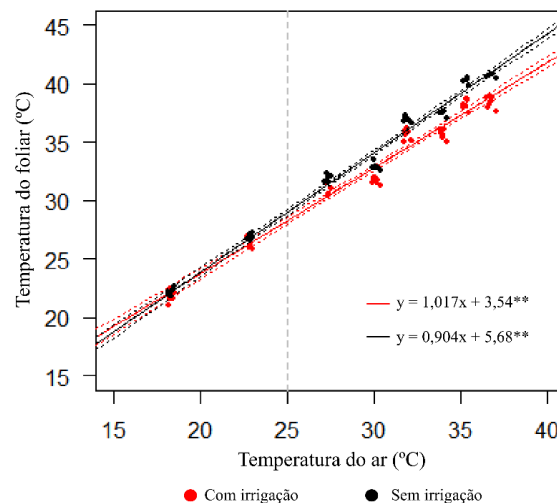


Figura 3. Relação entre a temperatura foliar e do ar ao longo dos dias de experimentação, para a espécie *Millettia stuhlmannii* com irrigação e sem irrigação. *Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($\alpha = 5\%$). As linhas tracejadas correspondem aos intervalos de confiança.

O efeito do estresse hídrico sobre a temperatura foliar começa a ser notado quando a temperatura do ar é superior a 25°C (Figura 3). O aumento da temperatura do ar, pode resultar em um incremento das taxas transpiratórias das plantas, que é a principal responsável pela dissipação de temperatura foliar. Contudo, sob condições de déficit hídrico, as plantas como forma de diminuir a perda de água para atmosfera, podem fechar os estômatos, reduzindo, conseqüentemente, as taxas transpiratórias, (gerando limitações da capacidade de perda de calor por fluxo de calor latente (MATHUR; AGRAWAL; JAJOO, 2014), provocando, portanto, o aumento da temperatura foliar, como encontrado neste trabalho.

CONCLUSÕES

O estresse hídrico resultou um aumento de até 5,4°C da temperatura da folha em relação a temperatura do ar, enquanto que sob condições normais de disponibilidade hídrica esta diferença não supera 2,5°C. Esses resultados fornecem importantes informações para estabelecimento de relações entre a temperatura foliar e o déficit hídrico, e podem vir a ser utilizados no manejo de irrigação de mudas da espécie *Millettia stuhlmannii*. A identificação do estresse hídrico através da temperatura foliar na espécie *M. stuhlmannii*, deve ser realizado em horários com temperaturas do ar superiores a 25°C.

REFERÊNCIAS

GERHARDS, M. A. B, et al. Water stress detection in potato plants using leaf temperature, emissivity, and reflectance. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Enschede, v.53, p.27-39, 2016.

LEE, J. E., et al. Forest productivity and water stress in Amazonia: observations from GOSAT chlorophyll fluorescence. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v.280, n.1761, 2013.

MATHUR, S.; AGRAWAL, D.; JAJOO, A. Photosynthesis: Response to high temperature stress. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, London, v.137, p. 116-126, 2014.

TSHISIKHAWE, M.P.; SIAGA, N.M.; BHAT, R.B. Population dynamics of *Millettia stuhlmannii* Taub. in Ha-Makhuvha, Vhembe district of Limpopo Province, South Africa. **Phyton**, Buenos Aires, v.80, n.2, p.127–132, 2011.

SHAHENSHAH; ISODA, A. Effects of Water Stress on Leaf Temperature and Chlorophyll Fluorescence Parameters in Cotton and Peanut. **Plant Production Science**, Tokyo v.13, n.3, p.269-278, 2010.

EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DO FEIJOEIRO EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA

Luís Henrique de Souza Fávoro¹; Márcio José de Santana², Letícia de Souza Leite³, Fábio Aurélio Dias Martins⁴, Isaias Antonio de Paiva⁵

¹Graduando em Engenharia Agrônômica, Bolsista Institucional – IFTM, Uberaba, luishenriquefavaro05@gmail.com; ²Prof. Dr. Irrigação e Drenagem, IFTM Uberaba; ³Graduanda Eng. Agrônômica IFTM Uberaba, bolsista CNPq; ⁴Pesquisador EPAMIG, fabio.aurelio@epamig.br; ⁵Graduando Eng. Agrônômica, FTM Uberaba, bolsista Agrichem do Brasil.

RESUMO: A adubação nitrogenada de forma equilibrada pode influenciar na eficiência do uso da água pelo feijoeiro. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência do uso da água e a produtividade do feijoeiro comum em função da adubação nitrogenada e lâminas de irrigação. O experimento em campo foi conduzido em blocos em esquema fatorial de 4x4 com 4 repetições. Foram estudados 4 lâminas de irrigação (80%, 100%, 120% e 140% da lâmina perdida por evapotranspiração diária) e 4 formas de adubação nitrogenada (inoculação nas sementes de *Rhizobium tropici* (estirpe CIAT 899), com *R. etli* (UFLA 02-100), ausência de inoculação e aplicação de nitrogênio com 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 60 kg ha⁻¹ em cobertura). A cultivar implantada foi a BRS MG Madreperola. Dentre os resultados pode-se concluir que houve efeito quadrático com tendência de queda da EUA com aumento da reposição de água no solo. Os maiores valores de EUA foram verificados com menores lâminas de aplicação. Não houve efeito significativo das formas de adubação nitrogenada e lâminas de reposição sobre a produtividade do feijoeiro.

PALAVRAS CHAVES: N. *Phaseolus vulgaris* L. Adubação nitrogenada. Reposição de água no solo.

EFFICIENCY OF THE USE OF BEAN WATER IN RESPECT OF NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT: Nitrogen fertilization in a balanced manner may influence the efficiency of water use by common bean. The objective of this work was to evaluate the efficiency of water use and yield of common bean as a function of nitrogen fertilization and irrigation slides. The field experiment was conducted in blocks in a 4x4 factorial scheme with 4 replicates. Four irrigation slides (80%, 100%, 120% and 140% of the leaf lost by daily evapotranspiration) and 4 forms of nitrogen fertilization (inoculation in the seeds of *Rhizobium tropici* (stirpe CIAT 899) with *R. etli* (UFLA 02-100), absence of inoculation and application of nitrogen with 20 kg ha⁻¹ at sowing and 60 kg ha⁻¹ in cover). The cultivar implanted was BRS MG Madreperola. Among the results it can be concluded that there was a quadratic effect with a downward trend in EUA, with an increase in the replacement of water in the soil. The highest values of EUA were verified with smaller application slides. There was no significant effect of nitrogen fertilization and replacement leaves on bean productivity.

KEY-WORDS: N. *Phaseolus vulgaris* L. Nitrogen fertilization. Replacement of water in the soil.

INTRODUÇÃO

Trabalhos com feijão continuam sendo prioridade nas pesquisas por se tratar de um alimento rico em proteína, com plena aceitação nos mais diversos hábitos alimentares cujo cultivo se encontra disseminado em todo o país (MESQUITA et al., 2007).

Mendonça et al. (2007) relataram que a evapotranspiração de uma cultura é uma das principais informações exigidas para o manejo de irrigação e para fins de planejamento do uso da água.

Em relação a adubação o N é o elemento mais requerido pelo feijoeiro e a prática de inoculação do feijoeiro ainda é recente, necessitando informações mais precisas sobre o assunto para que a mesma possa ser difundida e utilizada rotineiramente (FERREIRA et al., 2000).

Uma forma de avaliar a produtividade é relacionar com a eficiência no uso da água de irrigação. A eficiência do uso da água (EUA) fornece um modo simples de avaliar se a produção está sendo limitada pelo suprimento de água ou por outros fatores (ANGUS; HERWAARDEN, 2001).

Diante do exposto objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência do uso da água e a produtividade do feijoeiro comum em função da adubação nitrogenada e lâminas de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Culturas Anuais no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro no *Campus* Uberaba, MG. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial de 4x4 com 4 repetições. Foram estudados 4 lâminas de irrigação (80%, 100%, 120% e 140% da lâmina perdida por evapotranspiração diária) e 4 formas de adubação nitrogenada (inoculação nas sementes de *Rhizobium tropici* (estirpe CIAT 899), com *R. etli* (UFLA 02-100), ausência de inoculação e aplicação de nitrogênio com 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 60 kg ha⁻¹ em cobertura – adubação mineral), totalizando 64 parcelas em campo. Cada parcela foi composta de oito linhas de plantio com 3 m de comprimento. Os inoculantes foram preparados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, MG.

A semeadura foi realizada em junho de 2016 e a colheita em setembro de 2016. A cultivar implantada foi a BRSMG Madrepérola. A irrigação foi realizada por meio de microaspersores que simularam uma irrigação por aspersão convencional. O manejo da irrigação foi efetuado estimando a evapotranspiração de referência pelo método de Hargreaves. O solo foi preparado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens. A semeadura foi realizada manualmente de forma a manter uma distribuição de 12 plantas por metro linear, utilizando o espaçamento de 0,45 m entre linhas. Por meio da relação entre a produtividade média de cada parcela e a lâmina aplicada durante o ciclo, foi obtida a eficiência do uso da água. Após colheita, os grãos foram pesados e tiveram seu grau de umidade medido, para correção do peso para umidade de 13%, conforme (CARVALHO, 2005). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As lâminas aplicadas durante a condução experimental foram: para reposição de 80% de 218,52 mm; reposição 100% de 352 mm; reposição de 120% foi 423 mm e reposição 140% de 494 mm. Junqueira et al. (2004) aplicaram uma lâmina de 274 mm.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para a produtividade da cultura. Houve efeito significativo na eficiência do uso da água (EUA) para cada forma de adubação de N. Munoz-Perea et al. (2007) relataram que a EUA pode chegar próximo a $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. No atual trabalho os valores foram de 30% a 70% (aproximadamente) do relatado pelos autores, em função da produtividade não ter sido em todos os tratamentos a esperada para a época do ano. Isto se deveu pelas chuvas durante a condução experimental que dentre outras provocou a desuniformidade da produção. Cruz et al. (2012) notaram que com o aumento da reposição de água houve queda na eficiência do uso da água. Segundo os autores tal comportamento pode ser explicado pelo fato da cultura ser sensível ao excesso de água. A maior eficiência foi encontrada para cultivar Pérola ($12,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) quando a irrigação foi realizada com 70% da reposição de água. Estes autores encontraram para a cultivar BRS MG Madrepérola uma EUA de $11,54 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Na Tabela 1 estão as médias da EUA encontradas.

Na Tabela 2 estão as médias de produtividade do feijoeiro em função dos tratamentos. Nota-se que os valores de produtividade foram de $1519,25 \text{ kg ha}^{-1}$ a $1854,50 \text{ kg ha}^{-1}$ quando o N foi suprido apenas com a estirpe CIAT 899; de $1653,00 \text{ kg ha}^{-1}$ a $2018,75 \text{ kg ha}^{-1}$ quando N foi suprido com a estirpe UFLA 02-100; quando não houve aplicação de N a produtividade foi de $1852,50 \text{ kg ha}^{-1}$ a $2206,00 \text{ kg ha}^{-1}$ e quando a adubação foi com uréia (adubo mineral) de $1669,50 \text{ kg ha}^{-1}$ a $1967,00 \text{ kg ha}^{-1}$. Mantovani et al. (2012) em trabalho desenvolvido com o feijoeiro em função de uniformidade do sistema de irrigação encontraram produtividades de $2946,52 \text{ kg ha}^{-1}$ com o maior coeficiente de uniformidade. Estes valores são diferentes do atual experimento, pois além do local e cultivar a lâmina aplicada total foi de $418,16 \text{ mm}$.

Tabela 1. Eficiência do uso da água ($\text{kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) em função dos tratamentos utilizados.

Reposição de água no solo (%)	Adubação			
	CIAT	UFLA	0 N(SN)	MINERAL
80	5,39	5,87	7,83	6,72
100	4,49	5,16	5,72	4,74
120	4,39	4,78	4,38	4,15
140	3,23	3,99	4,13	3,99

Tabela 2. Produtividade média (kg ha^{-1}) em função dos tratamentos utilizados.

Reposição de água no solo (%)	Adubação			
	CIAT	UFLA	0 N	MINERAL
80	1519,25	1653,00	2206,00	1893,75
100	1582,50	1817,25	2012,76	1669,50
120	1592,50	2018,75	1852,50	1754,25
140	1854,50	1967,25	2035,50	1967,00

Na Tabela 3 estão as equações de ajuste da EUA em função das reposições de água nos solo para cada forma de adubação. O efeito foi quadrático com tendência de queda da EUA com aumento da reposição de água no solo.

Tabela 3. Equações de ajuste da eficiência do uso da água (y) em função das reposições de água no solo (x).

Tratamento	Equações de ajuste	R²
SN	$y = 0,001x^2 - 0,318x + 25,84$	0,999
CIAT 899	$y = -0,000x^2 + 0,001x + 6,178$	0,926
UFLA 02-100	$y = -5E-05x^2 - 0,019x + 7,681$	0,985
MINERAL	$y = 0,001x^2 - 0,294x + 22,92$	0,990

CONCLUSÕES

Houve tendência de queda da EUA com aumento da reposição de água no solo. Não houve interação entre formas de adubação e reposições de água na produtividade da cultura.

AGRADECIMENTOS

A FAPEMIG pelo apoio financeiro. A Profa Fátima M. de Souza Moreira da UFLA pela concessão do material inoculante.

REFERÊNCIAS

ANGUS, J.F.; van HERWAARDEN, A.F. Increasing water use and water use efficiency in dry land wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 290-298. 2001.

CARVALHO, A. J. **Desempenho técnico-econômico de sistemas intercalares do feijoeiro-comum em lavouras de café (*Coffea arabica*) adensado.** 2005. 187 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FERREIRA, M.C. et al. Tillage method and crop rotation effects on the population sizes and 79 diversity of bradyrhizobia nodulating soybean. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.32, n.5, p.627-637, 2000.

JUNQUEIRA, A. M.; ANDRÉ, R. G. B.; PINHEIRO, F. M. A. Consumo de água pelo feijoeiro comum, cv. Carioca. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, n.1, p.51-56, 2004.

MANTOVANI, E.C. et al. Estimativa da produtividade da cultura do feijão irrigado em Cristalina-GO, para diferentes lâminas de irrigação como função da uniformidade de aplicação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 110-120, 2012.

MENDONÇA, J.C. et al. Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*L.) em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.5, p.471-475, 2007.

MESQUITA, F. R. et al. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n.4, p. 114-1121, 2007.

MUNOZ-PEREA, C.G. et al. Water use efficiency among dry bean landraces and cultivars in drought-stressed and non-stressed environments. **Euphytica**, Wageningen, n.155, p.393-402, 2007.

GRAUS-DIA PARA O FEIJÃO-COMUM EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Isaías Antonio de Paiva¹, Márcio José de Santana², Leticia de Souza Leite³,
Fábio Aurélio Dias Martins⁴, Onésio Francisco da Silva Neto⁵

¹ Estudante, estagiário Agrichem do Brasil S.A, IFTM – *Campus* Uberaba, Uberaba, MinasGerais; E-mail: paiva.isaiasantonio@gmail.com; ² Engenheiro Agrônomo Dr. em Fitotecnia, Professor e Pesquisador, IFTM – *Campus* Uberaba, Uberaba, MinasGerais E-mail: marciosantana@iftm.edu.br; ³ Estudante, bolsista CNPq, IFTM – *Campus* Uberaba, MG; E-mail: leticialeite06@hotmail.com; ⁴ Engenheiro Agrônomo Dr. em Solos, Pesquisador Epamig-MG, fabio.aurelio@epamig.br; ⁵ Engenheiro Agrônomo, Delta Sucreenergia S.A, Uberaba, Minas Gerais; E-mail: onesioneto@gmail.com;

RESUMO: Para melhoria desta produtividade é necessário o emprego de tecnologias apuradas como equilibrar a adubação e a quantidade de água nas safras irrigadas. O objetivo do trabalho foi estimar os graus-dia acumulados (GD) da cultura do feijoeiro comum em função de diferentes métodos para cálculo em uma lavoura com lâminas de irrigação e formas de adubação nitrogenada. O experimento em campo foi conduzido em blocos em esquema fatorial de 4x4 com 4 repetições. Foram estudados 4 lâminas de irrigação (80%, 100%, 120% e 140% da lâmina perdida por evapotranspiração diária) e 4 formas de adubação nitrogenada (inoculação nas sementes de *Rhizobium tropici* (estirpe CIAT 899), com *R. etli* (UFLA 02-100), ausência de inoculação e aplicação de nitrogênio com 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 60 kg ha⁻¹ em cobertura). A cultivar implantada foi a BRS MG Madreperola. Nas subparcelas foram considerados três métodos de cálculos para estimar GD: Arnold (1959), Ometto (1981) e Lindsey e Newman (1956) adaptado por Villa Nova et al. (1972). Dentre os resultados pode-se concluir que não houve diferença estatística entre os tratamentos testados para o GD acumulado. Os GDs acumulados ao final do ciclo foram, respectivamente para Arnold, Villa Nova e Ometto de 1081,70; 1042,67 e 1081,58.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação, Nitrogênio, Soma térmica.

DAY DEGREES FOR COMMON BEANS IN THE FUNCTION OF IRRIGATION SHEETS AND NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT: For the productivity's increase is necessary the use of precise technologies such as equilibrated fertilizing and the amount of water used on the irrigated harvest. The research's objective was estimate the days-degrees accumulated (GD) of the common bean's culture in function of different possibilities to calculate in a crop with irrigation sheets and possibilities of nitrogenated fertilizing. The experiment in field was conducted in groups on factorial scheme of 4x4 with 4 repetitions. Four irrigation sheets (80%, 100%, 120%, and 140% of the lost sheets by the daily evapotranspiration) and four types of nitrogenated adubation (*Rhizobium tropici* seeds inoculated- CIAT 899 strain-, with *R. etli* -UFLA 02-100 -, lack of inoculation and nitrogen application with 20 kg ha⁻¹ on sowing and 60 kg ha⁻¹ after). The cultivars used was BRS MG Madrepérola. On the subplots were considered three ways of calculating for estimate GD: Arnold (1959), Ometto (1981), Lindsey and Newman (1956) adapted by Villa Nova et al. (1972). Through the results can be inferred that there's no statistical difference between the tested treatments for the accumulated GD. The accumulated GD at the cycle's end were, respectively for Arnold, Villa Nova and Ometto, 1081.70; 1042.67 and 1081.58

KEY-WORDS: Fertilization, Nitrogen, Thermal time.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como o maior produtor mundial de feijão. A produtividade média nacional é estimada em 1095 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017). Para melhoria desta produtividade é necessário o emprego de tecnologias apuradas como equilibrar a adubação e a quantidade de água nas safras irrigadas.

O uso adequado da irrigação e suas tecnologias, inserem-se em uma decisão a ser tomada com base no conhecimento das relações água-solo-plantas-atmosfera (OLIVEIRA, 2012).

Em relação a adubação o N é o elemento mais requerido pelo feijoeiro e a prática de inoculação do feijoeiro ainda é recente, necessitando informações mais precisas sobre o assunto (FERREIRA et al., 2000). A escolha da espécie de *Rhizobium*, porém, é um fator importante para a fixação simbiótica de nitrogênio, pois existe grande variabilidade entre espécies e raças de *Rhizobium* com respeito à resposta a variações de temperatura (RAPOSEIRAS et al., 2006). Para entender estes fatores deve-se estudar os aspectos do desenvolvimento fisiológico das plantas do feijão. Uma ferramenta importante para isto é a soma térmica. O método para o cálculo dos graus-dia (GD) tem papel importante na estimativa da produtividade estimada pelos modelos de crescimento de plantas em cenários de mudanças climáticas, (RENATO et al., 2013).

Diante do exposto objetivou-se com este trabalho estimar os graus-dia acumulados (GD) da cultura do feijoeiro comum em função de diferentes métodos para cálculo em uma lavoura com lâminas de irrigação e formas de adubação nitrogenada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Culturas Anuais no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro no *Campus* Uberaba, MG. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial de 4x4 com 4 repetições. Foram estudados 4 lâminas de irrigação (80%, 100%, 120% e 140% da lâmina perdida por evapotranspiração diária) e 4 formas de adubação nitrogenada (inoculação nas sementes de *Rhizobium tropici* (estirpe CIAT 899), com *R. etli* (UFLA 02-100), ausência de inoculação e aplicação de nitrogênio com 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 60 kg ha⁻¹ em cobertura). Cada parcela foi composta de oito linhas de plantio com 3 m de comprimento. Nas subparcelas foram considerados três métodos de cálculos para estimar GD: GD1 é Arnold (1959), GD2 Lindsey e Newman (1956) adaptado por Villa Nova et al. (1972) e GD3 Ometto (1981). A temperatura base superior considerada foi de 35°C e inferior de 10°C.

O solo foi preparado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens. A cultivar implantada foi a BRSMG Madrepérola. Logo, a semeadura foi realizada em junho de 2017, manualmente de forma a manter uma distribuição de 12 plantas por metro, utilizando o espaçamento de 0,45 m entre linhas. A irrigação foi realizada por meio de microaspersores que simularam uma irrigação por aspersão convencional. O manejo da irrigação foi efetuado estimando a evapotranspiração de referência pelo método de Hargreaves. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão os valores em função dos três métodos utilizados. Os GDs acumulados ao final do ciclo foram respectivamente para GD1, GD2 e GD3 de 1081,70; 1042,67 e 1081,58. O ciclo total da cultura foi de 98 dias.

Tabela 1. Duração dos estádios fenológicos do feijoeiro e soma térmica em função dos modelos utilizados.

Estádios	Duração (dias)	GD1	GD2	GD3
V0	3	25,94	29,10	29,10
V1	4	34,83	35,70	37,46
V2	17	152,10	160,34	163,38
V3	9	91,00	90,26	94,53
V4	11	65,48	71,63	72,05
R5	11	117,17	126,45	123,50
R6	6	46,87	41,56	51,30
R7	9	78,92	101,99	81,77
R8	13	151,97	150,09	155,19
R9	16	317,42	235,55	273,30
Total	98	1081,70	1042,67	1081,58

Resultados similares foram verificados por Miranda e Campelo Júnior (2010) em que concluíram que os dois métodos de cálculo avaliados apresentaram resultados similares na quantificação da soma de graus-dia para feijoeiro. Para eles a similaridade dos resultados de graus-dia, obtidos para temperaturas-base inferior (T_b) de 10°C , 12°C e 15°C , dois métodos, é indicativo da possibilidade de utilização destes na determinação de soma térmica, para o ciclo produtivo da cultura do feijoeiro.

Renato et al. (2013) comparando quatro métodos de soma térmica, frequentemente usados no cálculo de GD: Ometto, Snyder, Dufault e método residual de Arnold fixaram os graus-dia em 1.300°C dia para o feijão, e concluíram que os métodos estudados reduziram de forma diferente o ciclo das culturas. Para eles as maiores reduções foram obtidas pelo método Arnold e Snyder, reduzindo igualmente o ciclo em 28 e 17 dias para as culturas do milho e do feijão, respectivamente; no método de Ometto, foram observadas as menores reduções, 11 dias, pois, nesse caso utilizam-se as temperaturas basais superior e inferior e considera-se uma penalização maior em dias em que a temperatura máxima ultrapassa a temperatura basal. Para os autores os resultados apresentados justificam o uso, na maioria dos modelos, da equação mais simples, proposta por Arnold, uma vez que um dos objetivos da modelagem é a representação de um sistema real da forma mais simplificada possível. O ciclo do feijoeiro variou Ometto 89 dias, Dufalt e Arnold 83 dias Viçosa, MG.

Para Fideles, Nobrega e Rao (2004) a duração do ciclo total do feijoeiro foi de 74 a 90 dias em função da época de semeadura que estendeu de abril a agosto (Lagoa Seca, PB). Os GD acumulados variaram de 818,7 a 976 e a produtividade de 894 a 1853 kg ha^{-1} . Ainda conforme os autores a soma térmica menor proporcionou uma maior produtividade devido à ocorrência da temperatura mais elevada e quando a época de cultivo iniciou-se na primeira quinzena de maio, houve um aumento no ciclo vegetativo e uma redução na produtividade final. Andrade et al. (2011) concluíram que em cultivo de 1ª safra, pode ser indicado as duas cultivares testadas (CARIOCA 80 e RIO TIBAGI), sendo que a cultivar CARIOCA 80 pode demorar aproximadamente 40 dias para atingir o seu GDA 813°C (Graus dias Acumulados) e o florescimento e a RIO TIBAGI aproximadamente de 37 dias para atingir o seu GDA 1005°C e o florescimento.

CONCLUSÕES

Os GD acumulados quando calculados a partir das metodologias de Arnold e Ometto foram similares e seguidos pelo método de Villa Nova em que foram

observados menores valores. Estes valores não foram estatisticamente diferentes. Observou-se também que os maiores valores GD foram no estádio R9.

AGRADECIMENTOS

A FAPEMIG pelo apoio financeiro cedido. A Professora Fátima M. de Souza Moreira da UFLA e sua equipe pelo material inoculante cedido.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 74, n. 1, p. 430-445, 1959.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. – v. 4, n.5 (2017) – Brasília: Conab, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_02_09_09_00_14_boletim_graos_fevereiro_2017.pdf>. Acesso em: 02 de Março de 2017.

FERREIRA, M.C.; ANDRADE, D.D.; CHUEIRE, L.M.D.; TAKEMURA, S.M.; HUNGRIA, M. Tillage method and crop rotation effects on the population sizes and 79 diversity of bradyrhizobianodulating soybean. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.32, n.5, p.627-637, 2000.

FIDELES FILHO, J.; NOBREGA, J.Q.; RAO, T.V.R. Necessidades térmicas do feijoeiro em regime de sequeiro. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13,2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CBMET, 2004.

MIRANDA, M.N.; CAMPELO JÚNIOR, J.H. Soma térmica para o subperíodo semeadura-maturação de feijão cv. Carioca em Colorado do Oeste, Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 180-185, 2010.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981. 440p.

OLIVEIRA, A. E. de S. **Efeito do déficit hídrico sobre o desenvolvimento do feijão-fava em ambiente protegido**. UFPI – Programa de pós-graduação em agronomia. Teresina – Piauí, 2012.

RAPOSEIRAS, R.; MARRIEL, I.E.; MUZZI, M.R.S.; PAIVA, E.; PEREIRA FILHO, I.A.; CARVALHAIS, L.C.; PASSOS, R.V.M.; PINTO, P.P.; SÁ, N.M.H. de. Rhizobium strains competitiveness on bean nodulation in Cerrado soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.439-447, 2006.

RENATO, N.S.; SILVA, J.B.L.; SEDIYAMA, G.C.; PEREIRA, E.G. Influência dos métodos para cálculo de graus-dia em condições de aumento de temperatura para as culturas de milho e feijão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 28, n. 4, p. 382-388, 2013.

VILLA NOVA, N. A. et al. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máximas e mínimas. São Paulo: USP, 1972. (**Caderno de ciências da terra**, n. 30).

COMPARAÇÃO ENTRE EQUAÇÕES DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E DA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM¹

Matheus Pereira de Assis², Márcio José de Santana³, Letícia de Souza Leite⁴, Isaias Antônio de Paiva⁵, Onésio Francisco da Silva Neto⁶

¹Trabalho realizado com apoio da FAPEMIG; ²Estudante do curso de Engenharia Agrônômica, Bolsista PET MEC, IFTM, Uberaba - MG, matheus.assis72@hotmail.com; ³Prof. Dr. em Eng. Agrícola, Pós-Doutor em Prod. Vegetal, IFTM, Uberaba - MG, marciosantana@iftm.edu.br; ⁴Estudante do curso de Engenharia Agrônômica, bolsista CNPq, IFTM, Uberaba - MG, leticialeite06@hotmail.com; ⁵Estudante do curso de Engenharia Agrônômica, IFTM, Uberaba - MG, paiva.isaiasantonio@gmail.com; ⁶Engenheiro Agrônomo, IFTM, Uberaba - MG, onesioneto@gmail.com.

RESUMO: Para um adequado manejo da irrigação uma importante ferramenta está em estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c) a partir da evapotranspiração de referência (ET_o). O objetivo deste trabalho foi estimar a ET_o e a ET_c em função de quatro equações empíricas para a cultura do feijão de inverno cultivado em Uberaba, MG. As equações utilizadas foram Blaney-Criddle (BC), Hargreaves (H), Penman-Monteith (PM) e Camargo (C). Na comparação entre os métodos utilizou-se o coeficiente de determinação em relação a equação de PM. Pode-se concluir que a ET_o média no modelo de PM foi de 3,53 mm dia⁻¹. As médias de ET_c para as equações foram: Hargreaves de 3,40 mm dia⁻¹, BC de 3,08 mm dia⁻¹, PM de 3,02 mm dia⁻¹ e Camargo de 2,05 mm dia⁻¹. O menor valor de R² comparando com PM foi de Camargo (0,806). Os demais métodos apresentaram R² maiores e similares (Hargreaves de 0,924 e BC de 0,915), havendo tendência do método de Hargreaves ter valores maiores e similares a PM.

PALAVRAS-CHAVE: ET_c. *Phaseolus vulgaris* L. ET_o. Manejo irrigação.

COMPARISON BETWEEN ESTIMATION EQUATIONS OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION AND COMMON BEAN CROP

ABSTRACT: For an adequate irrigation management an important tool is to estimate crop evapotranspiration (ET_c) from the reference evapotranspiration (ET_o). The aim of this work was to estimate ET_o and ET_c as a function of four empirical equations for the winter bean crop cultivated in Uberaba, MG. The equations used were Blaney-Criddle (BC), Hargreaves (H), Penman-Monteith (PM) and Camargo (C). In the comparison among the methods, the determination coefficient was used in relation to the PM equation. It can be concluded that the average ET_o in the PM model was 3.53 mm dia⁻¹. The ET_c averages for the equations were: Hargreaves of 3.40 mm dia⁻¹, BC of 3.08 mm dia⁻¹, PM of 3.02 mm dia⁻¹ and Camargo of 2.05 mm dia⁻¹. The lowest value of R² compared to PM was Camargo (0.806). The other methods presented larger and similar R² (Hargreaves of 0.924 and BC of 0.915), with a tendency of the Hargreaves method to have larger values and similar to PM.

KEY-WORDS: ET_c. *Phaseolus vulgaris* L. ET_o. Irrigation management.

INTRODUÇÃO

A irrigação para a cultura do feijoeiro é primordial na terceira safra em Minas Gerais. A obtenção da evapotranspiração da cultura (ETc) e do coeficiente de cultivo (Kc), é fundamental para se conhecer as necessidades hídricas da cultura possibilitando um manejo mais adequado da irrigação (CAVALCANTI JÚNIOR et al., 2012).

Define-se evapotranspiração de referência (ETo) como o processo de perda de água para a atmosfera por meio de uma superfície padrão gramada, cobrindo a superfície do solo e sem restrição de umidade (BORGES; MENDIONDO, 2007).

Atualmente, é mais comum calcular a evapotranspiração da cultura (ETc) em duas etapas: primeiro, estima-se a evapotranspiração de referência (ETo) e, a seguir, multiplica-se o valor obtido por um coeficiente de cultura (Kc). A ETc pode ser obtida por diferentes métodos, que se baseiam em parâmetros físicos do solo, climáticos, microclimáticos e fisiológicos das plantas (ALBUQUERQUE; GOMIDE, 2002).

Considerando a dificuldade de obtenção de vários fatores da equação de Penman-Monteith, são também utilizados modelos mais simples como Hargreaves-Samani e Blane-Criddle para a obtenção da evapotranspiração de referência (ETo). O modelo de Penman-Monteith, padronizada pela FAO 56 é considerado o mais adequada e preciso para estimar a evapotranspiração de referência (GIRARDI et al. 2014).

Diante do exposto objetivou-se com este trabalho foi estimar a ETo e a ETc em função de quatro equações empíricas para a cultura do feijão de inverno cultivado em Uberaba, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no setor de Culturas Anuais no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro no *Campus* Uberaba, MG. Foi instalada baterias de tensiômetros em 10 parcelas com a cultura do feijão cultivar BRS MG Madrepérola. O ensaio em campo foi de junho a setembro de 2016. O manejo da irrigação foi efetuado a partir da tensiometria elevando-se a umidade do solo próximo a capacidade de campo. Foi instalada uma estação meteorológica automática, com sensores de velocidade do vento, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, temperatura e radiação solar. Estimou-se a evapotranspiração de referência aplicando-se as equações de Penman-Monteith parametrizado pela FAO 56, Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani e Camargo, Equações 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

$$ETo = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

$$ETo = a + b [f (0,46 T + 8,13)] \quad (2)$$

$$ETo = 0,0023 (T \text{ méd} + 17,8) * (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,5} * Ra * 0,408 \quad (3)$$

$$ETo = 0,01.Ra.Ta.K \quad (4)$$

Em que: ETo - evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Δ - declividade da curva de pressão de vapor na saturação (kPa °C⁻¹); Rn - saldo de radiação (MJ m² dia⁻¹); G - fluxo de calor no solo (kPa °C⁻¹); U₂ - velocidade do vento a 2 metros de altura (m s⁻¹); T - temperatura média (°C); es - pressão de vapor na saturação (kPa); ea - pressão de

vapor atual (kPa); a e b - fatores de ajuste em funções das variáveis climáticas (adimensionais); f - porcentagem mensal das horas de luz solar; T - temperatura média (em °C); T_{mín} - Temperatura mínima (°C); T_{máx} - Temperatura máxima (°C); T_{méd} - Temperatura média (°C); Ra - Radiação no topo da atmosfera (MJ m⁻² dia⁻¹); Ta - é a temperatura média do ar (°C) e K = é o fator de ajuste de Camargo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A lâmina aplicada durante a condução do experimento de campo foi de 352 mm. Na Tabela 1 estão os valores de ETo totais e médios. Nota-se que o modelo de Camargo foi mais distante do modelo de PM e dos demais modelos. A ETo média no modelo de PM foi de 3,53 mm dia⁻¹. Na Figura 1 pode-se observar as médias decenciais de ETo e ETc para os quatro modelos. A ETc média obtida pelo balanço de água no solo foi de 6 mm dia⁻¹; valores inferiores foram verificados quando estima-se a ETc (utilizando valores de Kc de Santana et al., 2008). As médias de ETc para as equações foram: Hargreaves de 3,40 mm dia⁻¹, BC de 3,08 mm dia⁻¹, PM de 3,02 mm dia⁻¹ e Camargo de 2,05 mm dia⁻¹. Na Figura 2 (A, B e C) estão as correlações das equações estudadas. Para isto foi ajustada uma regressão linear. Nota-se que o R² menor foi o encontrado para Camargo (0,806). Os demais métodos apresentaram R² maiores e similares (Hargreaves de 0,924 e BC de 0,915), havendo tendência do método de Hargreaves ter valores maiores. Medeiros (1996) em estudo sobre a evapotranspiração de referência (ETo) encontrou valores na escala diária não satisfatórios do modelo de Hargreaves-Samani em relação ao modelo de Penman-Monteith, sendo o coeficiente R² encontrado igual a 0,4651.

Tabela 1. Valores totais e médios da evapotranspiração de referência em função do método estudado.

Método	ETo total no ciclo (mm)	ETo média (mm dia ⁻¹)
Hargreaves	368,90	3,97
BC	361,13	3,69
Camargo	236,56	2,41
PM	345,81	3,53

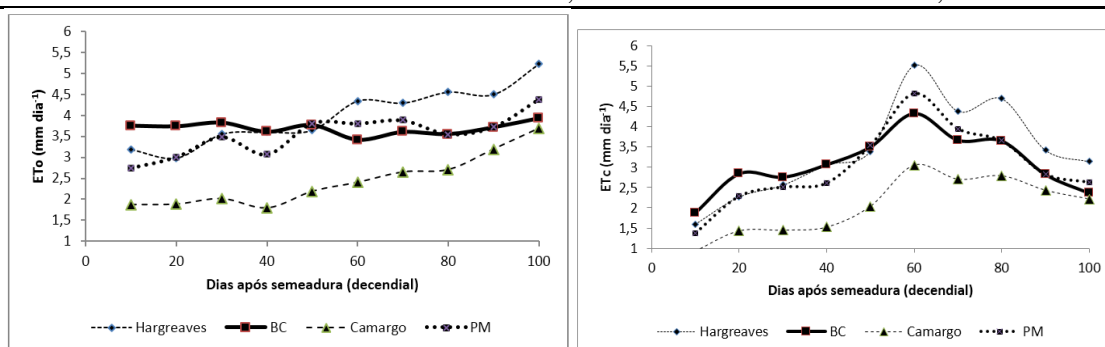


Figura 1. ETo e ETc decencial para todos os métodos.

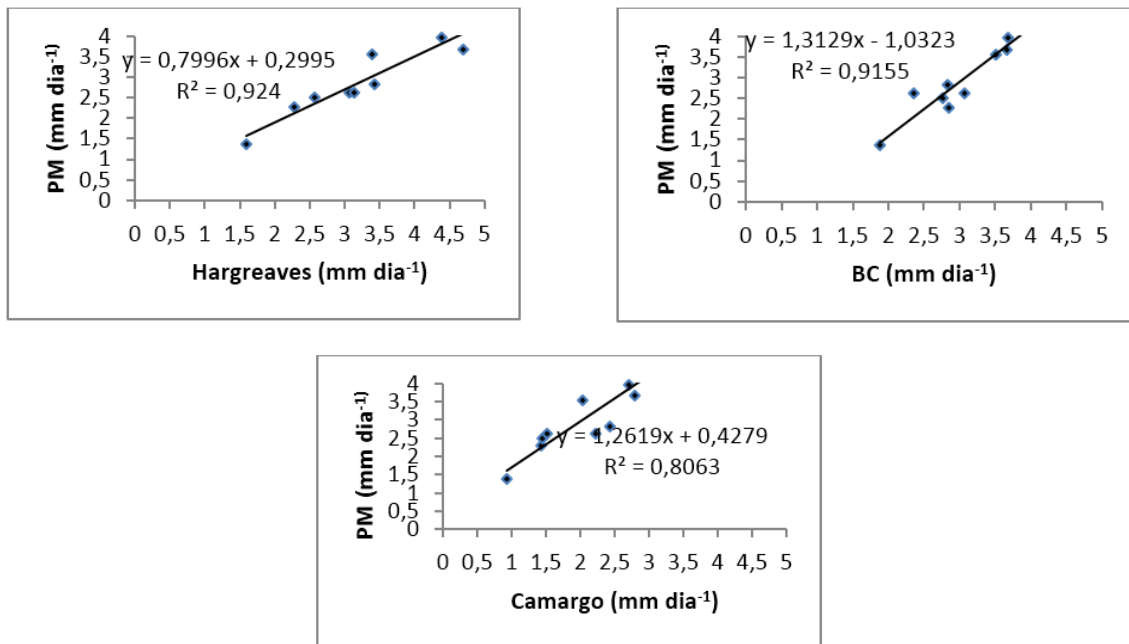


Figura 2. Valores de ETo comparados por regressão linear.

CONCLUSÕES

A ETo média no modelo de PM foi de 3,53 mm dia⁻¹. As médias de ETc para as equações foram: Hargreaves de 3, dia⁻¹, BC de 3,08mm dia⁻¹, PM de 3,02 mm dia⁻¹ e Camargo de 2,05mm dia⁻¹. O menor valor de R² comparando com PM foi de Camargo (0,806). Os demais métodos apresentaram R² maiores e similares (Hargreaves de 0,924 e BC de 0,915), havendo tendência do método de Hargreaves ter valores maiores e similares a PM.

AGRADECIMENTOS

A FAPEMIG pelo apoio financeiro cedido.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P.E.P.; GOMIDE, R.L. Evapotranspiração do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada por três métodos.. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 2002, Salvador .**Anais...**Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola: SBEA. CD ROM. 2002.

BORGES, A.; MENDIONDO, E. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.3, p.293-300, 2007.

CAVALCANTE JÚNIOR; E.G.; MEDEIROS, J.F.; ESPINDOLA SOBREINHO, J.; ALVES, A.S.; MANIÇOBA, R.NM.; LIMA, L.G.A. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi em Apodi, RN. In: Inovagri, International Meeting, 1,2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2012.

GIRARDI, L. B.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; BUSKE, T. C.; BARZOTTO, F. Comparação de Métodos de Estimativa da Evapotranspiração de Referência. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 42, 2014. **Anais...CONBEA**: Campo Grande – MS, 2014.

MEDEIROS, R.M. **Isoietas médias mensais e anuais do Estado do Piauí**. Teresina: Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Irrigação, Departamento de Hidrometeorologia, 1996. 24p.

SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; ANDRADE, M.J.B.; BRAGA, J.C.; GERVÁCIO, G.G. Coeficiente de cultura e análise do rendimento do feijoeiro sob regime de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.1, p.92-112, 2008.

EFICIÊNCIA SIMBIÓTICA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM *Paspalum millegrana*

Larissa de Souza Gois¹, Johny de Jesus Mendonça², Lázara Jossikarla Oliveira Lopes³,
Francisco Sandro Rodrigues de Holanda⁴, Regina Helena Marino⁵

¹Graduanda de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, lary18gois@gmail.com; ²Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, mendonca.johny@yahoo.com.br; ³Graduanda de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, lazaralopesagro@gmail.com; ⁴Professor Titular, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, fholanda@infonet.com.br; ⁵Professora Associada I, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, rehmarino@hotmail.com

RESUMO: O *Paspalum millegrana* é uma poácea que vem sendo aplicada na estabilização de taludes, cuja interação com fungos micorrízicos ainda não foi relatada na literatura. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de isolados micorrízicos arbusculares no crescimento de *P. millegrana*. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso composto pelo cultivo de *P. millegrana* em quatro tratamentos (controle; UFLA05 - *Gigaspora albida*; UFLA372 - *Glomus etunicatum* e UFLA401 - *Acaulospora morrowiae*), em substrato à base de areia autoclavada e pó de coco (2:1), com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: altura, matéria seca da parte aérea e da raiz, comprimento e volume da raiz, colonização e dependência micorrízica após 90 dias. O *P. millegrana* foi responsivo à inoculação de todos os isolados micorrízicos arbusculares testados, considerando as variáveis de matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e do volume de raiz.

PALAVRAS-CHAVE: Microbiologia do solo, poaceae, simbiose.

EFFICIENCY OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN *Paspalum millegrana*

ABSTRACT: *Paspalum millegrana* is a poaceae that has been applied in the stabilization of slopes, whose interaction with mycorrhizal fungi has not yet been reported in the literature. In this way, the objective of this work was to evaluate the efficiency of arbuscular mycorrhizal isolates on the growth of *P. millegrana*. The experimental design was completely randomized by the cultivation of *P. millegrana* in four treatments (control; UFLA05 - *Gigaspora albida*, UFLA372 - *Glomus etunicatum* and UFLA401 - *Acaulospora morrowiae*), in a substrate based on autoclaved sand and coconut powder (2:1), with four replicates. The variables analyzed were: height, dry matter of shoot and root, root length and volume, colonization and mycorrhizal dependence after 90 days. *P. millegrana* was responsive to the inoculation of all the arbuscular mycorrhizal isolates tested, considering the dry matter variables of shoot, root dry matter and root volume.

KEY-WORDS: Soil microbiology, Poaceae, symbiosis.

INTRODUÇÃO

O crescimento e o desenvolvimento de plantas de interesse econômico e/ou importantes na recuperação de áreas degradadas podem estar diretamente relacionados com a disponibilidade e o uso da água, um recurso natural que cada vez vem se tornando escasso, principalmente, pelas alterações das condições climáticas globais, mas também pelo consumo excessivo pela população urbana e/ou rural.

Neste contexto, a simbiose entre fungos micorrízicos arbusculares e espécies vegetais pode influenciar positivamente no uso eficiente da água e no desenvolvimento das plantas (COLODETE et al., 2014), além de favorecer a conservação do solo e da água, por estimularem a formação de raízes finas que agregam as partículas do solo (SOUSA et al., 2012). Considerando a recuperação de nascentes e a estabilização de taludes é importante o cultivo de espécies vegetais de rápido crescimento, como as poáceas (MACHADO et al., 2015; SOUZA & LORENZI, 2008).

Na literatura, a simbiose entre fungos micorrízicos e a poácea pertencente ao gênero *Paspalum* foi descrita apenas para as espécies de *P. scrobiculatum* (CHANNABASAVA et al., 2015), *P. dilatatum* (CAVAGNARO et al., 2014) e *P. notatum* (MONROY et al., 2013), não tendo sido encontrados relatos para o *P. millegrana*. Desta forma, este trabalho teve o objetivo de avaliar a interação e a eficiência de fungos micorrízicos no crescimento vegetativo de *P. millegrana*, visando a estabilização de taludes do rio São Francisco, no Estado de Sergipe.

MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso composto pelo cultivo de *P. millegrana* em quatro tratamentos (controle – sem fungos e quatro isolados de fungos micorrízicos - UFLA 05 - *Gigaspora albida*; UFLA 372 - *Glomus etunicatum* e UFLA 401 - *Acaulospora morrowiae*), com quatro repetições. Os inoculantes micorrízicos foram multiplicados em sorgo em solo arenoso autoclavado, por 60 dias. Os fragmentos das raízes de sorgo colonizados e a areia contendo hifas e 20 esporos micorrízicos por 50 g de solo foram utilizados como inoculantes. Na produção das mudas de *P. millegrana* foram utilizadas sementes desinfestadas superficialmente e semeadas em solo arenoso autoclavado. Após 15 dias, as plântulas selecionadas quanto à uniformidade da altura (2 cm) foram transferidas para tubetes contendo solo arenoso autoclavado, pó de coco (2:1) e o inoculante micorrízico distribuído entre duas camadas de substrato. No controle, não houve adição de inoculante micorrízico.

As variáveis avaliadas foram: altura, comprimento e volume de raiz, matéria seca da parte aérea e da raiz, colonização e dependência micorrízica. A altura (cm) e o comprimento da raiz (cm) foram determinados com auxílio de uma régua milimétrica, cuja medição foi realizada após o corte na altura do colo da planta. O volume de raiz foi determinado com base no princípio de deslocamento da água, em mL. A matéria seca da parte aérea e da raiz foram determinados, com auxílio de balança semi-analítica, após secagem da matéria fresca em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, até peso constante. A dependência micorrízica (DM) foi determinada pela fórmula $DM (\%) = [(PM-PC)/PM] \times 100$, onde PM – dado da variável na planta micorrizada e PC – dado da variável na planta controle. A colonização micorrízica foi determinada segundo Giovannetti & Mosse (1980). Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e nos casos em que houve diferença significativa foi aplicado o Teste de Scott-Knott a 5% de significância para comparação das médias, pelo programa ASSISTAT versão 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de colonização micorrízica do capim *P. millegrana* variou de 39,6 a 51,2%, sem diferença entre os isolados UFLAs, mas significativamente superior ao controle com 5,9% de colonização (Tabela 1). Comparativamente, Rubin & Sturmer (2015) mencionam que a *Brachiaria brizantha* apresentou colonização micorrízica de até 55,3%, sendo classificada como alta, similar ao ocorrido com o *P. millegrana*. Esta alta taxa de colonização micorrízica do *P. millegrana* pode ser um dos fatores responsáveis pelo rápido crescimento desta poácea em campo, tal como mencionado por Cavagnaro et al. (2014), com *P. dilatatum*.

Tabela 1. Altura (ALT), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), comprimento da raiz (CR), volume de raiz (VR) e colonização micorrízica (CM) de *P. millegrana* inoculado com fungos micorrízicos arbusculares, após 90 dias.

Trat.	ALT (cm)	MSPA (g)	MSR (g)	CR (cm)	VR (mL)	CM (%)
Controle	43,9 a*	0,4 b	0,2 b	14,5 b	5,8 b	5,9 b
UFLA05	60,6 a	0,9 a	0,4 a	11,0 b	46,0 a	46,1 a
UFLA372	51,3 a	0,8 a	0,5 a	19,6 a	10,7 b	39,6 a
UFLA401	64,1 a	0,7 a	0,4 a	20,5 a	10,3 b	51,2 a
CV (%)	17,5	31,1	28,1	26,7	23,9	34,3

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No *P. millegrana* a inoculação dos isolados micorrízicos UFLAs não influenciou na altura, apesar do incremento (dependência micorrízica) significativo de matéria seca da parte aérea de 47,6 a 57,5% e de 52,8 a 55,9% da matéria seca da raiz, em relação ao controle (Tabela 1; Figura 1). Da mesma forma, Costa et al. (2012) mencionam que a inoculação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú com fungos micorrízicos arbusculares aumentou a matéria seca, devido a maior absorção de fósforo e de outros nutrientes importantes ao crescimento da planta. Em poáceas, a alta produção de biomassa vegetal pode reduzir o efeito do impacto da água no solo e aumentar a fertilidade, devido a ação mineralizadora de microrganismos saprófitas presentes no solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006), aspectos estes importantes na recuperação de nascentes e na estabilização de taludes.

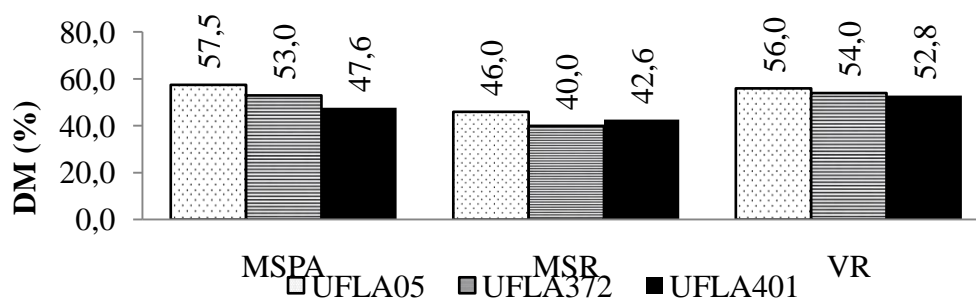


Figura 1. Dependência micorrízica do *P. millegrana* inoculado com fungos micorrízicos arbusculares, nas variáveis de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e volume de raiz (VR), após 90 dias de cultivo.

Considerando os isolados UFLA372 e UFLA401 observa-se que estes favoreceram o crescimento do comprimento da raiz em relação ao controle e ao UFLA05 (Tabela 1). Na literatura, não foram encontrados relatos para interação de *Acaulospora* e *Gigaspora* com o gênero *Paspalum*, mas Channabasava et al. (2015) observaram o aumento do comprimento da raiz do *P. scrobiculatum* inoculado com *Rhizophagus* (= *Glomus*) *fasciculatus*.

No volume radicular apenas o isolado UFLA05 resultou em aumento significativo (Tabela 1), mas na dependência micorrízica percebe-se que houve incremento nesta variável de 39,9 a 45,9% com todos isolados micorrízicos testados em relação ao controle (Figura 1). Ressalta-se que o maior volume de raízes do *P. millegrana* foi decorrente da intensa formação de raízes finas nas plantas micorrizadas, em comparação ao controle. E Machado et al. (2015) e Holanda et al. (2008) enfatizam que as raízes finas de poáceas apresentam maior resistência ao cisalhamento do solo e são importantes na estabilização de taludes e na recuperação de áreas degradadas, como nas matas ciliares e/ou em ambientes com déficit hídrico.

CONCLUSÕES

O capim *Paspalum millegrana* é colonizado por fungos micorrízicos arbusculares pertencentes às espécies *Gigaspora albida*, *Glomus etunicatum* e *Acaulospora morrowiae*.

O capim *P. millegrana* foi responsivo à inoculação de todos os isolados micorrízicos arbusculares testados, considerando a matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e do volume de raiz.

REFERÊNCIAS

CAVAGNARO, R.A. et al. Screening of biomass production of cultivated forage grasses in response to mycorrhizal symbiosis under nutritional deficit conditions. **Japanese Society of Grassland Science**, Tochigi, v. 60, n. 1, p. 178-184, 2014.

CHANNABASAVA, A.; LAKSHMAN, H.C.; MUTHUKUMAR, T. Fly ash mycorrhizoremediation through *Paspalum scrobiculatum* L., inoculated with *Rhizophagus fasciculatus*. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v. 338, n. 1, p.29-39, 2015.

COLODETE, C. M.; DOBBSS, B. L.; RAMOS, A. C. Aplicação das micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. **Revista natureza on line**, Santa Teresa, v. 11, n. 1, p.31-37, 2014.

COSTA, N. L. et al. Efeito de micorrizas arbusculares sobre o crescimento e nutrição mineral de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 13, n. 4, 2012.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v.84, p.489-500, 1980.

HOLANDA, F. S. R.; ROCHA, I. P. da; OLIVEIRA, V. S. Estabilização de taludes marginais com técnicas de bioengenharia de solos no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p.570-575, 2008.

MACHADO, L. et al. Contribuição do sistema radicular do capim-vetiver para estabilização do talude do Rio São Francisco. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2453-2464, 2015.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

MONROY, H. J. et al. Influencia de las coberturas em cultivos de cítricos sobre los hongos formadores de micorrizas arbusculares em Oxisoles del piedemonte llanero colombiano. **Corpoica Ciencia y Tecnologia Agropecuaria**, Bogotá, v. 14, n. 1, p.53-65, 2013.

RUBIN, J. G. K. R.; STÜRMER, S. L. Potencial de inóculo micorrízico e importância do comprimento do micélio para agregação de solos de ambiente fluvial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 59-68, 2015.

SOUZA, C.V.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógramas nativas e exóticas no Brasil**. São Paulo: Instituto Plantarum de estudos da flora, 2008. 198p.

SOUSA, C. S. et al. Glomalina: características, produção, limitações e contribuições nos solos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, sup. 1, p. 3033-3044, 2012.

TURNOS DE REGA E ADUBAÇÃO FOLIAR PARA A CULTURA DO FEIJOEIRO⁴

Rayeny de Ávila Gonçalves¹, Onésio Francisco da Silva Neto², Márcio José de Santana³
¹Estudante de Engenharia Agrônômica, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, rayeny.avila@gmail.com; ² Eng. Agrônomo, IFTM Uberaba, MG, onesioneto@gmail.com; ³ Márcio José de Santana, Engenheiro Agrônomo, Dr. Irrigação e Drenagem, Prof. IFTM, Uberaba, MG, marciosantana@iftm.edu.br; Trabalho realizado com apoio da FAPEMIG⁴

RESUMO: Técnicas como a irrigação e a adubação foliar representam alternativas altamente viáveis para um significativo aumento na produtividade da cultura do feijoeiro e, conseqüentemente, uma possível redução no custo total de produção. A irrigação possibilita, no caso do feijoeiro, o cultivo em épocas menos propícias gerando produtividades elevadas e, em alguns casos, cerca de três vezes superiores às obtidas em outras épocas de cultivo. A adubação com macro e micronutrientes, por sua vez, também representa grande importância para o bom desenvolvimento da cultura. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de micronutrientes via foliar e turnos de rega para a cultura do feijoeiro. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no IFTM – *Campus* Uberaba. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), em esquema fatorial duplo 4x4, sendo 4 adubações foliares (testemunha; cálcio + boro (CaB); boro (B) e manganês (Mn)), 4 turnos de rega (1; 2; 3 e 4 dias) e 4 repetições. A interação das adubações foliares com os turnos de rega apresentou valores que diferiram estatisticamente entre si apenas para a variável produtividade, sendo que os maiores valores encontrados foram 5177,18; 5306,34; 5263,91 e 5658,72 kg ha⁻¹ referentes, respectivamente, às adubações testemunha, CaB, B e Mn realizadas nas plantas submetidas ao turno de rega de 2 dias.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo de irrigação. Aplicação de nutrientes via foliar. *Phaseolus vulgaris* L.

IRRIGATION SHIFTS AND FOLIAR FERTILIZATION IN COMMON BEAN CROP

ABSTRACT: Techniques such as irrigation and foliar fertilization represent highly feasible alternatives for a significant increase in bean crop productivity and, consequently, a possible reduction in the total cost of production. Irrigation makes it possible, in the case of bean, to grow crops at less favorable times, producing high yields and, in some cases, about three times higher than those obtained in other growing seasons. Fertilization with macro and micronutrients, in turn, also represents great importance for the good development of the crop. The objective of this work was to evaluate the influence of micronutrient application via foliar and irrigation shifts to bean crop. The experiment was conducted in a greenhouse at the IFTM - *Campus* Uberaba. The experimental design was a randomized block design (DBC), in a 4x4 double factorial scheme, with 4 leaf fertilizations (control, calcium + boron (CaB), boron (B) and manganese (Mn)), 4 irrigation shifts ; 2; 3 and 4 days) and 4 replicates. The interaction of foliar fertilization with irrigation shifts showed values that differed statistically from each other only for productivity, with the highest values found being 5177.18; 5306.34; 5263.91 and 5658.72 kg ha⁻¹, respectively, referring to the control,

CaB, B and Mn fertilizations performed in the plants submitted to the 2-day irrigation shift.

KEY-WORDS: Irrigation management. Nutrient leaf application. *Phaseolus vulgaris* L.

INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro é uma das mais importantes para a economia brasileira. O Brasil é o maior produtor mundial de feijão com produção média anual de 3,5 milhões de toneladas (BRASIL, 2014). Segundo Albrecht et al. (2011) a produtividade pode aumentar pela efetiva utilização de técnicas consolidadas e de novas tecnologias para a cultura do feijão, principalmente com a utilização de adubação foliar e irrigação. A irrigação constitui alternativa viável na melhoria da produtividade, sendo que, a finalidade básica da irrigação é proporcionar água à cultura de maneira a atender toda a exigência hídrica durante o ciclo (SANTANA et al., 2009).

Em se tratando dos micronutrientes, esses podem satisfazer a necessidade da planta por meio de pulverizações com pequenas quantidades de micronutrientes. A baixa mobilidade desses nutrientes faz com que sejam necessárias várias aplicações durante o ciclo, especialmente de boro. Essa prática pode ser aliada aos tratamentos fitossanitários da cultura do feijoeiro, tornando-a muito mais econômica e viável (AMBROSANO et al., 1996).

Diante disto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da adubação foliar com micronutrientes conciliada com adoção de turnos de rega sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura do feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em uma casa de vegetação no IFTM – *Campus* Uberaba, localizado no município de Uberaba – MG, situado a 19° 39' 19" S e 47° 57' 27" W. O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial duplo de 4 x 4 em que foram utilizados quatro turnos de rega (1, 2, 3 e 4 dias) e quatro adubações foliares (testemunha, cálcio e boro (CaB), boro (B) e manganês (Mn)). Foram utilizadas 4 repetições totalizando 64 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi constituída de um vaso de polietileno com capacidade para 14 dm³. Cada parcela experimental foi disposta a 0,5 m da outra parcela mais próxima e um metro entre os blocos.

A cultivar utilizada foi IAC Milênio. Foram coletados os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar por meio de um termohigrômetro digital instalado no interior da casa-de-vegetação.

O início do experimento foi caracterizado por elevar o solo dos vasos à capacidade de campo; para isto estes foram saturados com água, envolvendo-os individualmente com plástico, de forma a forçar a perda de água apenas por drenagem. Quando cessou a drenagem (aproximadamente 24 horas) os plásticos foram retirados.

O volume de água de reposição foi obtido a partir da quantidade de água evapotranspirada diariamente; para isso foram instalados em um vaso por repetição, drenos de coleta da água de percolação, possibilitando a Equação 1, do balanço de água no solo.

$$ET = I - D \quad (1)$$

em que,

ET é a evapotranspiração diária (mL); I é a quantidade de água irrigada (mL) e D é a quantidade de água drenada (mL).

A reposição de água foi realizada manualmente e de acordo com o turno de rega (1, 2, 3 ou 4 dias) com auxílio de uma proveta graduada afim de proporcionar a precisão na lâmina desejada em cada tratamento.

As variáveis analisadas foram altura de plantas; diâmetro do caule; número de folhas e ao final do ciclo da cultura foram obtidos: número de vagens por planta; número de grãos por planta; número de grãos por vagem; matéria seca (plantas coletadas em pleno florescimento, estágio R5); peso de 100 grãos e produtividade.

Todas as características foram submetidas à análise de variância, sendo os efeitos dos tratamentos estudados por meio do teste de média Scott-Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de irrigações de acordo com o turno de rega foi de 93, 46, 31 e 23 irrigações para os turnos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Não houve diferença estatística para as variáveis diâmetro do caule, número de folhas e número de grãos por vagem e matéria seca, para nenhum dos fatores estudados.

Não houve diferenças estatísticas para altura de plantas coletada aos 45, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS). Entretanto na avaliação aos 75 DAS, houve diferença estatística para o fator turno de rega (Tabela 1).

O número de vagens por planta diferiu estatisticamente conforme os turnos de rega. Os valores médios de número de vagens por planta encontrados em cada turno são próximos uns dos outros, estando estes entre 14,50 e 17 vagens por planta (Tabela 1).

Para as variáveis, número de grãos por planta e massa de 100 grãos, houve diferença estatística apenas entre as adubações foliares realizadas. O maior número de grãos por planta encontrado foi na adubação testemunha, com um valor médio de 79,93 grãos por planta. A média geral do número de grãos por planta encontrada foi de 66,56 grãos. As adubações com cálcio e boro (CaB) e manganês (Mn) apresentaram os maiores valores de massa de 100 grãos, 47,47g e 41,41g, respectivamente. Já as adubações testemunha e boro (B) apresentaram valores menores de massa de 100 grãos, 35,59g e 36,38g, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 1. Valores relativos à altura de planta (cm) do feijoeiro e ao número de vagens por planta aos 75 DAS, em função de cada turno de rega testado.

Turno de rega	Altura média de plantas (cm)	Número médio de vagens por planta (vagens)
1	103,34 a	15,87 a
2	105,25 a	16,97 a
3	102,00 a	15,78 a
4	87,41 b	14,65 b

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si estatisticamente, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Skott Knott.

Tabela 2. Valores relativos à número de grãos por planta (grãos) e massa de 100 grãos, do feijoeiro em função de cada adubação foliar testada.

Adubação	Número médio de grãos por planta (grãos)	Massa de 100 grãos (g)
Testemunha	79,93 a	47,47 a
CaB	60,00 b	41,41 a
B	62,69 b	36,38 b
Mn	63,62 b	35,59 b

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si estatisticamente, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Skott Knott.

Houve interação entre as adubações foliares e os turnos de rega, para a produtividade. Os turnos de rega de 1, 3 e 4 dias, as médias de produtividade dentro de cada adubação foliar foram próximas, sendo que os maiores valores foram encontrados nas adubações foliares testemunha e cálcio e boro (CaB). O turno de rega de 2 dias obteve médias de produtividade altas e semelhantes em todas as adubações, variando de 5100 kg ha⁻¹ a 5700 kg ha⁻¹ (Tabela 3). Para as adubações testemunha e cálcio e boro (CaB) as médias de produtividade encontradas em cada turno de rega não diferiram estatisticamente entre si. Boaretto et al. (1988) e Rosolem et al. (1990) também verificaram que a adubação foliar com diferentes fontes de cálcio não influenciou, em termos de produtividade.

Para a adubação com boro (B) os maiores valores de produtividade foram encontrados nos turnos de rega de 2 e 4 dias. Costa et al. (2014) obtiveram resultados semelhantes onde, houve um aumento de produtividade quando aplicada a dose de 300g ha⁻¹ de boro, atingindo cerca de 2860 kg ha⁻¹ para a cultivar BRS Pérola.

Tabela 3. Médias de produtividade (kg ha⁻¹) do feijoeiro em função do turno de rega dentro de cada adubação foliar.

Turnos de rega (dias)	Adubações foliares			
	Test	CaB	B	Mn
1	5243,14 a A	5455,15 a A	1617,91 b B	4868,14 b A
2	5177,18 a A	5306,34 a A	5263,91 a A	5658,72 a A
3	5572,53 a A	5493,01 a A	4989,18 a B	4462,38 b B
4	4609,21 a A	4550,56 b A	4688,81 a A	4588,50 b A

médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si estatisticamente, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Skott Knott.

CONCLUSÕES

A aplicação de micronutrientes via foliar e o emprego de turnos de rega distintos apresentaram interação apenas para a variável produtividade, sendo que os maiores valores foram observados nas adubações testemunha, CaB, B e Mn combinadas com turno de rega de 2 dias (5177,18; 5306,34; 5263,91 e 5658,72 kg ha⁻¹, respectivamente).

AGRADECIMENTOS

A FAPEMIG pelo apoio financeiro cedido aos autores.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P.; RICCI, T. T. Manejo de biorregulador nos componentes de produção e desempenho das plantas de soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 865-876, 2011.

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; AMBROSANO, G. M. B.; BULISANI, E. A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; SORDI, G. Resposta da aplicação de micronutrientes no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2-3, mai./dez. 1996.

BOARETTO, A. E.; SOUZA, J. R. P.; NAKAGAWA, J. Adubação foliar com EDTA-cálcio e/ou fertilizante misto em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Científica**, Jaboticabal, v. 16, n. 2, p. 173-178, 1988.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO E PECUÁRIA, 2014. **Feijão**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

COSTA, L. F. S.; CUNHA, A. H. N.; FERREIRA, E. M.; FERNANDES BRASIL, E. P.; FERREIRA, E. P. B. Aplicação de boro em feijoeiro e aspectos microbiológicos do solo. **Revista Mirante**, Anápolis, v. 7, n. 2, p. 157-167, dez. 2014.

ROSOLEM, C. A.; BOARETTO, A. E.; NAKAGAWA, J. Adubação foliar do feijoeiro: VIII. Fontes e doses de cálcio. **Científica**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 81-86, 1990.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. de A.; ANDRADE, M. J. B. de; GERVÁSIO, G. G.; BRAGA, J. C.; LEPRI, E. B. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 532-538, mar./abr. 2009.

INFLUÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO CRESCIMENTO DO CAPIM VETIVER

Jessica Silva Santos¹, Lázara Jossikarla Oliveira Lopes², Jacilene Francisca Souza Santos³, Francisco Sandro Rodrigues de Holanda⁴, Regina Helena Marino⁵

¹Graduanda de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, jsksantos1991@gmail.com; ²Graduanda de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, lazaralopesagro@gmail.com; ³Graduanda de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, jacilenesantos_14@hotmail.com; ⁴Professor Titular, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, fholanda@infonet.com.br; ⁵Professora Associada I, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, rehmarino@hotmail.com

RESUMO: O capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) é uma poácea que vem sendo empregada no controle da erosão em taludes, no Estado de Sergipe, por apresentar rápido crescimento podendo estar correlacionado com a presença de micorrizas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento do capim vetiver, em estufa agrícola. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao caso composto pelo cultivo do capim vetiver em cinco tratamentos (controle; inoculante microbiano nativo; UFLA05 - *Gigaspora albida*, UFLA351 - *Glomus clarum* e UFLA372 - *Glomus etunicatum*), com seis repetições. O cultivo dos perfilhos do capim vetiver foi realizado em substrato à base de areia autoclavada e pó de coco (2:1) e adicionado o inoculante microbiano. As variáveis avaliadas foram: altura, comprimento da raiz, matéria seca da parte aérea e da raiz, colonização micorrízica e número de esporos, após 100 dias de cultivo. O crescimento do capim vetiver foi influenciado pelas micorrizas nativas, mas não foi responsivo à inoculação dos isolados UFLAs.

PALAVRAS-CHAVE: Microbiologia do solo, poácea, fungos endofíticos.

INFLUENCE OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN THE GROWTH OF CAPIM VETIVER

ABSTRACT: The vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) is a poaceae that has been used in the soil erosion control in the State of Sergipe, because it presents rapid growth and may be correlated with the presence of mycorrhizae. The objective of this work was to evaluate the influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of vetiver grass in an agricultural greenhouse. The experimental design was based on five treatments (control; native microbial inoculant; UFLA05 - *Gigaspora albida*, UFLA351 - *Glomus clarum* and UFLA372 - *Glomus etunicatum*), with six replications. The cultivation of the tillers of the vetiver grass was carried out in a substrate based on autoclaved sand and coconut powder (2:1) and the microbial inoculant was added. The variables evaluated were: height, root length, dry matter of shoot and root, mycorrhizal colonization and number of spores, after 100 days of cultivation. Vetiver grass growth was influenced by native mycorrhizae, but was not responsive to inoculation of UFLA isolates.

KEY-WORDS: Microbiology of soil, poaceae, endophytic fungi.

INTRODUÇÃO

No processo de estabilização de taludes, o emprego do capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) vem reduzindo os processos erosivos devido o rápido crescimento e pela intensa formação de raízes finas (MACHADO et al., 2015).

Segundo Moreira e Siqueira (2006), os fungos micorrízicos arbusculares podem ser promotores do crescimento e estimular a formação de raízes finas, além de excretar uma glicoproteína, a glomalina, responsável pela agregação das partículas do solo. Da mesma forma, Ribeiro et al. (2011) citam que os endofíticos “dark septate” podem estimular o crescimento de plantas, a depender da interação fungo-planta. No entanto, Yan et al. (2015) citam que os fungos endofíticos “dark septate” podem estimular ou ter ação antagonista sobre outros microrganismos, o que pode influenciar na interação fungo micorrízico com as plantas hospedeiras.

A simbiose entre os fungos micorrízicos arbusculares e o capim vetiver foi relatado por Karimi et al. (2014) e por Caporale et al. (2014), mas em trabalhos visando a biorremediação de solos contaminados por metais pesados. Este trabalho teve como objetivo estudar a influência de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento do capim vetiver, em estufa agrícola.

MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso composto pelo cultivo do capim vetiver em cinco tratamentos (controle; inoculante microbiano nativo; UFLA05 - *Gigaspora albida*, UFLA351 - *Glomus clarum* e UFLA372 - *Glomus etunicatum*), com seis repetições.

O inóculo microbiano nativo e os perfilhos foram coletados de plantas de vetiver localizadas na área experimental na margem direita no baixo curso do rio São Francisco, no município de Amparo de São Francisco (coordenadas UTM 744.301,092 E/ 8868.461,918 N), em Sergipe. Os inoculantes micorrízicos (nativo e UFLAs) foram multiplicados em areia autoclavada e cultivado em sorgo, por 60 dias.

No bioensaio, o substrato à base de areia autoclavada e pó de coco comercial (2:1) foi acondicionado em sacos plásticos, com capacidade de três quilos e, em seguida, adicionados 50 g de inoculante microbiano constituído por uma mistura de 20-30 esporos micorrízicos e fragmentos de raízes de sorgo colonizados. No tratamento controle não foi adicionado inoculante micorrízico. Os perfilhos, previamente cultivados em areia suplementada com 800 mg/dm³ de P₂O₅ por 70 dias, foram uniformizados quanto ao tamanho (15 cm de altura) e transplantados por saco plástico, após a inoculação micorrízica e cultivados por 100 dias, em estufa.

As variáveis avaliadas foram: altura, comprimento da raiz, matéria seca da parte aérea e da raiz, colonização micorrízica e por fungos endofíticos “dark septate”, número de esporos micorrízicos e número de perfilhos. A altura e o comprimento da raiz foram avaliados com auxílio de régua milimétrica, cujas medições foram realizadas a partir do colo da planta. A matéria seca da parte aérea e da raiz foram determinadas, com auxílio de balança semi-analítica, após a secagem da matéria fresca em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C. O número de perfilhos foi obtido pela contagem direta, por planta. A colonização micorrízica e o número de esporos foram avaliados segundo a metodologia de Giovannetti e Mosse (1980) e Gerdemann e Nicolson (1963), respectivamente. Os fungos endofíticos “dark septate” foram quantificados segundo Ribeiro et al. (2011).

Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e nos casos em que houve diferença significativa foi aplicado o Teste de Scott-Knott a 5% de significância para comparação das médias, pelo programa ASSISTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O emprego da adubação fosfata na fase de multiplicação dos perfilhos do vetiver reduziu a taxa de colonização dos isolados micorrízicos nativos de 56% para 10,2%.

Assim, nos tratamentos controle e com os isolados UFLAs houve também a colonização por micorrizas nativas e podem ter influenciado na interação UFLAs x vetiver. E nas sementes de sorgo, utilizadas na produção dos inoculantes micorrízicos, foi identificada a bactéria *Bacillus subtilis*, que também pode influenciar no crescimento do vetiver e na interação simbiótica micorriza x planta.

No tratamento controle, o capim vetiver apresentou 9,2% de colonização micorrízica, provavelmente pelos microrganismos nativos oriundos dos perfilhos, sem diferença significativa com UFLA351, mas inferior aos valores obtidos com nativo, UFLA05 e UFLA372. E a inoculação do UFLA351 resultou em menor crescimento em altura do vetiver, mas sem diferença na matéria seca da parte aérea e da raiz, no comprimento da raiz e no número de perfilhos, em comparação ao controle. Este resultado provavelmente pode ter sido devido à baixa taxa de colonização micorrízica (Tabela 1).

Tabela 1. Colonização micorrízica (CM), colonização por fungos endofíticos “dark septate” (END), número de esporos micorrízicos (NE), altura (ALT), matéria seca da parte aérea (MSPA), comprimento da raiz (CR), matéria seca da raiz (MSR) e número de perfilhos (NP) do vetiver, após o cultivo por 100 dias do transplantio e inoculação.

Tratamento	CM (%)	END (%)	NE	ALT (cm)	MSPA (g)	CR (cm)	MSR (g)	NP
Controle	9,2 b*	8,8 a	90,7 a	86,0 a	2,2 a	35,7 a	1,2 a	2,0 a
Nativo	15,3 a	16,6 a	252,3 a	89,1 a	2,1 a	33,8 a	1,7 a	2,5 a
UFLA05	10,2 a	6,5 a	193,0 a	50,1 b	0,9 b	35,3 a	0,4 b	0,8 b
UFLA351	2,2 b	15,2 a	179,0 a	66,1 b	1,5 a	33,8 a	0,9 a	1,7 a
UFLA 372	13,4 a	15,0 a	142,0 a	76,0 a	2,5 a	36,2 a	1,2 a	1,8 a

*Médias a seguir com a mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, 5% de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott.

O emprego do inóculo nativo e UFLA372 não influenciaram na altura, na matéria seca da parte aérea e de raiz, no comprimento da raiz e no número de perfilhos do capim vetiver, em comparação ao controle (Tabela 1). Vale ressaltar que, a matéria seca da parte aérea das plantas de vetiver no tratamento nativo apresentou correlação positiva com a colonização micorrízica (Tabelas 1 e 2), tal como citado por Costa et al. (2012) entre o capim braquiária e as micorrizas nativas.

Tabela 2. Coeficiente de correlação (r^2) entre colonização micorrízica (CM), altura (ALT), matéria seca da parte aérea (MSPA), comprimento da raiz (CR), matéria seca da raiz (MSR), número de perfilhos (NP) e fungos endofíticos “dark septate” (END) em capim vetiver, após o cultivo por 100 dias do transplantio e inoculação.

Variáveis	Controle	Nativo	UFLA05	UFLA351	UFLA372
CM x MSPA	0,35 ns	0,81 *	-0,49 ns	0,39 ns	0,31 ns
CM x MSR	0,36 ns	0,24 ns	-0,58 ns	0,39 ns	0,38 ns
CM x NP	0,03 ns	-0,56 ns	-0,61 ns	0,69 ns	0,46 ns
CM x END	-0,47 ns	-0,52 ns	-0,01 ns	0,37 ns	0,57 ns
END x MSPA	-0,63 ns	-0,42 ns	-0,47 ns	0,40 ns	0,54 ns
END x MSR	-0,71 ns	0,47 ns	-0,26 ns	-0,03 ns	0,62 ns
END x NP	0,07 ns	0,57 ns	0,45 ns	0,09 ns	0,45 ns

ns – não significativa, * significativa a 1% ($p < 0,1$) e ** significativa a 5% ($0,01 \leq p < 0,05$).

A inoculação do capim vetiver com UFLA05 resultou em menor crescimento em altura, em matéria seca da parte aérea e da raiz e no número de perfilhos (Tabela 1), mas não houve correlação com a colonização micorrízica e a colonização por fungos “dark septate” (Tabela 2).

De forma geral, a inoculação dos isolados UFLAs não influenciaram o crescimento vegetativo do capim vetiver, ao contrário do citado por Cavagnaro et al. (2014) com a poácea *Panicum coloratum*. Entretanto, Moreira e Siqueira (2006) ressaltam que a influência positiva dos fungos micorrízicos arbusculares no crescimento da planta hospedeira depende da interação fungo-planta.

Além disso, é importante considerar que fungos “dark septate” também podem influenciar a interação simbiótica (YAN et al., 2015). No entanto, apesar de ter sido detectada a presença dos fungos “dark septate” em todos os tratamentos (Tabela 1), não houve correlação com as variáveis de crescimento analisadas e a colonização micorrízica (Tabela 2). Porém, a colonização micorrízica do capim vetiver associada aos fungos “dark septate”, pode representar uma alternativa na sobrevivência desta espécie, em condições adversas, principalmente, visando a estabilização de taludes.

CONCLUSÕES

O crescimento do capim vetiver é influenciado pelas micorrizas nativas, mas não é responsivo à inoculação dos isolados UFLA05, UFLA351 e UFLA372.

REFERÊNCIAS

CAPORALE, A. G. et al. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) on growth and arsenic uptake of vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* L.) from contaminated soil and water system. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 14, n. 4, p. 955-972, 2014.

CAVAGNARO, R. A. et al. Screening of biomass production of cultivated forage grasses in response to mycorrhizal symbiosis under nutritional deficit conditions. **Japanese Society of Grassland Science**, Tochigi, v. 60, n. 1, p. 178-184, 2014.

COSTA, N. L. et al. Efeito de micorrizas arbusculares sobre o crescimento e nutrição mineral de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 13, n. 4, p. 406-411, 2012.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

KARIMI, N.; BAHARLOUEI, J.; SABZALIAN, M. R. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth parameters of vetiver grass in a cd-contaminated soil. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON NEW IDEAS IN AGRICULTURE, 1, 2014, Isfahan. **Anais...** Isfahan: Islamic Azad University Khorasgan Branch, 2014, p. 1.

MACHADO, L. et al. Contribuição do sistema radicular do capim-vetiver para estabilização do talude do Rio São Francisco. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2453-2464, 2015.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. p. 543-661.

RIBEIRO, K.G. et al. Isolamento, armazenamento e determinação da colonização por fungos “dark septate” a partir de plantas de arroz. **Revista Agro@ambiente** on-line, Boa Vista, v. 5, n. 2, p. 97-105, 2011.

YAN, J. F. et al. Do endophytic fungi grow through their hosts systemically? **Fungal ecology**, Londres, v. 13, n. 1, p. 53-59, 2015.

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E FISIOLOGIA EM MELOEIRO SUBMETIDO AO ESTRESSE HÍDRICO EM REGIÃO SEMIÁRIDA

Daniel Amorim Vieira¹, Marília Mickaele Pinheiro Carvalho², Saulo de Tarso Aidar³,
Lígia Borges Marinho⁴, Alessandro de Carlos Mesquita⁵

¹ Doutorando em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, amorim.danielvieira@gmail.com; ² Doutoranda em Entomologia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, MG, marilia.mickaelep@hotmail.com ³ Pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, Saulo.aidar@embrapa.br; ⁴ Docente, Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, ligia.bmarinho@gmail.com; ⁵ Docente, Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, alessandro.mesq@yahoo.com.br

RESUMO: As mudanças climáticas têm contribuído com a escassez hídrica e por isso o presente trabalho têm como objetivo avaliar o comportamento fisiológico em tipos de meloeiro submetido ao estresse hídrico. O estudo foi realizado no período de outubro a dezembro de 2015 em ambiente protegido na área experimental da Universidade do Estado da Bahia, no Submédio do Vale do São Francisco, município de Juazeiro BA (9° 24 S; 40° 30 W; 368 m de altitude. Para o estudo com o melão, utilizou-se os tipos melão amarelo e pele de sapo, híbridos Mandacaru e Juazeiro, respectivamente. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições, em esquema de parcelas sub-subdivididas, onde as parcelas foram compostas pelas quatro lâminas de irrigação(50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura-ETC), a subparcela composta dos tipos pele de sapo e melão amarelo e a sub- subparcela pelas coletas para as análises fisiológicas(15, 30 e 45 dias após o transplante). Aos 45 dias após o transplante foi feita a coleta das plantas, afim de obter a matéria seca: das folhas, ramos e raiz. O estresse hídrico reduziu a fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e o acúmulo de matéria seca no ramo, folhas e raízes. O tipo pele de sapo pode ser cultivado sob déficit hídrico, pois se mostrou mais tolerante, apresentando um maior ajustamento fotossintético perante as trocas gasosas e acúmulo de matéria seca da raiz do que melão amarelo em condições de estresse hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: Ajuste fotossintético; tolerância, matéria seca e *Cucumis melo* L.

PRODUCTION OF DRY MATTERS AND PHYSIOLOGY IN MELOEIRO SUBMITTED TO WATER STRESS IN SEMIARID REGION

ABSTRACT: The climatic changes have contributed to water scarcity and therefore the present work aims to evaluate the physiological behavior in types of melon subjected to water stress. The study was carried out from October to December 2015 in a protected environment in the experimental area of the State University of Bahia, in the Submedia of the São Francisco Valley, in the municipality of Juazeiro BA (9 ° 24 S, 40 ° 30 W, 368 m The experimental design was a randomized block design with three repetitions, in a sub-subdivided plots scheme, in which the sub-subdivided plots were used, (50, 75, 100 and 125% of ETC crop evapotranspiration), the subplot composed types skin of frog and yellow melon, and the sub-subplot by collection for physiological analyzes (15 , 30 and 45 days after transplanting), 45 days after transplanting, the plants were collected in order to obtain the dry matter: of the leaves, branches and roots, water stress reduced liquid photosynthesis, transpiration, conductance Stomata and the dry matter

accumulation in the branch, leaves and roots. The toad skin type can be cultivated under water deficit, since it has been more tolerant, presenting a greater photosynthetic adjustment in the gas exchange and accumulation of dry matter of the root than yellow melon in conditions of water stress.

KEY-WORDS: Photosynthetic adjustment; tolerance, dry matter and *Cucumis melo* L.

INTRODUÇÃO

A região semiárida é caracterizada por déficit hídrico e elevadas temperaturas e baixa umidade relativa, restringindo bastante à agricultura nesta região, limitando o cultivo em áreas irrigadas para obter êxito na produção vegetal. No entanto o cenário atual é de agravamento da escassez hídrica na região semiárida (MARENGO, 2008), pois nos últimos anos foi registrado a maior seca dos últimos 50 anos, prejudicando seriamente a população e também na produção de alimentos de acordo com Clemente et al. (2015).

Baseado nesta situação de emergência se faz necessário desenvolver estratégias e inovações tecnológicas para diminuir os impactos da baixa disponibilidade hídrica para as culturas produzidas nesta região e em especial o meloeiro. Em vários trabalhos avaliando a irrigação no meloeiro têm mostrado a sua sensibilidade ao estresse hídrico (SENSOY et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008; SOUZA et al., 2010).

Um dos processos que são afetados pelo estresse hídrico é a fotossíntese, pois ocasiona a desidratação das células do mesófilo (TAIZ e ZEIGER, 2013). A deficiência hídrica provoca muitas reações fisiológicas na planta com intuito de reduzir perca de água por meio da transpiração, entre elas, o fechamento estomático de acordo com Teixeira et al. 2015. Desta maneira a planta opera mesmo em condições de baixo potencial para manter turgescência e também os processos metabólicos (GONÇALVES, 2013).

O comportamento fisiológico de adaptação de plantas ao estresse ambiental varia muito, dependendo do genótipo e de seus mecanismos intrínsecos, com intuito de reduzir o dano celular (FAROOQ et al., 2009; WASEM et al., 2011). É de fundamental importância estudos através da avaliação de cultivares que possam apresentar tolerância a condições de déficit hídrico, através de alterações fisiológicas. Desta maneira, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as trocas gasosas e acúmulo de matéria seca de meloeiros submetidos a diferentes lâminas de irrigação, em casa de vegetação, em Juazeiro-BA.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em ambiente protegido na área experimental da Universidade do Estado da Bahia, no Submédio do Vale do São Francisco, município de Juazeiro BA (9° 24 S; 40° 30 W; 368 m de altitude. No período de outubro a dezembro de 2015. O clima do local é do tipo BSh semiárido quente, segundo a classificação de Koppen. O ambiente protegido era tipo arco, telado e com 45% de sombreamento, orientação no sentido Leste-Oeste, com 3,5 m de pé direito, 10 m de largura e 30 m de comprimento.

As sementes foram semeadas em bandejas de polietileno com substrato comercial e quando as plantas apresentaram dois pares de folhas definitivas posteriormente transferidas para vasos de 5 litros, o espaçamento entre os vasos foi de

50,0 X 50,0 cm entre as plantas e linhas após o período de aclimação de 10 dias após o transplante se iniciou a diferenciação das quatro lâminas de irrigação: 50, 75, 100 e 125 % da Evapotranspiração da cultura por meio do método de lisimetria de pesagem.

A irrigação foi efetuada diariamente, por meio de sistema automatizado por gotejamento. As plantas receberam semanalmente solução nutritiva de Hoagland (HOAGLAND e ARNON, 1950) de acordo com a demanda da cultura. Foram avaliadas as características associadas às trocas gasosas com um analisador portátil de CO₂ a infravermelho (IRGA), modelo LICOR 6400 espaçados a cada 15 dias (15, 30 e 45 dias após a diferenciação das lâminas), em dias claros e com condições climáticas características da época seca (outubro a dezembro de 2015).

Os dados meteorológicos: temperatura e umidade relativa (Figura 1) e a velocidade do ar(vento) e radiação solar (Figura 2.) foram obtidos por uma estação dentro da casa de vegetação.

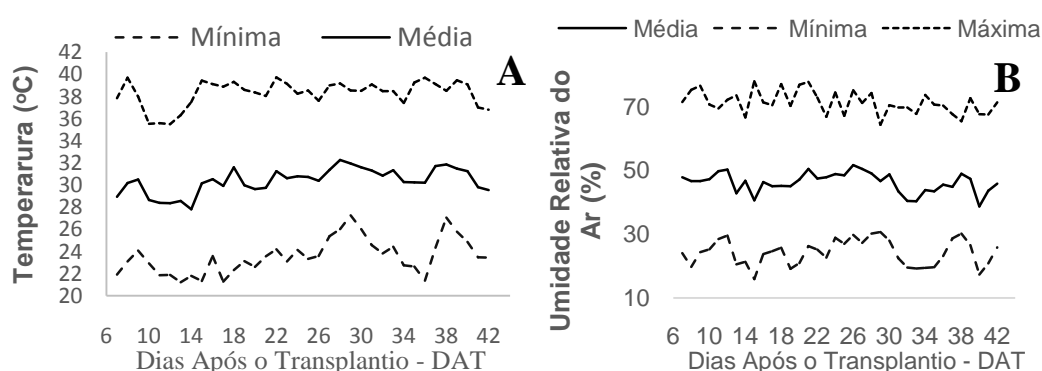


Figura 1. A) Temperatura interna. **B)** Umidade relativa dentro do ambiente protegido. Juazeiro-BA, UNEB. 2017.

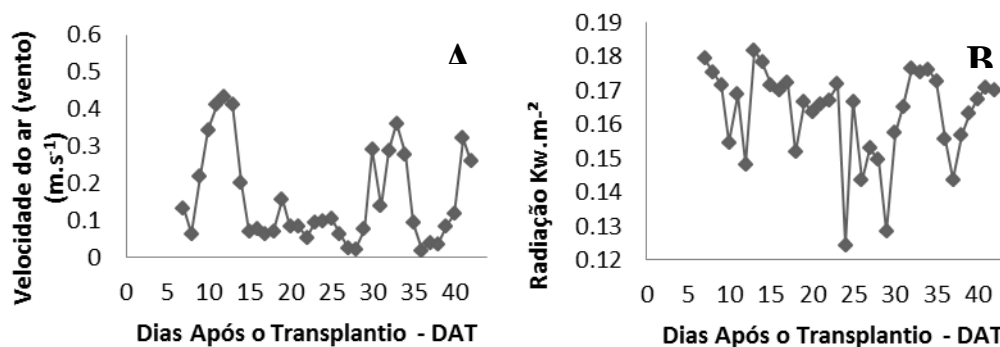


Figura 2. A) Velocidade do ar (vento) e **B)** Radiação solar dentro do ambiente protegido. Juazeiro-BA, UNEB. 2017.

As avaliações foram realizadas por volta das 09 h e 11 h (hora solar) em folhas maduras e completamente expandidas. Obtendo a fotossíntese líquida, transpiração foliar, condutância estomática. Aos quarenta e cinco dias após o transplante as plantas, foram retiradas dos vasos, separada a parte aérea e a raiz para a determinação do peso de matéria seca da parte aérea e da raiz.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições, em esquema de parcelas sub-subdivididas, onde as parcelas foram compostas pelas quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura-ETC), a subparcelas compostas pelos dois tipos de melão: pele de sapo e melão amarelo, sendo respectivamente os híbridos: Juazeiro e Mandacaru e a sub-subparcelas (15, 30 e 45 dias após o transplante). Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos submetidos ao teste de Tukey a 5% de significância e a análise de regressão utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se referem aos parâmetros fotossintéticos e matéria seca, as variáveis foram submetidas à análise de variância (ANAVA) conforme a tabela 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Resumo da Análise de variância das variáveis de fotossíntese líquida (A), transpiração líquida (E) e condutância estomática (gs).

Fator variação	(A)	(E)	(gs)
	QM	QM	QM
Blocos	8,062 ns	6,29 ns	0,0061 ns
Lâminas	16,88 ns	3,34 ns	0,038 **
Tipos	2,9 ns	3,25 ns	0,05 ns
Tipos X Lâmina	41,52 ns	2,97 ns	0,0065 ns
Coleta	1129,93 *	207,94 *	0,582 *
Coleta X Tipos	24,14*	3,66 ns	0,00657 ns
Coleta X Lâmina	12,58 *	4,88 **	0,0031 ns
Coleta X Tipos X Lâmina	2,29 *	4,87 **	0,0091 ns

(QM) quadrado médio, (A) fotossíntese líquida, (E) transpiração líquida, (gs) condutância estomática, (ns) não significativo, ** significativo à 1% de probabilidade e * significativo à 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2. Resumo da Análise de variância das variáveis de Matéria seca da folha, caule e raiz.

Fator variação	MSF	MSC	MSR
	QM	QM	QM
Blocos	0,015 ns	0,057 ns	0,99 ns
Lâmina	2,77*	2,329 *	3,62 *
Tipos	0,0683 ns	0,8512 ns	3,88 *
Tipos x Lâmina	0,92 ns	0,625 ns	0,2916 ns

(QM) quadrado médio, (MSF) matéria seca da folha, (MSC), matéria seca do caule, (MSR) matéria seca da raiz, (ns) não significativo, ** significativo à 1% de probabilidade e * significativo à 5% de probabilidade pelo teste F.

Condutância estomática (gs)

A condutância estomática (gs) é responsável pela entrada de CO₂ e saída de H₂O e o seu funcionamento é de grande importância para os processos fisiológicos, pois abertos permite a entrada por difusão do CO₂ e fechado permite que haja conservação e manutenção da turgidez da planta, reduzindo os riscos de perda de água (NASCIMENTO et al., 2011). Esta não variou em função dos tipos de meloeiro, isolados e nem interação entre os fatores avaliados, mas as lâminas de irrigação influenciaram essa variável conforme a (Figura 3), com ajuste polinomial. Nota-se que o estresse hídrico reduziu os valores de (gs), pois é possível notar uma tendência de aumento da (gs) com incremento de lâmina aplicada até a irrigação plena e posteriormente há o declínio dessa variável. Os dois tipos de meloeiro reduzem a (gs) e consequentemente a transpiração foliar (E) e a fotossíntese líquida (A), pois a troca gasosa é diminuída.

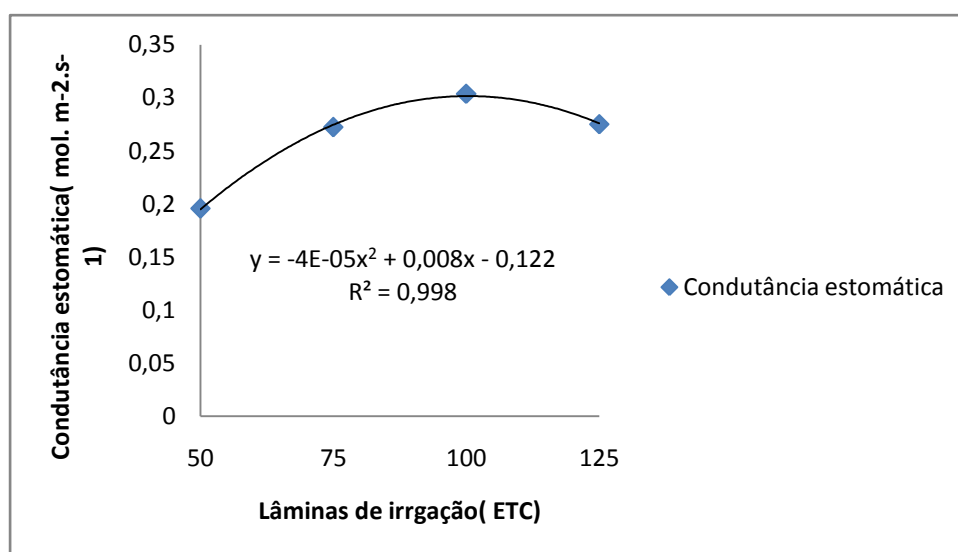


Figura 3. Alteração da condutância estomática dos tipos de meloeiro função das lâminas de irrigação. Juazeiro-BA, UNEB. 2017.

O meloeiro alterou a sua condutância estomática ao longo das coletas (15, 30 e 45 DAT), sendo o método matemático de regressão linear decrescente o que melhor se ajustou aos dados (Figura 4). Esse decréscimo de (gs) ao longo do ciclo fenológico, têm como explicação o ajustamento fotossintético, pois com o decorrer do desenvolvimento e as mudanças de fases do meloeiro, tais como: (15 dias após o transplante: vegetativa, 30 dias após o transplante: floração e 45 dias após o transplante: frutificação) houve uma redução de (gs). No decorrer do seu desenvolvimento a planta, aumenta sua área foliar e consequentemente, a quantidade de estômatos e um maior potencial para troca gasosa e se esta eficiência não fosse feita, ambos os tipos de meloeiro perderiam mais água do que o necessário podendo ocasionar uma desidratação que seria prejudicial para o seu crescimento.

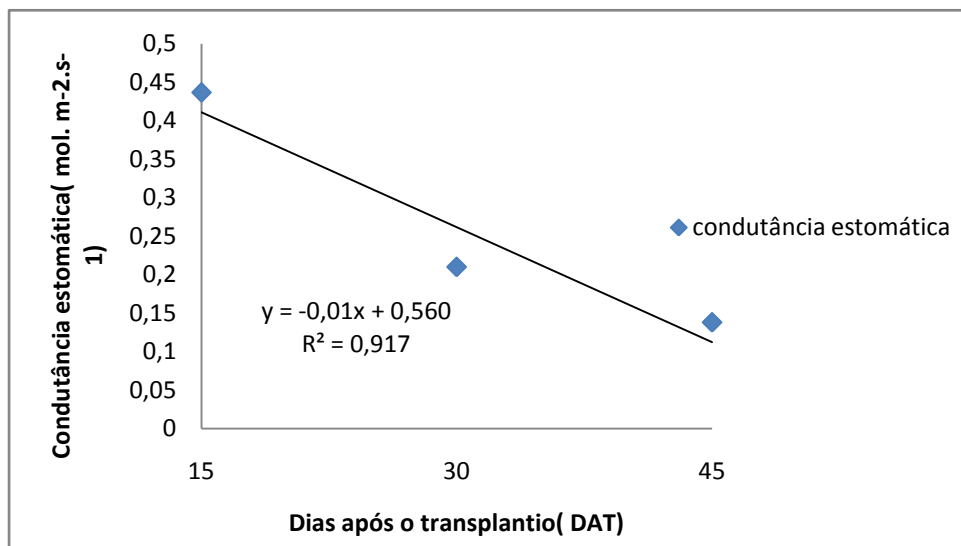


Figura 4. Alteração da condutância estomática do meloeiro em função ao longo dos dias após o transplante (DAT). Juazeiro-BA, UNEB. 2017.

Os resultados são corroborados pelo trabalho de Pontes (2014) avaliando as trocas gasosas e qualidade dos frutos de meloeiro amarelo cultivado em diferentes temperaturas, no decorrer do desenvolvimento da cultura foi observado redução com a idade da planta.

Em estudo realizado por Dias (2014) diverge do presente trabalho ao avaliar o crescimento, a fisiologia e a produção do meloeiro tipo pele de sapo (híbrido Juazeiro) cultivado sob diferentes lâminas de irrigação em condições de campo, o estresse hídrico não ocasionou diferença estatística na (gs). É importante destacar que, se trata do mesmo híbrido, tendo como diferença a radiação incidente, pois no presente trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido com um sombrite de redução de 40% da radiação, sendo um dos motivos pela diferença no comportamento da planta.

A redução da (gs) está diretamente relacionada com teor de água no solo (TAIZ e ZEIGER, 2013), pois em condições déficit hídrico dependendo da planta poderá ocorrer alterações na abertura e fechamento de estômatos.

Transpiração foliar (E)

No que se refere à transpiração (E), não houve diferença estatística na 1ª coleta (15 DAT) e nem na 3ª coleta (45 DAT), mas ocorreu interação tripla na 2ª coleta (30 DAT), com as lâminas de irrigação e os tipos de meloeiro (Figura 5), a 5% de significância e a tendência polinomial do 2º grau foi a que melhor se ajustou aos dados de transpiração foliar. .

O tipo pele de sapo demonstrou tendência de redução da (E) com o estresse hídrico. A transpiração foliar foi reduzida, com intuito de evitar à desidratação da planta fechou os estômatos para reduzir a perda de água para a atmosfera, desta maneira reduzindo consequentemente a absorção por difusão de CO₂.

O tipo de melão amarelo, não foi observado ajuste fotossintético, pois mostrou uma tendência de redução de (E) com o aumento da disponibilidade de água para a planta, desta maneira perdendo mais água, afetando a turgescência prejudicando a expansão e divisão celular que atuam no crescimento vegetal.

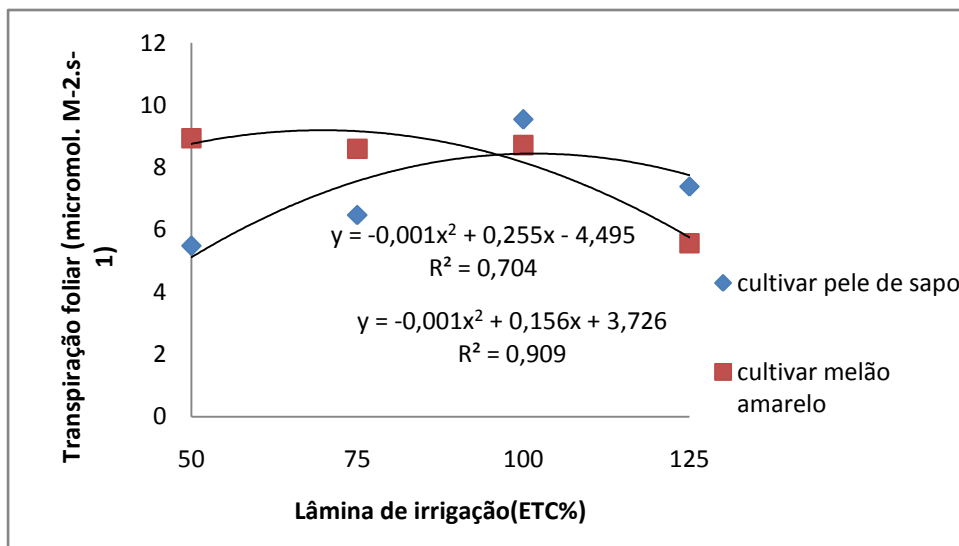


Figura 5. Alteração da transpiração foliar na interação das lâminas de irrigação (Evapotranspiração da cultura: ETC) com a 2º coleta com os tipos pele de sapo e melão amarelo. Juazeiro-BA, UNEB. 2017.

O comportamento do melão amarelo em transpirar mais em condição de estresse hídrico poderá trazer redução de produtividade dos frutos, pois são requeridas centenas de litros de água para se produzir um quilograma de matéria seca (KERBAUY, 2012).

Os resultados do tipo pele de sapo corroborado por Ferreira (2016), pois este autor encontrou redução na (E) com a diminuição das lâminas de irrigação para cultura do melão, pois a menor lâmina de 60% da demanda da cultura apresentou uma redução de 39,4 % de (E) em comparação com a maior lâmina. Os resultados preconizam que em condições hídricas ideais, o meloeiro apresentará maior transpiração, fato este relacionado com a (gs), pois os estômatos são as principais rotas de perda de água da planta (PEREIRA-FILHO et al., 2015).

Taxa de Fotossíntese líquida (A)

Baseado nos resultados apresentados para condutância estomática, transpiração foliar que atuam diretamente nas trocas gasosas, podemos observar que para a fotossíntese líquida (A), houve significância e interação dupla entre as lâminas de irrigação com as três coletas (1º coleta: 15DAT, 2º coleta: 30 DAT e 3º coleta: 45 DAT), ajustados por regressão através do método polinomial quadrático e interação dupla entre as lâminas de irrigação e as três coletas de avaliação.

Na (Figura 6), na 1º coleta (15 DAT) e 3º coleta (45 DAT), houve efeito gradativo crescente da (A) com o aumento da disponibilidade hídrica até próximo da lâmina de 75%, após este ponto a tendência é redução com aumentos da quantidade de água fornecida para o vegetal, sendo um pouco diferente na 2º coleta (30DAT) que apresentou aumento da (A) com aumento da disponibilidade hídrica, tendo como pico os valores próximos da lâmina de 100% e em seguida uma tendência de redução.

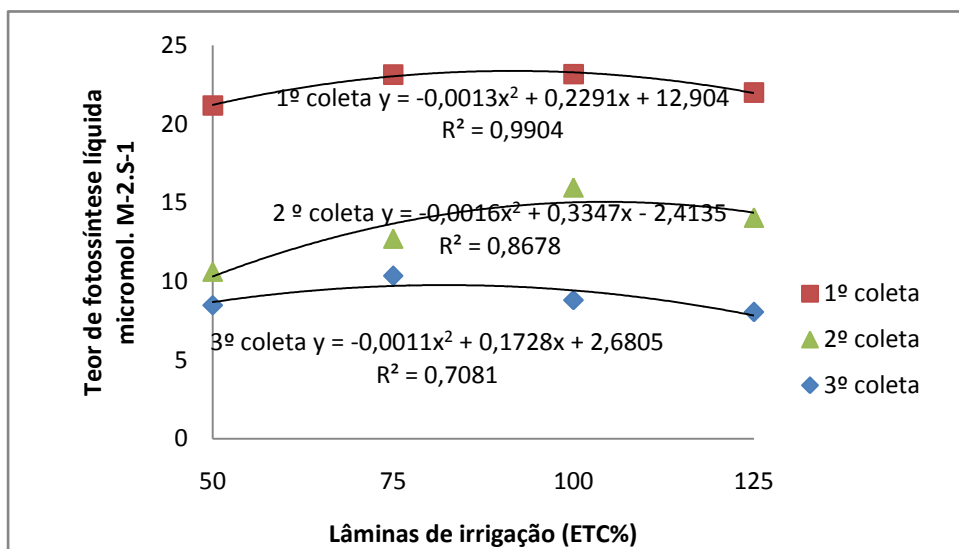


Figura 6. Alteração da fotossíntese líquida na interação das lâminas de irrigação (Evapotranspiração da cultura: ETC) com as três coletas (15, 30 e 45 dias após o transplântio). Juazeiro-BA, UNEB. 2017.

Desta maneira ficam evidenciados que o estresse hídrico, tanto o déficit como o excesso são prejudiciais para os teores (A) esses resultados são condizentes com as outras variáveis avaliadas de (gs) e (E) que foram reduzidas em condições de estresse hídrico.

Matéria seca das folhas, dos ramos e do sistema radicular:

O teor de matéria seca das folhas (MSF) (figura 7 A). Não apresentou diferença significativa para o fator tipo de meloeiro e nem interação com as lâminas de irrigação, mas houve diferença estatística entre as lâminas de irrigação. É possível notar que houve redução (MSF) com a diminuição da disponibilidade de água.

O teor de matéria seca do caule (MSC) (figura 6 B) segue o comportamento das folhas, contudo a única lâmina que sobressaem das outras é a lâmina de irrigação de 125%, pois as outras apresentaram resultados bastante próximos. Ficando observado que reduções de 50% e de 25% na quantidade ideal de água não afetaram drasticamente no acúmulo de (MSC). Não houve interação entre os tipos de melão com as lâminas de irrigação, mas as lâminas irrigação tiveram diferença estatística (figura 6 C) É notória que o maior incremento de água ocasiona maior matéria seca da raiz (MSR) mesmo de forma sucinta.

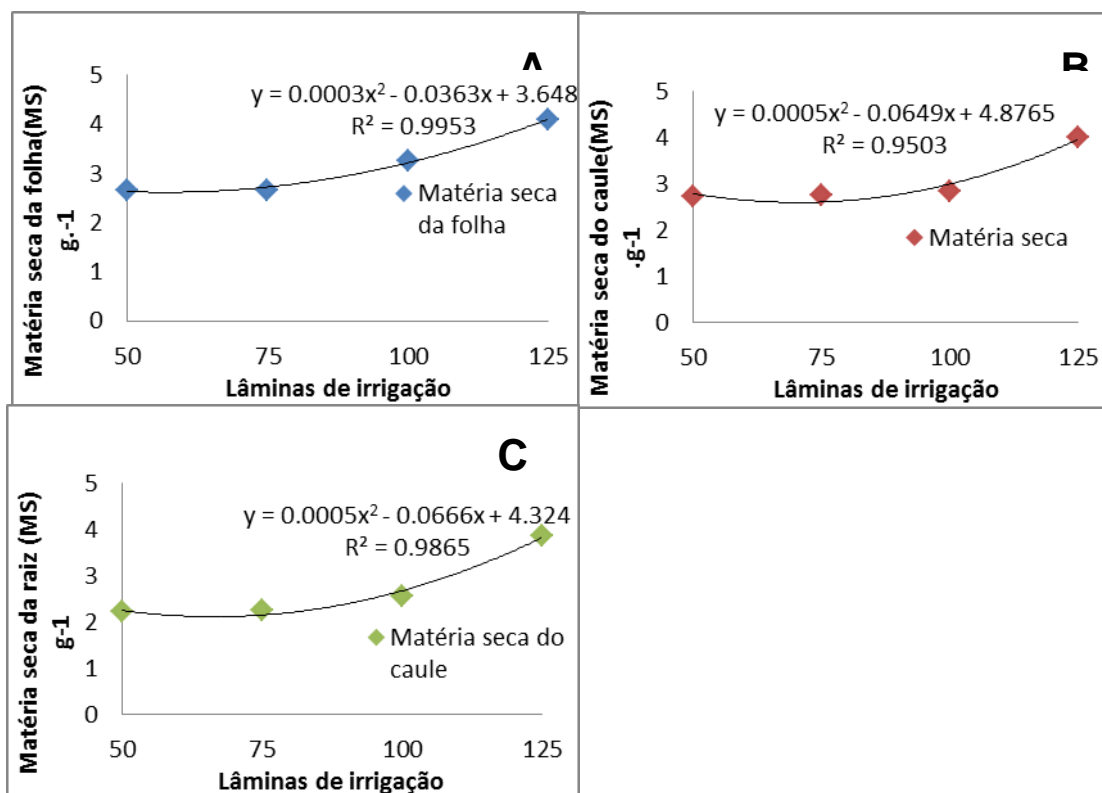


Figura 7 A) Alteração na matéria seca das folhas com as diferentes lâminas de irrigação (Evapotranspiração da cultura: ETC) B) Alteração na matéria seca do caule com as diferentes lâminas de irrigação (ETC). C) Alteração na matéria seca da raiz entre as lâminas de irrigação (ETC). Juazeiro-BA, UNEB, 2017.

O teor de matéria seca da raiz apresentou diferença entre os tipos de melão conforme a (tabela 3). Sendo que o pele de sapo apresentou maior teor do que a do melão amarelo, estando relacionado com maior ajuste fotossintético, pois o comportamento de reduzir a transpiração foliar por causa do déficit hídrico contribuiu para manutenção da turgescência das células mesmo em condições de estresse e este maior acúmulo pode ter sido uma forma que este híbrido encontrou para suportar esta condição adversa aumentando o sistema radicular com intuito de buscar água em maior volume de solo.

Tabela 3. Diferença estatística na matéria seca da raiz entre os tipos de melão.

Tipos	Matéria seca da raiz (g ⁻¹)
Pele de sapo	3,12 a
Melão amarelo	2,32 b
CV(%)	24,55

Diferença estatística a 5,0% de probabilidade, médias submetidas ao teste tukey.

Os resultados do presente trabalho também são condizentes com trabalhos de Pereira-Filho et al.(2015); Ferraz et al.(2011) e Tomaz et al.(2008), pois trabalharam com meloeiro e também encontraram redução no teor de matéria seca das folhas e ramos ocasionados pelo estresse hídrico.

CONCLUSÕES

O tipo pele de sapo pode ser cultivado sob déficit hídrico, pois se mostrou mais tolerante, apresentando um maior ajustamento fotossintético perante as trocas gasosas e acúmulo de matéria seca da raiz do que melão amarelo em condições de estresse hídrico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo Apoio Financeiro recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – Fapesb, referente ao Termo de Outorga 20/2014 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, referente ao Processo 460861/2014-0.

REFERÊNCIAS

CLEMENTE, RODEILDO.; ERMAELA, CICERA. Instituto nacional do Semiárido. <http://www.insa.gov.br/noticias/insa-alerta-para-agravamento-da-crise-hidrica-no-semiarido-brasileiro-em-2016>. Acesso em: 22 dez. 2016. 2015.

DIAS, V.G. **Crescimento, fisiologia e produção do meloeiro pele de sapo cultivado sob diferentes lâminas de irrigação**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. 2014.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, **Manual de métodos de análise de solo**, Rio de Janeiro, 2ed, 212p. 1997.

FAROOQ, M. et al. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis Cedex A, v. 29, n. 1, p. 185–212, 2009.

FERRAZ, R. L. DE S.; MELO, A. S. DE; FERREIRA, R. DE S.; DUTRA, A. F.; FIGUEREDO, L. F. de. Aspectos morfofisiológicos, rendimento e eficiência no uso da água do meloeiro “Gália” em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 957-964, 2011.

GONÇALVES, J.G.R. **Identificação de linhagens de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) tolerantes à seca**. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical)- Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 82 p, 2013.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal** - 2ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431p.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. **Publishing company Berkeley**, California . 347p., 1950.

MARENGO, J. A. Water and climate change. **Estudos Avançados**. [online]., vol.22, n.63, pp. 83-96. ISSN 1806-9592. 2008.

NASCIMENTO, S. P. ; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, I F. R & DA SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista brasileira de Engenharia agrícola e ambiental**. vol.15 no.8 Campina Grande Aug. 2011.

OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; LIMA, C.J.G.S.; DUTRA, I.; OLIVEIRA, M.K.T. Eficiência agrônômica da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do meloeiro nas condições do semiárido nordestino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 5-11, 2008.

PEREIRA FILHO, J. V.; BEZERRA, F. M. L.; CHAGAS, K. L.; SILVA, T.C.; PEREIRA, C.C.M. S. Trocas gasosas e fitomassa seca da cultura do meloeiro irrigado por gotejamento nas condições semiáridas do nordeste. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.9, nº.3, p. 171 - 182, 2015.

PONTES, C.A. **Trocas gasosas e qualidade dos frutos de meloeiro amarelo cultivado em diferentes temperaturas**. Dissertação de mestrado(Agronomia)-Universidade Federal Rural do Semiárido. 2014.

SENSOY, S.; ERTEK, A.; GEDIK, I & KUCUKYUMUK, C. Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field-grown melon (*Cucumis melo* L.). **Agricultural Water Management**, 88(1), 269-274. 2007.

SOUSA, A. E. C.; BEZERRA F. M. L.; SOUSA, C. H. de; SANTOS, F. S. S. dos. Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação potássica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 271-278, 2010.

SILVA, H.R.; COSTA, N.D.; CARRIJO, O.A. Exigências de clima e solo e época de plantio. In: SILVA, H.R.; COSTA, N.D. **Melão: produção, aspectos técnicos**. (Ed). Brasília: EMBRAPA (Frutas do Brasil, 33). 2003, p. 23- 28.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 918.
TEIXEIRA, D. T. F.; NOGUEIRA, G. A. S.; MALTAROLO, B. M.; ATAÍDE, W. L. S & OLIVEIRA NETO, C. F. Alterações no metabolismo do nitrogênio em plantas de noni sob duas condições hídricas. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015.

TOMAZ, H. V. DE Q.; PORTO FILHO, F. DE Q.; MEDEIROS, J. F. DE; DUTRA, I.; QUEIROZ, R. F. Crescimento do meloeiro sob diferentes lâminas de água e níveis de nitrogênio e potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.3, p.174-178. 2008.

WASEEM, M. et al. Mechanism of drought tolerance in plant and its management through different methods. **Continental Journal Agricultural Science**, Akure, v. 5, n. 1, p. 10-25, 2011.

RESPOSTA BIOQUÍMICA DO MELÃO SUBMETIDO AO ESTRESSE HÍDRICO NO SUBMÉDIO VALE DO SÃO FRANCISCO

Daniel Amorim Vieira¹, Vanuza de Souza², Fernanda Hohana Almeida e Sá³, Lígia Borges Marinho⁴, Alessandro de Carlos Mesquita⁵

¹ Doutorando em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, amorim.danielvieira@gmail.com; ² Graduanda em Engenharia Agrônômica, Universidade do Estado da Bahia, BA, van.nuzasouza@hotmail.com ³ Graduanda em Engenharia de Bioprocessos, Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, Fernanda_hohana@hotmail.com; ⁴ Docente, Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, ligia.bmarinho@gmail.com; ⁵ Docente, Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, alessandro.mesq@yahoo.com.br

RESUMO: Buscando compreender os mecanismos de tolerância ou adaptação das plantas de meloeiro sob irrigação plena e deficitária este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento bioquímico submetido ao estresse hídrico. O experimento foi realizado no período de outubro a dezembro de 2015, em ambiente protegido na área experimental da Universidade do Estado da Bahia, no Submédio do Vale do São Francisco, município de Juazeiro BA. Utilizou os tipos melão amarelo e pele de sapo, sendo os híbridos Mandacaru e Juazeiro, respectivamente. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições, em esquema de parcelas sub-subdivididas, onde as parcelas foram compostas pelas quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura-ETc), a subparcelas pelos dois tipos de meloeiro e a sub-subparcelas pelas coletas para as análises bioquímicas (15, 30 e 45 dias após o transplante). Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos submetidos a teste de médias e análise de regressão. No que se referem aos parâmetros bioquímicos, os dois tipos apresentaram ajuste osmótico, contudo a pele de sapo se mostrou mais tolerante em condições de estresse hídrico por meio do aumento nos teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e prolina da parte aérea e raiz, em condições de estresse hídrico a atividade da nitrato redutase foi reduzida.

PALAVRAS-CHAVE: ajuste osmótico; tolerância; manejo da irrigação e *Cucumis melo L.*

.

BIOCHEMICAL RESPONSE OF MELON SUBMITTED THE WATER STRESS IN THE SUBMEDIO VALLEY OF SÃO FRANCISCO

ABSTRACT: Aiming to understand the mechanisms of tolerance or adaptation of melon plants under full and deficient irrigation, this work had as objective to evaluate the biochemical behavior submitted to water stress. The experiment was carried out from October to December 2015, in a protected environment in the experimental area of the State University of Bahia, in the Submedia of the São Francisco Valley, in the municipality of Juazeiro BA. It used the yellow melon and frog skin types, being the hybrids Mandacaru and Juazeiro, respectively. The experimental design was a randomized block design with three replications, in a sub-subdivided plots scheme, where the plots were composed of the four irrigation slides (50, 75, 100 and 125% of evapotranspiration of crop- ETc), with subplots Two types of melon and the sub-subplots by the collections for biochemical analyzes (15, 30 and 45 days after transplanting). The data were submitted to analysis of variance and when significant submitted to means test and regression analysis. In relation to the biochemical

parameters, the two types presented osmotic adjustment, but the toad skin was more tolerant under conditions of water stress by increasing the total soluble sugars, reducing sugars and proline levels of shoot and root, Under conditions of water stress the nitrate reductase activity was reduced.

KEY-WORDS: Osmotic adjustment; tolerance; Irrigation management and Cucumis melo L.

INTRODUÇÃO

A região semiárida é caracterizada por déficit hídrico e elevadas temperaturas e baixa umidade relativa, restringindo bastante à atividade agrícola nesta região, limitando o cultivo em áreas irrigadas, contudo o cenário atual é de agravamento da escassez hídrica ocasionada principalmente pelas mudanças climáticas de acordo com Marengo (2008). Baseado nas informações de escassez hídrica, por conta das mudanças climáticas, é importante destacar que a falta ou o excesso de água, afeta o crescimento e desenvolvimento do meloeiro (SUASSUNA et al., 2011) e de vários vegetais, a sanidade, a produção das plantas, redução tamanho dos frutos e problemas na qualidade (DOGAN et al., 2008; SIQUEIRA et al., 2009; DANTAS et al., 2011; LI et al., 2012; FARIA et al., 2015; PIRES et al., 2013; SENSOY et al., 2007 e ZENG et al., 2009).

É sabido, que muitos tipos de meloeiro são sensíveis ao estresse hídrico e desta maneira fica imprescindível estudos sobre o comportamento bioquímico, pois poderão dar suporte na escolha de híbridos que sejam capazes de produzir em condições adversas por meio do aumento na concentração de solutos que denominado como ajuste osmótico e com isso contribuirá para a tomada de decisão na quantidade de água a ser irrigada, sem que haja uma redução acentuada no crescimento, desenvolvimento e produção.

O ajustamento osmótico contribui para planta resistir ou tolerar condições adversas de déficit hídrico, a fim de reduzir os danos causados, através da retenção do potencial hídrico e o turgor das células adjacentes ao nível apropriado, produzindo e acumulando compostos orgânicos, tais como açúcares, prolina, ácidos orgânicos, atividade da enzima nitrato reductase e outros (FAROOQ et al., 2009; PEREIRA et al., 2012; SOUZA et al., 2014; WASEEM., et al 2011).

É esperado que o meloeiro variasse bioquimicamente o seu metabolismo em condições de estresse hídrico, baseado nestas informações o presente trabalho tem como objetivo avaliar as alterações bioquímicas, ao longo do ciclo de cultivo de dois híbridos de meloeiro quando submetidos ao estresse hídrico no Submédio do Vale do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em ambiente protegido na área experimental da Universidade do Estado da Bahia, no Submédio Vale São Francisco, município de Juazeiro BA (9° 24 S; 40° 30 W; 368 m de altitude. O clima do local é do tipo BSh semiárido quente, segundo a classificação de Koppen. O ambiente protegido era tipo arco, telado e com 45% de sombreamento, orientação no sentido Leste-Oeste, com 3,5 m de pé direito, 10 m de largura e 30 m de comprimento.

O trabalho foi feito entre os meses de outubro e dezembro de 2015. No interior do ambiente protegido tinha uma estação meteorológica, sendo possível obter durante a

condução do experimento: temperatura, umidade relativa, velocidade do ar (vento) e radiação solar, conforme a (Figura 1.)

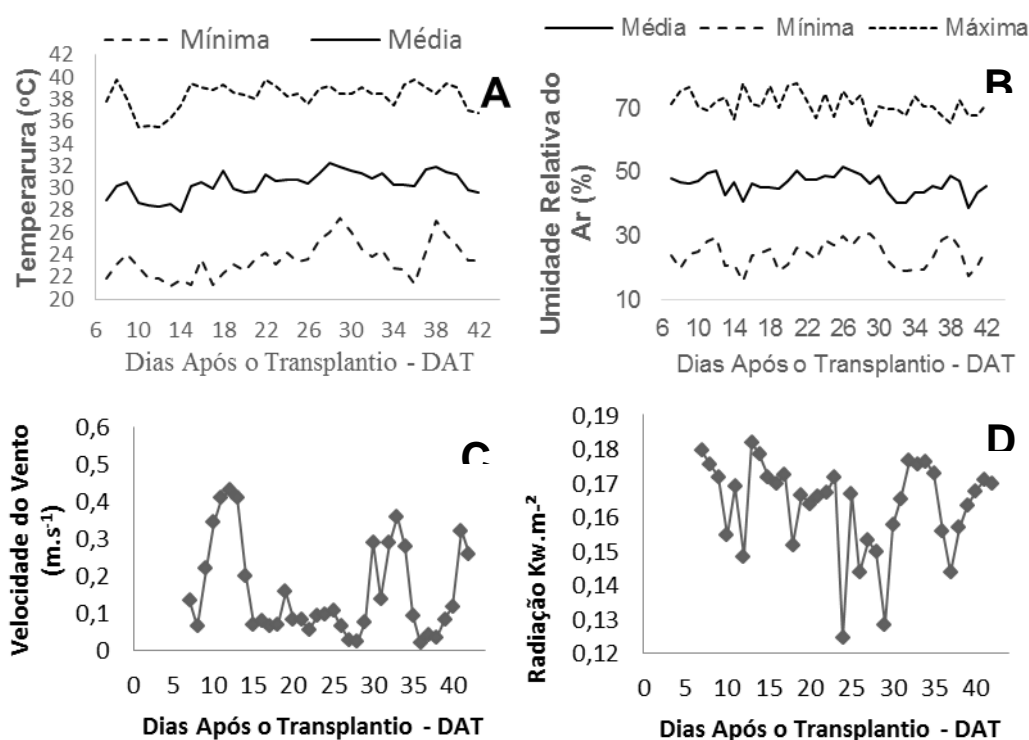


Figura 1 A) Temperatura interna. B) Umidade relativa. C) Velocidade do ar (vento) e D) Radia o solar dentro do ambiente protegido. Juazeiro-BA, UNEB. 2017.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas sub-subdivididas onde as parcelas foram compostas pelas quatro lâminas de irriga o 50, 75, 100 e 125% da evapotranspira o da cultura-ETc, as subparcelas. híbrido Juazeiro e híbrido Mandacaru, representantes do tipo pele de sapo e melão amarelo, respectivamente e as sub-subparcelas pelas coletas de amostragem aos 15, 30 e 45 dias após o transplântio para as avalia es de a ugar solúvel total, a ugar redutor, atividade da nitrato redutase. No final do experimento foi realizado análise de prolina da parte aérea e da raiz, sendo adotado o esquema de parcelas subdivididas, as parcelas foram compostas pelas lâminas de irriga o e a subparcelas pelos tipos de melão.

As sementes foram inseridas em bandejas de polietileno com substrato comercial e quando as plantas apresentaram dois pares de folhas definitivas foram transferidas para vasos de 5 litros, Após o período de aclima a o de 10 dias após o transplântio, foi realizada a diferencia o das quatro lâminas de irriga o: 50, 75, 100 e 125 % da Evapotranspira o da cultura. A irriga o foi efetuada diariamente, por meio de sistema automatizado por gotejamento. A aduba o foi realizada via fertirriga o, sendo aplicado semanalmente por meio da soluço nutritiva de Hoagland de acordo com a demanda do melão (HOAGLAND e ARNON, 1950).

A fim de realizar as análises bioquímicas, foram realizadas três coletas, aos 15, 30 e 45 dias após o transplântio das mudas, e caracterizado as seguintes variáveis: teor a u ares solúveis totais (AST), teor de a u ares redutores (AR) e atividade da nitrato redutase da folha NRF.

Açúcares solúveis totais (AST) quantificados segundo a metodologia descrita por Yemm e Willis (1954), utilizando-se alíquotas de 50 µl de extrato das folhas. Tendo os resultados calculados com base na curva padrão de glicose e expressos em µmol AST. g MS⁻¹. Os açúcares redutores (AR) foram quantificados segundo a metodologia de Miller (1959), utilizando-se alíquotas de 100 µl de extrato das folhas. Os resultados calculados com base na curva padrão de glicose e expressos em µmol AR. g MS⁻¹.

Realizou-se ainda o ensaio in vivo da enzima Redutase do Nitrato (RN) segundo a metodologia de Keppler, (1971) durante e depois dos experimentos nos tecido foliares e radicular das plantas. As raízes e folhas coletadas a partir das 06 horas da manhã, e logo após cada colheita individual o material foi colocado em sacos previamente identificados e acondicionados em caixa térmicas contendo gelo, a fim de evitar perdas de propriedades pelos tecidos, posteriormente fragmentados tomando-se o cuidado de eliminar bordas e nervuras das folhas.

Foi pesado 0,5 g do material o qual foi transferido imediatamente após a pesagem para béqueres contendo 8 ml do meio de incubação, constituído de tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,5), nitrato de potássio 0,1 M e 1% de n-propanol (v/v).

Os béqueres contendo as amostras foram levados para estufa com a temperatura de 37 °C em período de uma 1 hora. Depois de passar pela estufa adicionou-se ao meio de reação constituído por 1 ml de sulfanilamida 1% em HCl 1,5 N, 1 ml de N-2-naftil etileno, a quantidade de nitrito formada neste ensaio determinou-se colorimetricamente através de leituras espectrofotométricas do meio de reação realizadas a 270 nm e comparadas contra uma curva padrão para nitrito. A atividade da enzima expressa em NO₂.g⁻¹MF.h⁻¹.

No final do experimento foram coletados, folhas, ramos e raízes do meloeiro para análises da prolina (PR) e da atividade da nitrato redutase da raiz (RN) Keppler, (1971), sendo secas em estufas a 60 °C por 72h com exceção da RN que necessita de material fresco. Posteriormente moídas e pesadas em eppendorf contendo 0,5 g do tecido vegetal seco.

A estimativa do teor de prolina livre seguiu a metodologia de Bates et al., (1973). Foram pesadas 0,05 g de material seco da amostra do tecido vegetal, maceradas em almofariz em presença de 6,0 ml de ácido sulfossalicílico 3%; logo após, 2 ml do extrato foram transferidos para tubos tipo falcon e centrifugados a 4000 rpm em período de 20 minutos. O sobrenadante foi coletado e alíquotas de 2 ml e em seguida transferidos para tubos de ensaio, contendo 2 ml de ninhidrina ácida (1 g do reagente de ninhidrina dissolvida em 24 ml de ácido acético glacial + 16 ml de ácido fosfórico 6 M) e 2,0 ml de ácido acético glacial concentrado.

Após homogeneização, os tubos, hermeticamente fechados, foram acondicionados em banho-maria, a 100 °C, durante 30 minutos, cuja reação foi interrompida por meio de uma redução imediata da temperatura, conforme contato dos tubos de ensaio com água a 2 °C; depois de agitação vigorosa, aproximadamente 15 s e depois foi submetida a uma leitura em espectrofotômetro, a 520 nm. Os teores de prolina foram estimados com base em uma reta padrão ajustada a partir de concentrações crescentes de L- prolina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram submetidos à análise de variância (tabela 1 e 2) quando significativos submetidos a teste de médias e análise de regressão, sendo as análises estatísticas realizadas pelo programa SISVAR 5.6.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos (AST), (AR) e (NRF).

	AST	AR	NR
FV	QM	QM	QM
Blocos	350388661,83 ns	9206,4 ns	0,105 ns
Lâmina	1,691045573E + 0009 **	38835,42 *	0,192 *
Tipos	1,5376 E+ 0009 ns	14092,96 ns	0,125 ns
Tipos x Lâmina	379846267, 71 ns	6407,79 ns	0,0608 ns
Coleta	2,13 E + 0010**	5527,22 ns	19,64 **
Coleta x Tipo	1,29 E + 0009 *	4060,69 ns	0,085 *
Coleta x Lâmina	1,25 E + 0009 **	30126,11 **	0,048 *
Coleta x Tipo x Lâmina	824610401,54 *	12513,59 ns	0,015 ns

(QM) quadrado médio, (AST) açúcar solúvel total, (AR) açúcar redutor, (NRF) nitrato redutase da folha, (ns) não significativo, ** significativo à 1% de probabilidade e * significativo à 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2. Resumo da análise de variância da (PRPA) e (PRR).

FV	PRPA	PRR
	QM	QM
Blocos	0,55 *	0,024 ns
Lâmina	0,57**	0,103 **
Tipos	0,95 *	0,000038 ns
Tipos x Lâmina	2,22 **	0,25 **

(QM) quadrado médio, (PRPA) prolina da parte aérea, (PRR) prolina da raiz, (ns) não significativo, ** significativo à 1% de probabilidade e * significativo à 5% de probabilidade pelo teste F.

A variável de açúcares solúveis totais (AST) apresentou significância para a interação tripla (lâminas, coleta e tipo), no desdobramento das coletas (15, 30 e 45 dias após o transplante) e tipos (pele de sapo e melão amarelo) dentro de cada nível de lâmina de irrigação 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração da cultura, o modelo de regressão que se adequou foi polinomial quadrático, aos 15 dias após o transplante: DAT não houve diferença entre os tipos de meloeiro.

O tipo de melão amarelo não apresentou interação com as lâminas e nem com a coleta aos 15 DAT, mas o tipo pele de sapo (figura 2) respondeu significativamente quando aplicado às lâminas de irrigação, aumentando o teor de (AST) em condições de estresse hídrico, ocorrendo o ajuste osmótico para tolerar esta condição adversa.

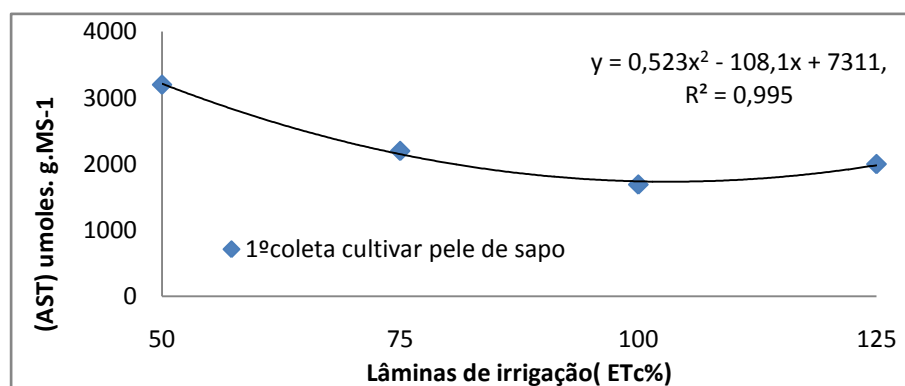


Figura 2. Alteração dos teores de açúcares solúveis totais (AST) na interação entre as lâminas de irrigação Evapotranspiração da cultura: ETC com a 1º coleta(15 dias após o transplântio (DAT)) e o tipo pele de sapo . Juazeiro-BA, UNEB, 2017.

No desdobramento da interação tripla entre a 2º coleta 30 DAT com os tipos de melão dentro dos níveis de lâmina de irrigação de acordo com a (Figura 3), sendo ajustado ao modelo de regressão polinomial quadrático e linear respectivamente, os dois tipos apresentaram comportamento diferenciado. O tipo pele de sapo aumentou o teor em função do aumento da disponibilidade hídrica, fato inversamente proporcional do apresentado para o tipo melão amarelo.

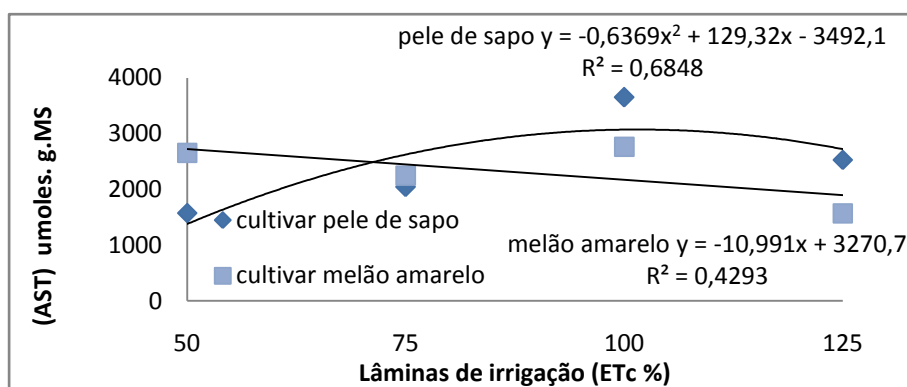


Figura 3. Alteração (AST) na interação com a 2º coleta 30 dias após o transplântio e os tipos pele de sapo e melão amarelo com as lâminas de irrigação (Evapotranspiração da cultura: ETC) na primeira época de cultivo. Juazeiro-BA, UNEB, 2017.

O tipo melão amarelo teve ajuste apenas aos 30 DAT, as menores disponibilidades hídricas tiveram maiores teores de (AST) e no que se refere ao tipo pele de sapo, houve uma inversão do comportamento aos 30 DAT com o que foi notado aos 15 DAT (Fig 2) ocorrendo uma redução no teor de (AST), diminuindo o ajustamento osmótico para condição de maior déficit hídrico.

O mecanismo de ajuste osmótico através do aumento dos teores de (AST) nos tipos pele de sapo para a 1º coleta e no melão amarelo para a 2º coleta é corroborado por Ouzounidou et al.(2014), avaliando os efeitos da seca e da salinidade no feijão largo observou um aumento de 53% de açúcares na parte aérea indicando seu envolvimento na resposta ao estresse.

O aumento de (AST) em condições de estresse hídrico é por causa de um processo natural de modificações no metabolismo celular do vegetal. (AZEVEDO NETO et al., 2009; WASEEM et al., 2011; PEREIRA et al., 2012). O acúmulo de carboidratos nas folhas após a imposição do estresse, também observado por Lobo (2012), pode ser devido à baixa demanda de carboidratos, pois as plantas submetidas a condições de estresse hídrico apresentam de forma geral um menor crescimento e acúmulo de matéria seca.

Os resultados do presente trabalho são corroborados também por Aguiar et al(2009) avaliando compostos orgânicos em folha de Meloeiro (cv. Eldorado 300) submetido ao Estresse hídrico e salino, pois os teores de (AST) aumentaram na ordem de 34% em condições de estresse hídrico. É divergido por Ferreira et al(2016) avaliando a resposta do melão amarelo à diferentes lâminas de irrigação e doses de bioestimulantes, pois as maiores disponibilidades hídricas apresentaram teores superiores de (AST). Estes resultados podem esta relacionada especificamente ao híbrido utilizado, pois utilizou este autor trabalhou com o melão amarelo F1 10/00.

No que se referem aos teores de açúcar redutor (AR) não houve diferença entre os tipos. Não houve diferença na 1º coleta, mas houve significância e interação dupla com a 2º e 3º coleta no desdobramento dentro de cada lâmina de irrigação (figura 4). A 2º coleta apresentou um maior teor de açúcar redutor (AR) em função da menor disponibilidade hídrica.

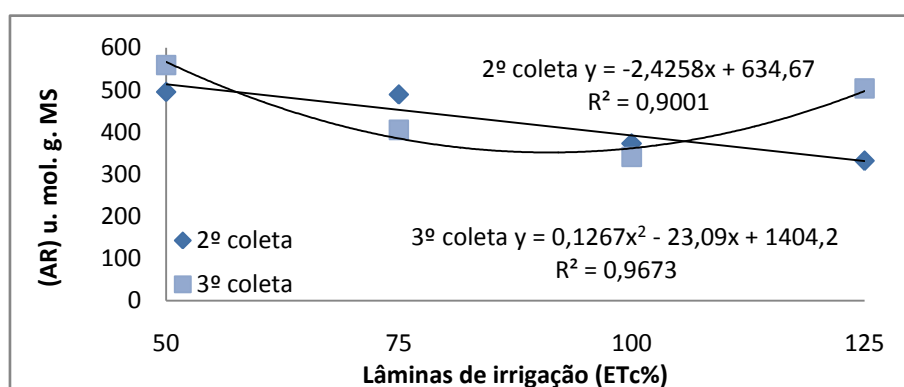


Figura 4. Alteração dos açúcares redutores (AR) entre as lâminas de irrigação (Evapotranspiração da cultura: ETc) e a 2º coleta e 3º coleta 45 dias após o transplantio. Juazeiro-BA, UNEB, 2017.

Na 3º coleta quando confrontarmos com a 2º coleta, foi possível observar uma função parabólica convexa com o ponto de mínima entre as lâminas de 75% e 100% com tendência de aumento após este intervalo. Em condições de déficit ou excesso hídrico, os dois tipos de melão se ajustaram para permitir que os processos metabólicos e desenvolvimento vegetal não fossem tão prejudicados pela falta de água.

A diminuição está associada ao consumo destas moléculas para a manutenção da sobrevivência e desenvolvimento vegetal, uma vez que a fotossíntese também caiu bruscamente nestas condições ambientais de escassez hídrica. No trabalho de Aguiar et al(2009) resultados semelhantes, pois o estresse hídrico em aumentou em 122% no teor de açúcares redutores (AR).

No que se referem aos teores de prolina (PR), houve interação dupla, conforme ANAVA, com desdobramento dos tipos dentro dos níveis de irrigação representando na (figura 5) há uma tendência de redução com o aumento das lâminas de irrigação para o tipo pele de sapo, em condições de falta de água a planta sintetiza uma maior quantidade de (PR) para realizar o ajuste osmótico.

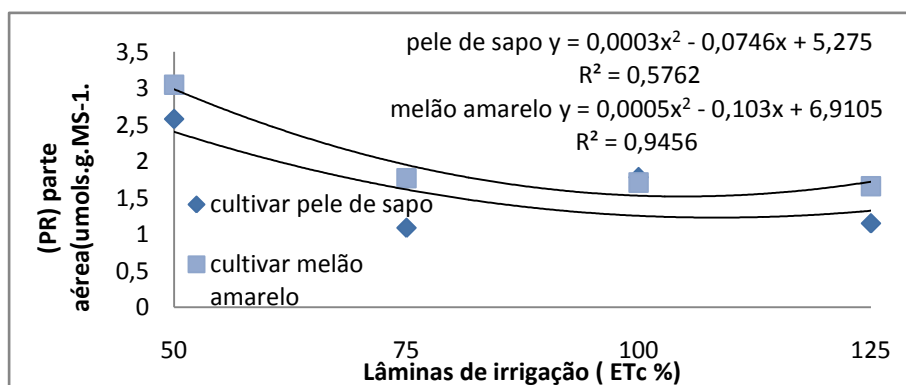


Figura 5. Alteração no teor de prolina da parte aérea (PR) na interação entre as lâminas (Evapotranspiração da cultura: ETc) com os tipos de pele de sapo e melão amarelo. Juazeiro-BA, UNEB, 2017.

No trabalho de Dias (2014) onde avaliou o crescimento, fisiologia e produção do meloeiro pele de sapo cultivado sob diferentes lâminas de irrigação, foi possível notar que o maior teor de prolina (PR) em folhas desta cultura ocorreu na menor lâmina de irrigação de reposição de 40% da ETO. Corroborando com os resultados do tipo pele de sapo, pois a menor disponibilidade de água apresentou a maior concentração de prolina.

O tipo melão amarelo apresentou uma maior quantidade de (PR) na lâmina de 75%, sendo uma condição mais amena quando se compara com o pele de sapo que consegue produzir maior teor de (PR) em situações mais drásticas de estresse hídrico.

No que se refere à prolina da raiz (PRR) (figura 6) o tipo pele de sapo apresentou maior teor na lâmina de 50% do que as demais, apresentando um comportamento similar com a parte aérea. De acordo com alguns autores, as plantas tolerantes a tensões fisiológicas de estresse hídrico sintetizam uma maior quantidade de prolina (MAIA et al., 2007; PEREIRA et al., 2012).

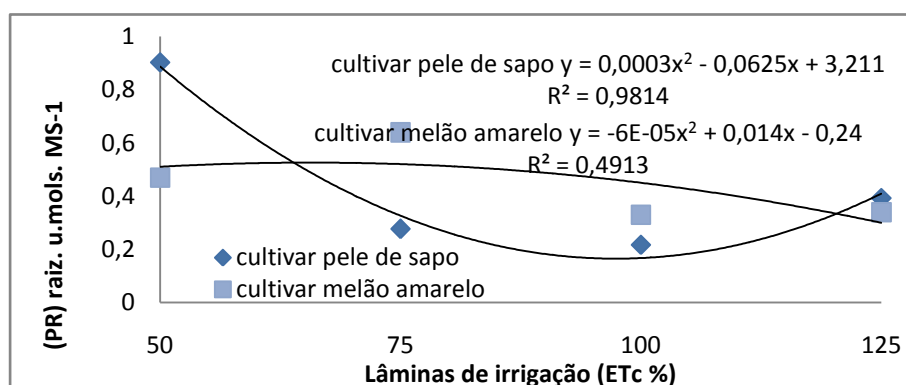


Figura 6. Alteração do teor de prolina (PR) da raiz na interação entre as Lâminas de irrigação (Evapotranspiração da cultura: ETc) com os tipos de melão. Juazeiro-BA, UNEB, 2017.

O maior teor de prolina (PR) ocorreu em folhas desta cultura na lâmina de irrigação de reposição de 50% da ETc corroborando os resultados do tipo pele de sapo do presente trabalho. No tipo de melão amarelo, o seu sistema radicular não apresentou um comportamento de regulação osmótica. É notório que nas condições de estresse mais acentuado, tanto próximo da lâmina de 50% pela falta de água e na lâmina de

125% excesso de água, ambos os tipos demonstraram maior teor de (PR) nestas condições indicando que o meloeiro para manter o seu desenvolvimento e manutenção ocorre o ajustamento osmótico.

A acumulação de prolina da parte aérea dos dois tipos de meloeiro foram maiores do que a raiz, corroborados pelos trabalhos de (AZEVEDO NETO et al., 2009; PEREIRA et al., 2012). O estresse hídrico afeta a translocação de fotoassimilados da parte aérea para raiz, pois o sistema radicular é primeiro órgão que é prejudicado, ocorrendo desta maneira maior acúmulo da parte aérea.

A atividade da enzima nitrato redutase da folha (NRF) e da raiz (NRR) também foram avaliados, sendo que na (NRR) não apresentou diferença estatística entre os fatores avaliados: No que se refere a (NRF), os resultados demonstraram que não houve diferença entre os tipos, na 1º coleta também não houve diferença estatística, contudo houve interação dupla entre a 2º e 3º coleta 30 e 45 DAT no desdobramento dentro de cada nível de lâmina de irrigação (Figura 7). O comportamento entre estas coletas foram bastante similares, é possível notar que a atividade enzima (NRF) foi reduzida por causa do estresse hídrico, pois a lâmina que teve maior teor foi próximo da lâmina de 100%, com tendência de redução com excesso ou falta de água.

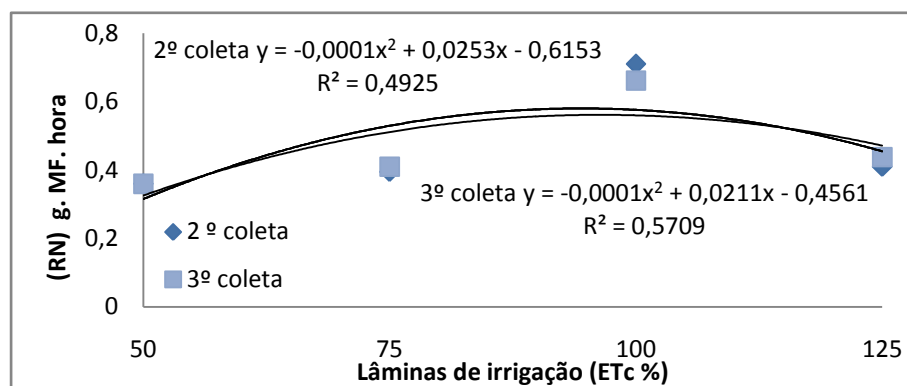


Figura 7. Alteração na atividade da enzima nitrato redutase da folha (NR) na interação entre as Lâminas de irrigação (Evapotranspiração da cultura: ETc) com a 2º coleta e 3º coleta. Juazeiro-BA, UNEB, 2017.

Os resultados foram semelhantes com o trabalho de Belo (2011) avaliando o efeito do estresse hídrico no metabolismo de Gabirobeira na enzima nitrato redutase da folha, onde observou que os menores incrementos foram nos tratamentos com estresse hídrico e hipoxia, em comparação com tratamento testemunha. São corroborados também por Souza et al(2014) avaliando compostos nitrogenados, proteínas e aminoácidos em milho sob diferentes níveis de silício e deficiência hídrica, observaram que a deficiência hídrica reduziu também a atividade (NRF).

CONCLUSÕES

O tipo pele de sapo se mostrou mais tolerante do que o melão amarelo, apresentando maior ajuste osmótico no decorrer do crescimento. Houve aumento nos teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, prolina e redução da atividade da enzima nitrato redutase da folha em condições de estresse hídrico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo Apoio Financeiro recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – Fapesb, referente ao Termo de Outorga 20/2014 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, referente ao Processo 460861/2014-0.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGUIAR, L.A.A.; SILVA JÚNIOR, G. S. E .; LIMA, A. B. Compostos orgânicos em folhas de meloeiro (c.v. eldorado 300) submetido ao estresse hídrico e salino. In: *IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 2009, RECIFE-PE. **ANAIS DO IX JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO**. 2009.

ALVES, G. M. R et al .Genotypic variability of peanut lines in response to water stress, based on biochemical descriptors. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 3, p. 528 – 536, 2016.

AZEVEDO NETO, A. D et al. Physiological and biochemical responses of peanut genotypes to water deficit. **Journal of Plant Interactions**. Dordrecht, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2009.

BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.39, n.6, p.205-207, 1973.

BELO, E. S. **Efeito do Estresse Hídrico no Metabolismo de Gabirobeira**. Dissertação de mestrado (Agronomia) – Universidade Federal de Goiás. 2011. 131 f. : il.

DANTAS D.D.C.; MEDEIROS, J.D .; FREIRE AG. Produção e qualidade do meloeiro cultivado com filmes plásticos em respostas à lâmina de irrigação. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza.42(3), 652-661. 2011.

DIAS, V.G. **Crescimento, fisiologia e produção do meloeiro pele de sapo cultivado sob diferentes lâminas de irrigação**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. 2014. 83 p. : il.

DOGAN, E et al. Water stress imposed on muskmelon (*Cucumis melo L.*) with subsurface and surface drip irrigation systems under semi-arid climatic conditions. **Irrigation Science**, New York, v. 26, n. 2, p. 131-138, 2008.

FARIAS, L.A et al. Qualidade de frutos de melão rendilhado cultivado em ambiente protegido sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, 9(6), 357. 2015.

FAROOQ, M. et al. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis Cedex A, v. 29, n. 1, p. 185–212, 2009.

FERREIRA, P. P. B. **Resposta do melão amarelo à interação lâmina de irrigação e bioestimulante** / Mestrado (Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco. Juazeiro. 2016. 88p.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil**. Publishing company Berkeley, California . 1950. 347p.

KLEPPER, L; FLESHER, D.F. ; HAGEMAN, R.H. Generation of reduced nicotinamide-adenine- dinucleotide for nitrate reduction in green leaves. **Plant Physiology**, 48:580-90, 1971.

LI, Y.J.; YUAN, B.Z.; BIE, Z.L.; KANG, Y. Effect of drip irrigation criteria on yield and quality of muskmelon grown in greenhouse conditions. **Agricultural water management**, 109, 30-35. 2012.

LOBO, A.K.M. **Modulação da fotossíntese por açúcares e deficiência hídrica em plantas de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2012. 106p.

MAIA, P. S. P. et al. Conteúdo relativo de água, teor de prolina e carboidratos solúveis totais em folhas de duas cultivares de milho submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. S2, p. 918-920, 2007.

MARENGO, J. A. Water and climate change. **Estudos Avançados** [online]., vol.22, n.63, pp. 83-96. ISSN 1806-9592. 2008.

MILLER, E. L. Use of dinitrosalicylic and reagent determination of sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426 — 428, 1959.

PEREIRA, J. W. L. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 4, p. 766-773, 2012.

PIRES, M.M.M. Produção do meloeiro submetido a diferentes manejos de água com o uso de manta de tecido não tecido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 31(2), 304-310. 2013.

PONTES FILHO, F.S.T. **Conservação pós-colheita de melão Cantaloupe cultivado em diferentes doses de N e K**. Dissertação(Mestrado em Agronomia: Fitotecnia)- Universidade Federal Rural do Semi-Árido(UFERSA), Mossoró. 2010. 80 p.

SENSOY, S.; ERTEK, A.; GEDIK, I . Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field-grown melon (*Cucumis melo* L.). **Agricultural Water Management**, 88(1), 269-274. 2007.

SIQUEIRA, W. C. et al. Qualidade de frutos de melão amarelo cultivado em casa de vegetação sob diferentes lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1041-1046, 2009.

SOUZA, L. C. et al. Compostos nitrogenados, proteínas e aminoácidos em milho Sob diferentes níveis de silício e deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p. 117-128, 2014.

SUASSUNA, J. F. et al. Trocas gasosas e componentes de crescimento em porta-enxertos de citros submetidos à restrição hídrica. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 3, p. 464-477. 2014.

WASEEM, M. et al. Mechanism of drought tolerance in plant and its management through different methods. **Continental Journal Agricultural Science**, Akure, v. 5, n. 1, p. 10-25, 2011.

YEMM, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrona. **The Biochemical Journal**, London, v.57, n.3, p.508-514, 1954.

ZENG, C. Z.; BIE, Z. L; YUAN, B. Z. Determination of optimum irrigation water amount for drip-irrigation muskmelon (*Cucumis melo* L.) in plastic greenhouse. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, n. 4, p. 595-602, 2009.

DEGRADAÇÃO DO CORANTE VERMELHO CONGO POR FUNGOS DE PODRIDÃO BRANCA EM MEIO LÍQUIDO

Geovania dos Santos Menezes¹, Tamiris Aparecida de Carvalho², Johny de Jesus Mendonça³, Eliana Midori Sussuchi⁴, Regina Helena Marino⁵

¹ Graduanda de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, geovaniaa.menezes@gmail.com; ² Graduanda de Engenharia Agrônômica, UFS, São Cristóvão, Sergipe, tamiriscarvalho12@gmail.com; ³ Engenheiro Agrônomo, UFS, São Cristóvão, Sergipe, mendonca.johny@yahoo.com.br; ⁴ Professora Associada I, UFS, São Cristóvão, Sergipe, esmidori@gmail.com; ⁵ Professora Associada I, UFS, São Cristóvão, Sergipe; rehmarino@hotmail.com.

RESUMO: O emprego de fungos de podridão branca pode acelerar a degradação de corantes presentes em efluentes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a degradação do corante vermelho congo por fungos de podridão branca. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso no esquema fatorial composto por sete fungos isolados de fungos de podridão branca (*Pleurotus ostreatus*: DF39, EF58 e EF60; *P. ostreatoroseus*: POR-SP1, POR-SP2; *Fusidium sp.*: FUS, e *Pycnoporus sanguineus*: PS), em cinco concentrações do corante vermelho congo (0, 5, 25, 50 e 100 mg.L⁻¹), em meio líquido de extrato de malte, com quatro repetições. O isolado *Pycnoporus sanguineus* (PS) apresenta potencial biorremediador. A degradação do corante por fungos de podridão branca é influenciada pelo pH do meio de cultura, a depender do isolado fúngico. O aumento da concentração de vermelho congo acima de 25 mg. L⁻¹ de meio de cultura pode influenciar negativamente na degradação do corante, a depender do isolado fúngico.

PALAVRAS-CHAVE: Biotecnologia, microbiologia do solo, biorremediação

DEGRADATION OF CONGO RED DYE BY WHITE ROT FUNGI IN LIQUID MEDIUM

ABSTRACT: The use of white rot fungi can accelerate the degradation of dyes present in effluents. The objective of this work was to evaluate the degradation of congo red dye by white rot fungi. The experimental design was completely randomized in the factorial scheme composed of seven fungi isolated from fungi of white (*Pleurotus ostreatus*: DF39, EF58 and EF60, *P. ostreatoroseus*: POR-SP1, POR-SP2; *Fusidium sp.*: FUS and *Pycnoporus sanguineus*: PS), in five concentrations of red dye congo (0, 5, 25, 50 and 100 mg.L⁻¹), in liquid medium of malt extract, with four replicates. The isolate *Pycnoporus sanguineus* (PS) has potential bioremediation. The degradation of the dye by fungi of white rot is influenced by the pH of the culture medium, depending on the fungal isolate. The increase of red congo concentration above 25 mg. L⁻¹ of culture medium may negatively influence the degradation of the dye, depending on the fungal isolate.

KEY-WORDS: Biotechnology, soil microbiology, bioremediation

INTRODUÇÃO

No ambiente agrícola, o uso intenso de pesticidas pode promover a contaminação de solo e da água, visto que uma parte do princípio ativo dos agrotóxicos é absorvido pelas plantas e outra parte pode ser depositada no solo e/ou lixiviado para lençóis freáticos (SOARES *et al.*, 2011).

Na biotecnologia ambiental, o emprego de microrganismos, como os fungos filamentosos desempenham papel importante na descontaminação do solo e da água

devido a sua capacidade metabólica de degradar diferentes compostos tóxicos e recalitrantes, como poluentes orgânicos, corantes têxteis, efluentes têxteis, petróleo, hidrocarbonetos poliaromáticos, plásticos e pesticidas (FERRAZ, 2004; DESHMUKH; KHARDENAVIS, PUROHIT, 2016). A capacidade microbiana degradadora se deve pela produção de enzimas oxidativas capazes de quebrar os anéis aromáticos e/ou duplas ligações e promover a descoloração do meio, o que contribui para despoluição ambiental (AL-JAWHARI, 2015; SUMANDONO et al., 2015; KUNDJADIA et al., 2016).

Desta forma, a seleção de microrganismos visando a descontaminação da água é fundamental para o reaproveitamento deste recurso natural, principalmente, em regiões sujeitas ao déficit hídrico, como o Nordeste do Brasil, assim como nas áreas sujeitas às mudanças climáticas globais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a degradação do corante vermelho congo por fungos de podridão branca, visando a biorremediação de solo e de efluentes contaminados.

MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso no esquema fatorial composto por sete isolados fúngicos de podridão branca (*Pleurotus ostreatoroseus*: POR-SP1, POR-SP2; *Fusidium sp.*: FUS, *P. ostreatus*: DF39, EF58 e EF60; e *Pycnoporus sanguineus*: PS), em cinco concentrações do corante vermelho congo (0, 5, 25, 50 e 100 mg.L⁻¹), com quatro repetições.

O bioensaio foi conduzido em tubos de ensaio contendo 10 mL de meio de cultura à base de extrato de malte suplementado com o corante vermelho congo, por concentração. O meio de cultura contendo o corante foi autoclavado a 120°C por 10 minutos e após o resfriamento foi transferido um disco de inoculante com o micélio de 1 cm de diâmetro, por tubo de ensaio, em câmara asséptica. A incubação foi em BOD à temperatura de 25±1°C, sem fotoperíodo, por 14 dias.

As variáveis avaliadas foram: degradação do corante e o pH do meio de cultura após o cultivo, por 14 dias.

A porcentagem de degradação do corante (DC) foi determinada pela equação: $DC = [(Absorbância da amostra controle - Absorbância amostra) / Absorbância do controle] \times 100$. A avaliação da absorbância foi realizada em espectrofotômetro modelo Varian CARY-100 UV-VIS, sendo a curva analítica padrão realizada com as concentrações de 0, 5, 25, 50 e 100 mg.L⁻¹ de corante por meio de cultura, sem a presença do fungo. As avaliações de absorbância das amostras foram realizadas em comprimento de onda de 510 nm. A equação da reta para determinação da concentração de vermelho congo foi $y=0,0639 + 0,0067x$ (y= absorbância; x= concentração), com um coeficiente de correlação de 1.

Os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e nos casos em que houve diferença significativa foi aplicado o Teste de Scott-Knott a 5% de significância para comparação das médias. As análises de variância, de regressão e de correlação foram realizadas no programa Assistat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A degradação do corante vermelho congo variou de 6,2 a 48,0%, com valor máximo na concentração de 25 mg.L⁻¹ de corante, com o cultivo do isolado POR-SP2, sem diferença significativa com os isolados EF58, EF60 e FUS. No entanto, a taxa de degradação do corante pelo FUS foi constante até 50 mg.L⁻¹, como também observado

para o isolado DF30. Para o isolado PS (*Pycnoporus sanguineus*), o aumento da concentração do corante não influenciou na degradação (Tabela 1).

Tabela 1. Percentagem de degradação do corante vermelho congo por fungos de podridão branca, em meio líquido, após 14 dias de cultivo

Isolado fúngico	% de degradação, por concentração de corante				R ²
	5 mg.L ⁻¹	25 mg.L ⁻¹	50 mg.L ⁻¹	100 mg.L ⁻¹	
DF39	9,5 aB ¹	24,5 bA	26,4 aA	15,9 aB	R ² =0,94** ²
EF58	8,9 aB	41,0 aA	20,5 aB	15,4 aB	R ² =0,94**
EF60	6,2 aC	43,0 aA	25,6 aB	5,0 bC	R ² =0,65**
POR -SP1	9,8 aB	44,2 aA	13,0 bB	9,0 bB	R ² =0,27**
POR-SP2	8,9 aC	48,0 aA	24,7 aB	8,2 bC	R ² =0,53**
FUS	6,5 aC	34,2 aA	28,2 aA	21,2 aB	R ² =0,69**
PS	10,8 aA	15,5 bA	12,5 bA	11,5 bA	R ² =0,36 ns

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; ² ns- não significativo e ** significativo a 5% (0,01 ≤ p < 0,05).

O aumento da degradação com concentração de 5 para 25 mg.L⁻¹ do corante pode ser devido à utilização do composto químico como fonte de carbono, nitrogênio e/ou de energia (FERRAZ, 2004). Neste contexto, Kanagaray et al. (2015) citam que os corantes ao serem degradados pelos fungos liberam como amônia, que é imobilizada rapidamente pela biomassa microbiana, o que garante a degradação do corante.

Sumandono et al. (2015) relataram que a degradação do corante RBBR ocorreu em pH 4,0, por fungos de podridão de branca, sendo associado às enzimas lacase e manganês peroxidase. Monssef, Hassan e Ramadan (2016) observaram que o pH ideal para a lacase foi 5,0, mas Zhu et al. (2013) mencionam que a melhor atividade da lacase foi a pH 2,2.

Neste trabalho, o aumento da concentração do corante de 5 a 100 mg.L⁻¹ não influenciou no pH do meio de cultura no controle (sem fungo), assim como no meio com o cultivo dos isolados DF39 e EF60 de *P. ostreatus* e *Pycnoporus sanguineus* (PS). Por outro lado, a inoculação dos isolados fúngicos reduziu significativamente o pH, em todas as concentrações de corante em comparação ao controle (sem fungos) cuja variação do pH foi de 3,5 a 4,9, exceto EF58 nas concentrações de 5 e 100 mg.L⁻¹, POR-SP1 em 5 e 25 mg.L⁻¹ de corante e FUS com 50 e 100 mg.L⁻¹ que não apresentaram diferença significativa com o controle (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de pH do meio de cultura à base de extrato com malte e corante vermelho congo após o cultivo de fungos de podridão branca, por 14 dias.

Isolado fúngico	pH do meio de cultura, por concentração de corante					R ²
	0mg.L ⁻¹	5 mg.L ⁻¹	25 mg.L ⁻¹	50 mg.L ⁻¹	100mg.L ⁻¹	
Controle	5,3 aA ¹	5,3 aA	5,3 aA	5,2 aA	5,2 aA	R ² =0,55 ns ²
DF39	3,6 cB	4,3 cA	4,3 cA	4,6 bA	4,3 bA	R ² =0,67 ns
EF58	3,5 cC	5,2 aA	3,9 cC	4,8 bB	5,6 aA	R ² =0,43**
EF60	4,2 bA	4,3 cA	4,6 bA	4,0 cA	4,4 bA	R ² =0,003 ns
POR -SP1	3,7 cC	5,0 aA	5,3 aA	4,9 bA	4,4 bB	R ² =0,44**
POR-SP2	3,5 cB	3,5 dB	4,9 bA	4,6 bA	4,7 bA	R ² =0,81**
FUS	4,5 bB	4,7 bB	4,7 bB	6,1 aA	5,2 aB	R ² =0,29**
PS	4,2 bA	4,6 bA	4,5 cA	4,8 bA	4,7 bA	R ² =0,51*

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; ² ns- não significativo, * significativo a 1% ($p < 0,1$) e ** significativo a 5% ($0,01 \leq p < 0,05$).

Além disso, a percentagem de degradação do corante vermelho congo foi correlacionada positivamente com o pH do meio de cultivo dos isolados POR-SP1 e POR-SP2 de *P. ostreatoroseus*. Enquanto que, para o isolado EF58 de *P. ostreatus* apresentou correlação negativa entre a degradação do corante e o pH do meio de cultivo, ou seja, houve redução da degradação do corante com o aumento do pH do meio (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 3. Coeficiente de correlação entre os dados de degradação (D) do corante vermelho congo e o pH do meio de cultura, após o cultivo de fungos de podridão branca, por 14 dias.

	Coeficiente de correlação (r^2)						
	DF39 ¹	EF58	EF60	POR-SP1	POR-SP2	FUS	PS
D x pH	0,35 ns ²	-0,78 **	0,19 ns	0,61 *	0,54 *	0,19 ns	0,16 ns

¹ Tratamentos: *Pleurotus ostreatus* (DF39, EF58, EF60), *P. ostreatoroseus* (POR-SP1, POR-SP2), *Fusidium* sp. (FUS) e *Pycnoporus sanguineus* (PS) ²ns=não significativo; *=significativo a 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,5$) e **= significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

CONCLUSÕES

O isolado *Pycnoporus sanguineus* (PS) apresenta potencial de descontaminação da água, o que possibilita o reuso deste recurso natural, na produção agrícola, principalmente, em regiões com déficit hídrico decorrente das mudanças climáticas.

A degradação do corante por fungos de podridão branca é influenciada pelo pH do meio de cultura, após o cultivo, a depender do isolado fúngico.

O aumento da concentração de vermelho congo acima de 25 mg. L⁻¹ de meio de cultura pode influenciar negativamente na degradação do corante, a depender do isolado fúngico de podridão branca.

REFERÊNCIAS

- AI-JAWHARI, I. F. H. Decolorization of metylene blue and crystal violet by some filamentous fungi. **International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation**, Newark, v. 3, n.1, p. 62-65, 2015.
- CARNEIRO, D. A.; GARIGLIO, L. P. A biorremediação como ferramenta para descontaminação de ambientes terrestres e aquáticos. **Revista Tecer**, Belo Horizonte, v. 3, n. 4, p. 82-95, 2010.
- DESHMUKH, R.; KHARDENAVIS, A. A.; PUROHIT, H. J. Diverse metabolic capacities of fungi for bioremediation. **Indian Journal of Microbiology**, Delhi, v. 56, n. 3, p.247-264, 2016.
- FERRAZ, A. L. **Fungos decompositores de materiais lignocelulolíticos**. In: ESPOSITO, E. & AZEVEDO, J. L. Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia. Caxias do Sul: Educs, p. 215-244, 2004.

KANAGARAJ, J.; SENTHILVELAN, T.; PANDA, R. C. Degradation of azo dyes by laccase: biological method to reduce pollution load in dye wastewater. **Clean Technologies and Environmental Policy**, Cincinnati, v. 17, n. 6, p. 1443-1456, 2015.

KUNDJADIA, P. D. et al. Role of ligninolytic enzymes of white rot fungi (*Pleurotus* spp.) grown with azo dyes. **SpringerPlus**, London, v. 5, n. 1, p. 1487-1490, 2016.

MONSSEF, R. A. A. E.; HASSAN, E. A.; RAMADAN, E. M. Production of laccase enzyme for their potential application to decolorize fungal pigments on aging paper and parchment. **Annals of Agricultural Sciences**, Cairo, v. 61, n. 1, p. 145-154, 2016.

SOARES, I. A. et al. Fungos na biorremediação de áreas degradadas. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 2, p. 341-350, 2011.

SUMANDONO, T. et al. Decolorization of remazol brilliant blue R by new isolated white rot fungus collected from tropical rain forest in East Kalimantan and its ligninolytic enzymes activity. **Procedia Environmental Sciences**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 45-51, 2015.

ZHU, M. J. et al. Purification a laccase exhibiting dye decolorizing ability from an edible mushroom *Russula virescens*. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Hong Kong, v. 82, n. 1, p. 33-39, 2013.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI⁵

Nicolly Urzedo Carneiro¹, Márcio José de Santana², Fernando da Silva Almeida³,
Uander da Costa Pereira⁴

¹Estudante de Graduação, IFTM, Uberaba, MG, bolsista FAPEMIG, nicolly.urzedo@live.com; ²Prof Dr. Engenharia Agrícola, IFTM, Uberaba, MG, marciosantana@iftm.edu.br; ³Tec. Irrigação e Drenagem, Estudante de Graduação, IFTM, Uberaba, MG, fernandosilva@iftm.edu.br; ⁴Tec. Irrigação e Drenagem, Mestrando Produção Vegetal; IFTM, Uberaba, MG; uanderdelterere@hotmail.com; ⁵Projeto realizado com apoio da FAPEMIG.

RESUMO: O feijão-caupi, é uma cultura da família Fabaceae, bastante rústica e de boa adaptabilidade em regiões de clima árido; geralmente cultivado em sistema sequeiro. Ao recomendar sua semeadura é essencial, atentar-se as condições edafoclimáticas local, para assim, explorar sua capacidade produtiva de grãos. O experimento foi conduzido na área do IFTM-*Campus* Uberaba, com objetivo de estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) e da cultura (ET_c) do feijão-caupi para região de Uberaba, MG. O delineamento experimental foi em DBC, testando seis cultivares com quatro repetições e três equações de estimativa da ET_o. Para coleta de dados climáticos, instalou-se uma estação meteorológica automática, com sensores de velocidade do vento, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, temperatura e radiação solar. Sendo seus dados, aplicados em três equações de ET_o: Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani e Camargo. Dentre os resultados pode-se concluir que os valores médios de ET_o foram para Hargreaves, Camargo e Blaney-Criddle, respectivamente de 4,11; 3,38 e 3,74 mm dia⁻¹. Os valores no ciclo de cultivo foram de 312,34 mm (Hargreaves), 264,57 mm (Camargo) e 284,67 mm (Blaney-Criddle).

PALAVRAS-CHAVE: Períodos de cultivo. ET_o. ET_c.

METHODS OF ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION AND CAUPI BEAN CULTURE

ABSTRACT: The caupi bean, is a culture of the family Fabaceae, quite rustic and of good adaptability in arid climate regions; Usually grown under dry conditions. When recommending sowing, it is essential to take into account the local soil and climatic conditions, in order to exploit its productive capacity of grains. The experiment was conducted in the Uberaba IFTM-*Campus* area, with the objective of estimating reference evapotranspiration (ET_o) and caupi bean (ET_c) cultivation for Uberaba region, MG. The experimental design was in DBC, testing six cultivars with four replicates and three equations of ET_o estimation. For the collection of climatic data, an automatic meteorological station was installed, with sensors of wind velocity, precipitation, relative humidity of the air, temperature and solar radiation. Their data are applied in three ET_o equations: Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani and Camargo. Among the results it can be concluded that the average values of ET_o were for Hargreaves, Camargo and Blaney-Criddle, respectively, 4,11; 3.38 and 3.74 mm dia⁻¹. The values in the cultivation cycle were 312.34 mm (Hargreaves), 264.57 mm (Camargo) and 284.67 mm (Blaney-Criddle).

KEY-WORDS: Periods of cultivation. ET_o. Etc.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma planta herbácea, autógama, anual, cuja região de origem mais provável situa-se na parte oeste e central da África. Por ser uma das leguminosas de maior adaptabilidade e versatilidade entre as espécies cultivadas, desempenha papel essencial nos sistemas de produção nas regiões secas dos trópicos, abrangendo parte da África, Ásia, Estados Unidos, Oriente Médio e Américas Central e do Sul (SINGH et al., 2009). Destaca-se ainda pela sua rusticidade e pelo importante papel no suprimento das necessidades nutricionais das camadas mais carentes dos países de cultivo (FREIRE FILHO et al., 2005). Para recomendação de cultivares é necessário avaliar o seu desempenho agrônomico nas condições edafoclimáticas das regiões para onde serão cultivadas e quais as épocas mais indicadas para semeadura, uma vez que as cultivares respondem de forma diferenciada às condições edafoclimáticas (SANTOS et al., 2009).

A obtenção da evapotranspiração da cultura (ET_c) é fundamental para se conhecer as necessidades hídricas da cultura possibilitando um manejo mais adequado da irrigação (CAVALCANTE JUNIOR et al., 2011). Segundo Sousa et al. (2010), a ET_o é uma variável relevante para o planejamento de irrigação, por ser afetada apenas pelos fatores climáticos. Considerando a dificuldade de obtenção de vários fatores da equação de Penman-Monteith, são também utilizados modelos mais simples como Hargreaves-Samani e Blaney-Cridle para a obtenção da ET_o (GIRARDI et al., 2014). O presente estudo teve o objetivo de determinar a ET_o e a ET_c do feijão-caupi, na região de Uberaba-MG, utilizando os métodos de Hargreaves-Samani, Blaney-Cridle e Camargo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental do IFTM *Campus* Uberaba. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos considerados foram as cultivares: BRS Guariba (C1), BRS Potengi (C2), BRS Cauamé (C3), BRS Novaera (C4), BRS Itaim (C5) e BRS Tumucumaque (C6). Cada parcela foi constituída por quatro fileiras de plantas com cinco metros de comprimento, sendo considerada área útil, as duas fileiras centrais, desprezando-se 0,50 m de cada extremidade.

Foi instalada uma estação meteorológica automática, com sensores de velocidade do vento, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, temperatura e radiação solar. Estimou-se a evapotranspiração de referência aplicando-se as equações Blaney-Cridle, Hargreaves-Samani e Camargo, Equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$ET_o = a + b [f (0,46 T + 8,13)] \quad (1)$$

$$ET_o = 0,0023 (T \text{ méd} + 17,8) * (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,5} * Ra * 0,408 \quad (2)$$

$$ET_o = 0,01.Ra.Ta.K \quad (3)$$

em que: ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); a e b = fatores de ajuste em funções das variáveis climáticas (adimensionais); f = porcentagem mensal das horas de luz solar; T = temperatura média (em °C); T_{mín} = temperatura mínima (°C); T_{máx} = temperatura máxima (°C); T_{méd} = temperatura média (°C); Ra = Radiação no topo da atmosfera (MJ m⁻² dia⁻¹); Ta = é a temperatura média do ar (°C) e K = é o fator de ajuste de Camargo.

A evapotranspiração da cultura foi estimada por meio do balanço de água no solo num volume de controle correspondente à profundidade de 0,3 m (Equação 4):

$$\Delta h = P + I \pm Q - ETc - E \quad (4)$$

em que: Δh - variação do armazenamento (mm); P - lâmina precipitada (mm); I - irrigação (mm); Q - lâmina que entra ou sai do contorno inferior (mm) e E - deflúvio superficial (mm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão as médias finais de ETc para cada cultivar e os valores ficaram entre 5,44 e 5,53 mm dia⁻¹. A ETc total para as cultivares estão na Tabela 2 com valores de 413,62 a 420,37 mm em todo o ciclo da cultura. Os valores médios de ETo foram para Hargreaves, Camargo e Blaney-Criddle, respectivamente de 4,11; 3,38 e 3,74 mm dia⁻¹ (Tabela 1). Os valores no ciclo de cultivo foram de 312,34 mm (Hargreaves), 264,57 mm (Camargo) e 284,67 mm (Blaney-Criddle). Mas foi a equação de Hargreaves que mais se aproximou dos valores médios e totais da ETc estimada para as seis cultivares por meio do BHS. Com o método de Hargreaves o valor médio de ETc estimado foi de 4,43 mm dia⁻¹ e total de 337,36 mm. Lima et al., (2011) relataram que a evapotranspiração média diária da cultura do caupi para todo o ciclo fenológico foi de 3,8 mm dia⁻¹, com um total de 330,7 mm. Já a ETo teve valor médio de 4,12 mm dia⁻¹ e total de 362,1 mm. Segundo Bastos et al. (2008) a evapotranspiração do feijão-caupi foi de 288,5 mm para todo o ciclo da cultura, correspondente a um valor médio de 4,1 mm dia⁻¹, e o estágio fenológico de maior demanda hídrica foi o reprodutivo, com 5,4 mm dia⁻¹.

Tabela 1. Valores médios de ETo e ETc para as equações e cultivares implantadas.

Cultivares	EToHargreaves (mm dia ⁻¹)	ETo Camargo (mm dia ⁻¹)	ETo BC (mm dia ⁻¹)	ETcHargreaves (mm dia ⁻¹)	ETc Camargo (mm dia ⁻¹)	ETc BC (mm dia ⁻¹)	ETc total BHS (mm dia ⁻¹)
BRS Itaim							5,46
BRS Guariba							5,44
BRS Tumucum.							5,53
BRS Nova Era	4,11	3,48	3,74	4,43	3,84	4,00	5,52
BRS Potengi							5,46
BRS Cauame							5,48

Cultivares	EToHargreaves (mm)	ETo Camargo (mm)	ETo BC (mm)	ETcHargreaves (mm)	ETc Camargo (mm)	ETc BC (mm)	ETc total BHS (mm)
BRS Itaim							415,01
BRS Guariba							413,62
BRS Tumucum.							420,37
BRS Nova Era	312,34	264,57	284,67	337,36	292,54	304,16	420,02
BRS Potengi							415,20
BRS Cauame							417,01

Tabela 2. Valores de ETo e ETc no ciclo para as equações e cultivares implantadas.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados pode-se concluir que os valores de ETc a partir do modelo de Hargreaves aproximou-se dos valores observados no balanço de água no solo, com maiores médias de ETo e ETc. Independente da cultivar notou-se valores médios de ETc próximos a 5,5 mm dia⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPEMIG pelo apoio ao trabalho e aos autores.

REFERÊNCIAS

BASTOS, E.; FERREIRA, V.; SILVA, C.; ANDRADE JÚNIOR, A. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no Vale do Gurguéia, Piauí. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2. p. 182-190, 2008.

CAVALCANTE JR, G.; OLIVEIRA, D.; ALMEIDA, M.; SOBRINHO, E. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste, Brazil. **Semina**, Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1699-1708, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ALCÂNTARA, J. dos P.; BELARMINO FILHO, J.; ROCHA, M. de M. BRS Marataoã: nova cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 303, p. 771-777, 2005.

GIRARDI, L. B.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; BUSKE, T. C.; BARZOTTO, F. Comparação de Métodos de Estimativa da Evapotranspiração de Referência. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 42, 2014. **Anais...CONBEA**: Campo Grande – MS, 2014.

LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; LIRA, B.O.L.; SOUZA, E.S.; SILVA, I.F. Balanço de energia e evapotranspiração do feijão caupisob condições de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n. 1, p.65-74, 2011.

SANTOS, J. F. dos.; GRANGEIRO, I. T. J.; BRITO, C. de.; SANTOS, M. do C. C. A. Produção e componentes produtivos de variedades de feijão-caupi na microrregião Cariri paraibano. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 214-222, 2009.

SINGH, B. B.; AJEIGBE, H. A.; SINGH, Y. V. Da agricultura de subsistência ao agronegócio. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJAO-CAUPI, 2., 2009, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 39-47. 1 CD-ROM.

SOUSA, I. F. de; SILVA, V. P. R. da; SABINO, F. G.; NETTO, A. de O.; SILVA, B. K. N.; Azevedo, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.633-644, 2010.

IMPACTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NOS TEORES DE CLOROFILA EM CIDRÓ

Leonardo Antonio Thiesen¹, Denise Schmidt², Bruna Stringari Altissimo³, Ezequiel Holz⁴, Anderson Werner⁵

¹ Mestrando em Agronomia-Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen, RS, thiesen07@hotmail.com; ² Orientadora, Professora Dra. da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen, RS, denise@ufsm.br; ³ Engenheira Agrônoma, Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen, RS, altissimobrunas@hotmail.com; ⁴ Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen, RS, ezeholz@hotmail.com; ⁵ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen, RS, anderson301997@hotmail.com.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar o conteúdo de teores de clorofila em plantas de *Aloysia triphylla* em resposta a disponibilidade hídrica. O experimento foi conduzido em ambiente protegido da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen, sendo avaliado em delineamento experimental blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro blocos. A unidade experimental foi constituída de 16 plantas/bloco, no período de 21 de dezembro de 2015 a fevereiro de 2016. As plantas foram mantidas em vasos de polietileno de 14 litros, contendo uma planta/vaso. Os tratamentos consistiram de diferentes níveis de disponibilidade hídrica (25, 50, 75 e 100% da capacidade de campo do solo). Foram avaliados: clorofila *a*, clorofila *b* e a razão clorofila *a/b*. Os resultados demonstraram que os conteúdos de clorofila *a* e *b*, não apresentaram diferença significativa sob os diferentes níveis de disponibilidade hídrica. A razão clorofila *a/b* apresentou diferença significativa, com resultados superiores para restrições hídricas de 25 e 50% da capacidade de campo, demonstrando apresentar maiores variações entre os teores de clorofila quando as plantas foram submetidas às menores condições hídricas do solo. Concluiu-se que a disponibilidade hídrica não afeta os conteúdos de clorofila *a* e clorofila *b*, porém, os maiores níveis de déficit hídrico promovem aumento da razão de clorofila *a/b*.

PALAVRAS-CHAVE: *Aloysia triphylla*; Estresse hídrico; Pigmentos fotossintéticos; Capacidade de campo.

IMPACT OF HYDRICAL AVAILABILITY ON THE CONTENTS OF CHLOROPHYLL IN CIDRÓ

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the content of chlorophyll content in *Aloysia triphylla* plants in response to different water availability. The experiment was conducted in a greenhouse of the Federal University of Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen, and was evaluated in a randomized block design, four treatments, four blocks, and the experimental unit consisting of 16 plants/block, in the period of 21 December 2015 to February 2016. The plants were kept in 14-liter polyethylene pots containing one plant/pot. The treatments consisted of different levels of water availability (25, 50, 75 and 100% of the soil field capacity). The following were evaluated: chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and reason chlorophyll *a/b*. The results showed that the contents of chlorophyll *a* and *b* did not present significant differences under the different levels of water availability. The chlorophyll *a/b* reason showed a significant difference, with superior results for water restrictions of 25 and 50% of the field capacity, showing larger variations between the chlorophyll contents when the plants were submitted to the lowest soil water conditions. It was concluded that water

availability does not affect the contents of chlorophyll *a* and chlorophyll *b*, however, the higher levels of water deficit promote an increase in chlorophyll *a/b* reason.

KEY-WORDS: *Aloysia triphylla*; Water stress; Photosynthetic pigments; Field capacity.

INTRODUÇÃO

O cidró (*Aloysia triphylla*) é uma espécie medicinal perene nativa da América do Sul, pertencente à família Lamiaceae. É uma erva que apresenta propriedades aromáticas, rica em óleo volátil, que age como sedativo brando. Seu componente químico de maior interesse é o citral, substância de grande interesse pelas indústrias farmacêuticas e cosméticas (ROJAS et al., 2012).

A atividade fotossintética está diretamente associada aos pigmentos fotossintéticos, como clorofilas *a* e *b* e os carotenoides. A clorofila *a* é o pigmento envolvido na etapa fotoquímica da fotossíntese, enquanto os demais pigmentos são utilizados para absorção de luz e transferência de energia para os centros de reação no processo fotossintético (STREIT et al., 2005).

A produção de matéria seca das culturas é limitada pela quantidade de clorofila, um indicador de produtividade que pode ser fator limitante do crescimento e desenvolvimento das plantas (DAWSON et al., 2003). Além disso, o teor de clorofila possui forte relação com alguns parâmetros inerentes à cultura, como o teor de nitrogênio, trocas gasosas, índice de área foliar, radiação fotossinteticamente ativa e produtividade (WALTERS, 2003). Dentre os diversos fatores que influenciam negativamente às plantas, destaca-se o estresse hídrico (SILVA; PINCELLI, 2010), podendo este ocasionar diversas alterações morfofisiológicas nas plantas, dentre as quais modificações no conteúdo de clorofilas. Diante disso, objetivou-se avaliar o impacto da disponibilidade hídrica sobre o teor de clorofila em plantas de *Aloysia triphylla*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 21 de dezembro de 2015 a 21 de fevereiro de 2016, em ambiente protegido, na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Frederico Westphalen, situado a 27° 23' S, 53° 25' O e 493 m de altitude. O clima da região é do tipo Cfa pela classificação climática de Köppen (ALVARES et al., 2013). Os valores de temperatura mínima e máxima diárias do ar foram coletados durante o período de condução do experimento com termohigrômetros digitais instalados no interior da estufa.

As mudas de *Aloysia triphylla* foram obtidas através da propagação vegetativa, pelo método da miniestaquia realizada em espuma fenólica. Após o pegamento as miniestacas foram transplantadas para recipientes contendo substrato comercial e posteriormente para os vasos definitivos com capacidade de 14 litros, preenchidos com solo peneirado + 10% esterco bovino curtido.

O experimento foi conduzido em delineamento blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro blocos, sendo a unidade experimental composta por 16 plantas/bloco. Os tratamentos consistiram em diferentes níveis de restrição hídrica em função da capacidade de campo do substrato (100, 75, 50 e 25% da capacidade de campo), sendo iniciada 45 dias anteriores a coleta das plantas.

O controle da disponibilidade hídrica foi realizado diariamente, por meio da pesagem dos vasos, utilizando-se balança digital com capacidade máxima de 40 kg. A

reposição da água evapotranspirada foi realizada sempre que a variação entre a massa inicial do vaso e a massa obtida no dia da avaliação tornava-se igual ou superior a 2%. Assim, a diferença entre as massas correspondia à quantidade de água a ser completada.

As realizadas foram: clorofila *a*, clorofila *b* e a razão entre clorofila *a* e clorofila *b* (clorofila *a/b*). Os teores de clorofila foram analisados com o ClorofiLOG[®] modelo CFL 1030. As amostragens foram retiradas do quarto nó do ápice em direção à base do maior ramo da planta, retirando-se três repetições por planta, totalizando 48 amostras por tratamento. A relação entre as clorofilas foram determinadas através da divisão da clorofila *a* pela clorofila *b*.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade de erro, pelo programa estatístico SAS (Statistical Analysis System).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento, observou-se grande variação de temperatura, com oscilações de 50°C até cerca de 15°C, para temperaturas máximas e mínimas, respectivamente. No entanto, as temperaturas foram reduzindo com o passar dos dias, devido à proximidade com a estação de outono (Figura 1).

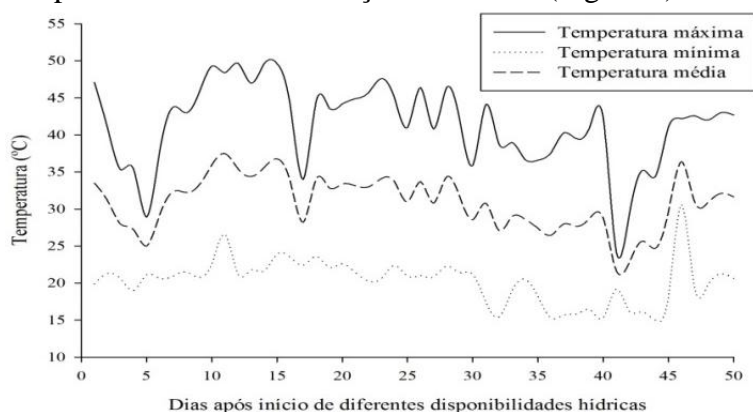


Figura 1. Temperatura do ar máxima, mínima e média registradas no interior do ambiente protegido em experimento de disponibilidades hídricas com *Aloysia triphylla*. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2017.

Os resultados da análise de variância demonstraram que a variável clorofila *a* e clorofila *b*, não apresentaram diferença significativa pelo teste F, a 5% de probabilidade. Porém, houve diferença significativa para a variável clorofila *a/b* para o efeito da diferentes condições hídricas ($p < 0,05$).

Observou-se que a razão de clorofila *a/b* foi superior significativamente para os tratamentos 25 e 50% da capacidade de campo com valores de 4,36 e 4,14, respectivamente (Figura 2). Esses resultados demonstraram que em menor disponibilidade hídrica, pode existir relação de maior clorofila *a* quando comparado à clorofila *b*. Ou seja, espécies que mantém teores de pigmentos em condições de deficiência hídrica demonstram melhor capacidade de tolerar as condições de estresse, devido à estreita relação entre as clorofilas, potencial fotossintético e produtividade (O'NEILL et al., 2006). O aumento da razão clorofila *a/b* pode estar associado à proteção do fotossistema quando a planta encontra-se sob condições de estresse, devido a menor absorção de radiação (menor comprimento de onda) (CAMEJO; TORRES, 2001). Isso justifica os resultados encontrados no trabalho, em que em condições de maior estresse ocorreu aumento da razão clorofila *a/b*. A diferença desta razão se deve principalmente ao maior conteúdo da clorofila *a* na condição de 50% da capacidade de

campo e redução do conteúdo de clorofila b em 25% da capacidade de campo, em comparação com os demais tratamentos.

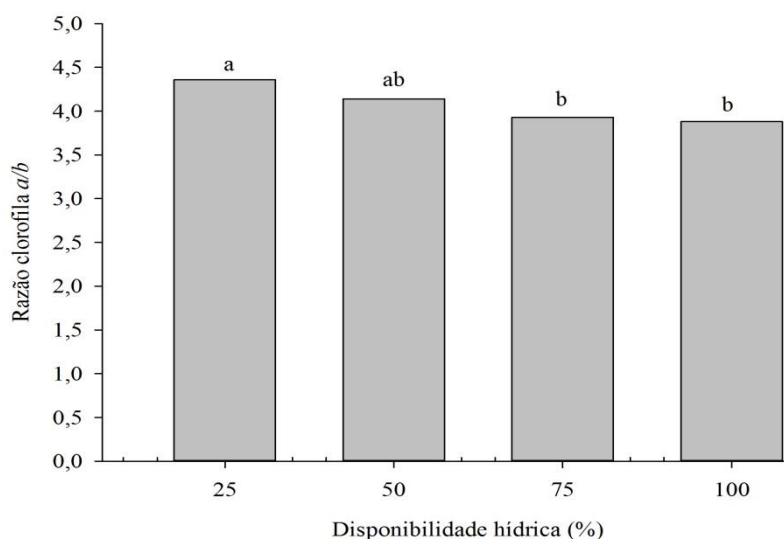


Figura 2. Razão clorofila *a/b* de *Aloysia triphylla* submetidas a condições de disponibilidades hídricas de 25, 50, 75 e 100% da capacidade de campo. Frederico Westphalen, RS, USFM, 2017.

CONCLUSÕES

A disponibilidade hídrica não afeta os conteúdos de clorofila *a* e clorofila *b*.

Menores disponibilidades hídricas aumentam a razão clorofila *a/b* em *Aloysia triphylla*.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pela concessão de Bolsa de Iniciação Científica (quarto autor).

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

CAMEJO, D.; TORRES, W. High temperature effect on tomato (*Lycopersicon esculentum*) pigment and protein content and cellular viability. **Cultivos Tropicales**, v.22, n.3, p.13-18, 2001.

DAWSON, T. P.; NORTH, P. R. J.; PLUMMER, S. E.; CURRAN, P. J. Forest ecosystem chlorophyll content: implications for remotely sensed estimates of net primary productivity. **International Journal of Remote Sensing**, Wilmington, v. 24, I. 3, p. 611-617, 2003.

O'NEILL, P.M.; SHANAHAN, J.F.; SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 2, p. 681-687, 2006.

ROJAS, J.; PALACIOS, O.; RONCEROS, S. Efecto del aceite esencial de *Aloysia triphylla* Britton (cedrón) sobre el trypanosoma cruzi en ratones. **Revista Peruana de Medicina Experimentale Salud Publica**, v. 29, n. 1, p. 61-68, 2012.

SILVA, M. de A.; PINCELLI, R. P. Alterações morfofisiológicas na cana-de-açúcar em resposta à deficiência hídrica. In: Crusciol, C. A. C.; Silva, M. de A.; Rosseto, R.; Soratto, R. P. **Tópicos em Ecofisiologia da Cana-de-Açúcar**. Botucatu: FEPAF. 2010, p. 43-48.

STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W. do; HECKTHEUER, L.H.H. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

WALTERS, D. T. Diagnosis of nitrogen deficiency in maize and the influence of hybrid and plant density. In: **North central extension-industry soil fertility conference**. V.19, Des Moines, IA. 2003.

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO NO PERÍMETRO IRRIGADO EM ITABAIANA/SE

Inajá Francisco de Sousa ¹, Rafael de Oliveira Farrapeira ², Gregorio Guirado Faccioli ³
¹Professor Dr. Inajá Francisco de Sousa, Departamento de Engenharia Agrônômica - UFS, São Cristóvão, Sergipe, inajafrancisco@gmail.com; ²Msc em Recursos Hídricos. Rafael de Oliveira Farrapeira, PRORH-UFS, São Cristóvão, Sergipe, rafaelfarrapeira92@gmail.com; ³Prof. Dr. Gregorio Guirado Faccioli, Departamento de engenharia Agrícola - UFS, São Cristóvão, Sergipe, gregorioufs@gmail.com;

RESUMO: Com o intuito de avaliar o sistema de irrigação do perímetro irrigado de Poção da Ribeira (PIPR) no ano de 2016, localizado no município de Itabaiana/SE, o presente estudo tem como objetivo geral determinar a eficiência de aplicação da água em doze lotes. Utilizando a proposta descrita por Keller e Karmeli (1974), para se avaliar o sistema de irrigação do perímetro, determinaram-se os coeficientes de uniformidade: de Christiansen (CUC), de Emissão (CUE), Uniformidade absoluta (CUEa), Estática (Us) e a Eficiência de aplicação (Ea). Os resultados de CUC, CUE, CUEa e Us foram, respectivamente, 91,45%, 86,41%, 84,05% e 86,48%, valores com parâmetros que variaram de bom à excelente. A Ea, teve valor médio considerado aceitável de 82,09%. Os resultados de coeficiente de uniformidade e eficiência de aplicação permitem definir o perímetro como hidráulicamente satisfatório.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura irrigada; Eficiência da água; Coeficientes de Uniformidade;

EVALUATION OF THE IRRIGATION SYSTEM BY MICROASPERION IN THE IRRIGATED PERIMETER IN ITABAIANA / SE

ABSTRACT: In order to evaluate the irrigation system of the Poção da Ribeira irrigated perimeter of (PIPR) in 2016, located in the city of Itabaiana/SE, the present study has as general objective to determine the efficiency of water use application, in twelve lots. Using the proposal described by Keller and Karmeli (1974) to evaluate the perimeter irrigation system, were determined the uniformity coefficients: of Christiansen (CUC), Emission (CUE), Absolute Uniformity (CUEa), Static (Us) and efficiency application (Ea). The results of CUC, CUE, CUEa and Us were, respectively, 91.45%, 86.41%, 84.05% and 86.48%, values with parameters varying from good to excellent. The Ea had an acceptable value of 82.09%. The results of uniformity coefficient and application efficiency allow to define the perimeter as hydraulically satisfactory.

KEY-WORDS: Irrigated Agriculture; Efficiency of water; Uniformity coefficients;

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação mundial com a produção eficiente de energia e com os recursos hídricos estabelece o desenvolvimento de novas estratégias que economizem água sem causar a redução da produtividade (MANTOVANI et al. 2013). O enriquecimento de técnicas que envolvam a sustentabilidade deverá superar a escassez e promover uma nova ética aos recursos hídricos, tendo o aprimoramento como base na

utilização, no controle dos desperdícios, além de proporcionar o desenvolvimento. (TUNDISI, 2005)

No estado Sergipano a agricultura irrigada se faz presente e representa uma grande parcela de desenvolvimento socioeconômico e da agricultura do estado. Atualmente são seis perímetros irrigados em funcionamento e que geram empregos e melhorias à qualidade de vida dos agricultores das regiões. A importância desse trabalho pode ser explicada pelo fato do município de Itabaiana ser considerado um dos maiores produtores de hortaliças do estado de Sergipe, por conta da existência de dois perímetros irrigados, além de outras fontes irrigantes como água de açudes e poços artesianos. (COHIDRO, 2016)

Neste sentido, o presente trabalho determinou a eficiência de aplicação da água do perímetro irrigado de Poção da Ribeira em Itabaiana/SE.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa de campo foi realizada no perímetro Irrigado Poção da Ribeira - PIPR, localizado no agreste do estado de Sergipe. Foram realizadas coletas de água em diversos emissores, quatro por linha lateral, para descobrir a vazão real de cada um deles. Utilizou-se a metodologia desenvolvida por Keller e Karmeli (1974), com modificação proposta por Deniculi et al. (1980) e apresentada por Mantovani et al. (2009), para avaliar a uniformidade de aplicação de água do projeto de irrigação localizada por microaspersão.

Foram distribuídos seis coletores plásticos, baldes, nos emissores que permaneceram ali por um tempo de três minutos, tempo suficiente para não atrapalhar a irrigação do agricultor. Com o auxílio de um cronômetro digital, coletores plásticos e uma proveta graduada de 500 ml foi possível medir os volumes (em ml) e em seguida determinar as vazões dos emissores

A uniformidade de aplicação de água foi estimada, utilizando-se a vazão de cada emissor avaliado, em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE), do Coeficiente de Uniformidade de Emissão Absoluta (CUEa) e do Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us), determinados pelas equações 1, 2, 3 e 4, respectivamente descritas por Bernardo et al., (2006) e Mantovani et al., (2009).

$$CUC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n \cdot q_m} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

onde:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em %; q_i = Vazão de cada emissor, $L h^{-1}$; q_m = Vazão média dos emissores, $L h^{-1}$; e n = Número de emissores.

$$CUE = \left[\frac{q_{25\%}}{q_m} \right] \cdot 100 \quad (2)$$

onde:

CUE = Coeficiente de Uniformidade de Emissão, em %; $q_{25\%}$ = Média de 25% dos menores valores de vazões observadas, $L h^{-1}$; e q_m = Média de todas as vazões coletadas, $L h^{-1}$.

$$CUEa = \left[\frac{\frac{q_{25\%} + q_m}{2}}{\frac{q_m + q_x}{2}} \right] \cdot 100 \quad \text{Onde:} \quad (3)$$

CUEa = Coeficiente de Uniformidade de Emissão Absoluta, em %; $q_{25\%}$ = Média de 25 % das vazões, com menores valores, $L h^{-1}$; q_x = Média das 12,5 % maiores vazões observadas, $L h^{-1}$.

$$Us = \left[1 - \frac{S_q}{q_m} \right] \cdot 100 \quad (4)$$

onde:

Us: Coeficiente de Uniformidade Estática; S_q : Desvio padrão da vazão do emissor; q_m : Vazão média do emissor.

Após encontrar os valores dos coeficientes de uniformidade, determinou-se a avaliação do desempenho de irrigação para sistemas por microaspersão. Para isso estimou-se a eficiência de aplicação (E_a) pela equação 5, descrita por Bernardo et al., (2006) :

$$E_a = K_s \cdot CUE \quad (5)$$

Onde:

E_a : Eficiência de Aplicação de água em %; K_s : Coeficiente de transmissividade (Adotado como 90% para irrigação localizada);

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes de uniformidade e da eficiência de aplicação obtidos no perímetro irrigado de Poção da Ribeira, bem como sua classificação na literatura, encontram-se na tabela 1.

Tabela 1: Indicadores de desempenho do sistema de Irrigação do Perímetro de Irrigação Poção da Ribeira - PIPR em Itabaiana-SE.

Indicador	Valor (%)	Classificação
CUC	91,45	Excelente*
CUE	86,41	Excelente*
CUEa	84,05	Bom*
Us	86,48	Bom*
Ea	82,1%	Aceitável**

Fonte: *Mantovani (2013) e **Bernardo (2006)

O valor do CUC , 91,45%, foi classificado como excelente, segundo a classificação de Mantovani (2013), indicando que não houve alta discrepância entre a vazão média com as vazões unitárias de cada emissor. Este mesmo autor enfatiza que o sistema de irrigação que apresenta o valor do CUC superior a 88% pode ser utilizado para irrigação de frutíferas ou até mesmo culturas de alto rendimento econômico.

O valor do CUE, 86,41%, foi classificado conforme descrito por Mantovani (2013), como excelente. Segundo Lopez et al., (1992) o CUE é muito importante e por isso é o mais utilizado na avaliação, pois possibilita uma medida mais rigorosa, dando maior peso às plantas que recebem menos água.

Os valores de CUEa e US de, respectivamente, 84,05% e 86,48% foram considerados bons na classificação de Mantovani (2009). Esses valores mostram que houve uma dispersão considerável das vazões amostradas.

Já para o resultado de Ea o valor encontrado de 82,1%, se classifica como uma irrigação aceitável, sendo de boa qualidade segundo Bernardo et al., (2006). Mas este valor poderia ser aumentado se as pequenas falhas de manutenção no sistema fossem corrigidas.

Bernardo et al. (2006), admite valores acima de 80% como resultados satisfatórios. Desta maneira, independente do critério de classificação que foi utilizado, o sistema de irrigação por microaspersão do perímetro irrigado de Poção da Ribeira, apresentou valores acima dos parâmetros aceitáveis.

No presente trabalho, os valores de CUC, CUE e Us foram de 94,7%, 92,6% e 93,2%, respectivamente. Como também valores de CUC e CUE semelhantes registrados de 93,3% e 90,62%, respectivamente, no trabalho realizado por Jesus et al. (2015), nos perímetros irrigados da CODEVASF. Ambos os trabalhos apresentam a mesma classificação para os coeficientes de uniformidade pela literatura descrita por Mantovani (2013).

CONCLUSÕES

O sistema de irrigação apresentou excelente uniformidade de distribuição e boa eficiência de aplicação da água. Os resultados obtidos demonstram que o sistema foi hidráulicamente bem dimensionado

REFERÊNCIAS

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. 2006 **Manual de Irrigação**.8 ed. Viçosa, MG: UFV. 625p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E IRRIGAÇÃO DO ESTADO DE SERGIPE (COHIDRO-SE). **Relatório Técnico Anual**. Aracaju: Cohidro, 2016.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa. 1980. v 27, n. 150, p. 155- 162.

JESUS, M. L., VIANA, S. B. A., SILVA, M. A. V. SILVA, LIMA, J. S. S., MACHADO, L. V., CARVALHO, J. R. **Estimativa de eficiência de irrigação em sistemas de microaspersão, nos perímetros irrigados da CODEVASF, região Oeste da BA**, XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 08 a 13 de novembro de 2015, UFS - São Cristóvão/SE

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. Transactions of American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, v. 17, n. 2, p. 678-684, 1974.

LÓPEZ, J. R., ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. Riego Localizado. Madrid, Espana: Mundi – Prensa, 1992. 405p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.

MANTOVANI E. C; DELAZARI FT; DIAS LE; ASSIS IR; VIEIRA GHS; LANDIM FM. 2013. **Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação**. Horticultura Brasileira31: 602-606.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2 ed. São Carlos: Rima, 2005. 248 p.

FLUTUAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO EM VEGETAÇÃO ARBÓREA E PASTAGEM INTRODUZIDA NO PANTANAL BRASILEIRO: 2010-2014

Márcia Toffani Simão Soares^(1,2), Balbina M. A. Soriano^(1,3), Sandra Mara A. Crispim^(1,4), Sandra A. Santos^(1,5), Suzana M. Salis^(1,6)

⁽¹⁾Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pantanal/MS. ²marcia.toffani@embrapa.br; ³balbina.soriano@embrapa.br; ⁴sandra.crispim@embrapa.br; ⁵sandra.santos@embrapa.br; ⁶suzana.salis@embrapa.br

RESUMO: Apresentamos a frequência e amplitude da variação da lâmina d'água do lençol freático no Pantanal da Nhecolândia, em área sob cobertura florestal nativa e substituída por pastagem com gramínea do gênero *Urochloa* entre outubro de 2010 a setembro de 2014. As medidas de profundidade da lâmina d'água do lençol freático foram realizadas a cada dez dias aproximadamente, em piezômetros instalados em área representativa de cada ambiente. Verificou-se que a modificação da cobertura vegetal arbórea nativa por pastagem produz alteração na dinâmica da flutuação do lençol freático, com aumento na amplitude de valores de profundidade da lâmina d'água no perfil do solo. Este comportamento é mais evidente em anos hidrológicos mais úmidos, com maior volume de água precipitado. Os resultados apresentados evidenciam a importância da manutenção da diversidade fitofisionômica natural do Pantanal da Nhecolândia para o funcionamento hidrológico da região.

PALAVRAS-CHAVE: áreas úmidas, lençol freático, mudança no uso da terra

WATERTABLE FLUTUATION IN ARBOREAL VEGETATION AND INTRODUCED PASTURE IN BRAZILIAN PANTANAL: 2010-2014

ABSTRACT: We present the frequency and amplitude of the water table variation in the Nhecolândia sub-region, Brazilian Pantanal, in an area under native forest cover and replaced by grasses of the genus *Urochloa*, between October 2010 and September 2014. During this period, water table level were taken in piezometers installed in representative area of each environment, at ten days intervals. We verified that the changes of native tree cover by grassland produces alteration in the dynamics of the water table fluctuation, with increase in the amplitude of water table level values in the soil profile. This behavior is more evident in moist hydrologic years, with higher volume of precipitated water. The results presented highlight the importance of maintaining the natural physiognomie diversity of the Pantanal Wetland for its hydrological functioning.

KEY-WORDS: Wetland, groundwater, land use/land cover

INTRODUÇÃO

O Pantanal Mato-Grossense é um dos mais importantes biomas brasileiros e uma das maiores planícies inundáveis contínuas do mundo, cujo funcionamento ecológico é governado por regime de inundação sob influência de águas pluviais, fluviais, lacustres e subterrâneas. É, adicionalmente, uma região de importância econômica nacional pela atividade pecuária bovina, praticada em campos naturais. Embora as condições de manejo

da pecuária tradicional confirmam à região elevada sustentabilidade ambiental, a pressão por aumento da produção em áreas marginais tem levado muitos produtores à intensificação do sistema de produção, com a substituição de fisionomias arbóreas por pastagens introduzidas.

É reconhecido o papel das águas rasas subsuperficiais em áreas úmidas para o suporte a diversos serviços ecossistêmicos, como a regulação dos ciclos biogeoquímicos terrestres (KLØVE et al., 2011) e a provisão de bens e alimentos (FLORIO et al., 2014). Todavia, há carência de informações quanto à relação entre parâmetros hídricos, climáticos e os diferentes tipos de cobertura vegetal da planície pantaneira, especialmente quando consideradas mudanças no uso da terra e alterações nos padrões climáticos globais projetados para o futuro. Em atendimento à esta demanda foi realizado o presente estudo, com o objetivo de avaliar a frequência e a amplitude da variação da lâmina d'água do lençol freático ao longo de quatro anos hidrológicos (outubro de 2010 a setembro de 2014) no Pantanal da Nhecolândia, em área sob cobertura florestal nativa e em área substituída por pastagem cultivada com gramínea do gênero *Urochloa*.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na fazenda Nhumirim, localizada na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul, entre as coordenadas 18°54'00' S e 19°02'00' W (Figura 1). A região possui clima tropical, megatérmico, regime de precipitação caracterizado por uma divisão nítida durante o ano, com um período chuvoso que se inicia em novembro e se estende até março, e outro de baixa intensidade constituindo um período seco de abril a outubro. Na fazenda predominam os solos pertencentes aos grandes grupos: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico e ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Hidromórfico (FERNANDES et al., 2007).

A instalação de dezoito piezômetros e o monitoramento da oscilação do lençol freático visam complementar ações de pesquisa de longa duração voltados à compreensão das relações entre variações hidroclimáticas, ciclos biogeoquímicos e ecologia de paisagens naturais e antropizadas. Para o presente estudo, foram considerados dados de dois piezômetros adjacentes e instalados em 2008 a uma distância de 250 metros, ambos em fisionomia de cordilheira, sendo um sob cobertura florestal nativa original de cerradão não alterado e outro em área contígua a esse cerradão onde houve substituição desta tipologia florestal por pastagem cultivada do gênero *Urochloa* spp. no ano de 2000 (vide CARDOSO et al., 2011). As espécies arbóreas mais abundantes no cerradão estudado são *Alibertia sessilis*, *Protium heptaphyllum* e *Zanthoxylum rigidum* (SALIS et al., 2006)

O monitoramento do nível d'água foi realizado em intervalo próximo a dez dias com o auxílio de um pequeno apito preso a uma fita métrica, que ao tocar na água emite um som e permite medir a profundidade do lençol freático e com um medidor de nível d'água modelo 101 P7, da marca Solinst®. Foram consideradas as profundidades da lâmina d'água do lençol freático em quatro anos hidrológicos completos (2010-11, 2011-12, 2012-13 e 2013-14). Para tanto, considerou-se como início do ano hidrológico o dia 1º de outubro, e como final o dia 30 de setembro do ano subsequente.

Os dados brutos das variáveis obtidas foram analisados quanto à atualidade, ausência de erros, completude e consistência, sendo corrigidos sempre que possível. Uma sumarização dos dados foi realizada a partir de análise descritiva dos quatro anos hidrológicos avaliados. A fim de verificar a amplitude de variação da profundidade do lençol freático, bem como a frequência de saturação (ou não saturação) do solo pelo lençol freático ao longo do ano hidrológico nos dois ambientes, para cada período

avaliado foi construído um histograma de frequência com classes de profundidade da lâmina d'água, em intervalos de 50 cm cada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em área sob pastagem introduzida, houve maior amplitude de valores de lâmina d'água em todos os anos hidrológicos avaliados quando comparado com a área adjacente com cerradão (Figuras 1 e 2). Neste ambiente, o lençol freático apresentou-se com lâmina de água mais próxima à superfície somente no ano hidrológico de 2010-2011, devido ao maior volume de água precipitado no período, com lâmina d'água em 1,5 metro de profundidade ou menos em 21% do ano hidrológico 2010-2011 (aproximadamente 77 dias). É importante considerar que raízes de gramíneas, como a braquiária, são capazes de expandir-se ao logo do perfil do solo, podendo atingir profundidades superiores a 1 metro (PEREIRA et al., 2004), com possibilidade, desta forma, de se beneficiarem da umidade do solo alimentada por capilaridade pela água do lençol freático. As perdas de água deste reservatório, representadas pelo aumento da profundidade do lençol freático, também foram muito mais significativas no ambiente sob pastagem introduzida, cuja profundidade alcançou o valor máximo de 4 metros no período seco do ano hidrológico 2013-2014.

A profundidade do lençol freático na área com cerradão, por outro lado, apresentou menores amplitudes de valores em três dos quatro anos hidrológicos avaliados. Verificou-se também que em 100% do período avaliado a lâmina d'água manteve-se a profundidades maiores que 1,5 m (Figura 1). O resultado sugere um maior controle da flutuação do lençol freático por esta fitofisionomia, que pode ser realizada por diversos processos mediados pelas árvores, em intensidade e importância distintas em função das variações hidroclimáticas sazonais. Durante a época de chuvas, no cerradão, as perdas de água de chuva por interceptação e posterior evaporação da água retida temporariamente na copa das árvores podem ser significativas, conforme observado em Ferreira et al. (2005) ao comparar florestas de terra firme em diferentes intensidades de manejo de corte na Amazônia Central. A água precipitada não evaporada no sistema pode apresentar, neste ambiente, uma disponibilização mais lenta ao solo, retardado pelos processos de escoamento pelo tronco e precipitação interna. Já no período seco, o controle de parâmetros microclimáticos do ambiente florestado, como a menor variação de temperatura e umidade relativa do ar (vide BIUDES et al., 2012), podem estar colaborando para maior conservação da umidade neste ambiente. Verifica-se o uso do conceito de uma

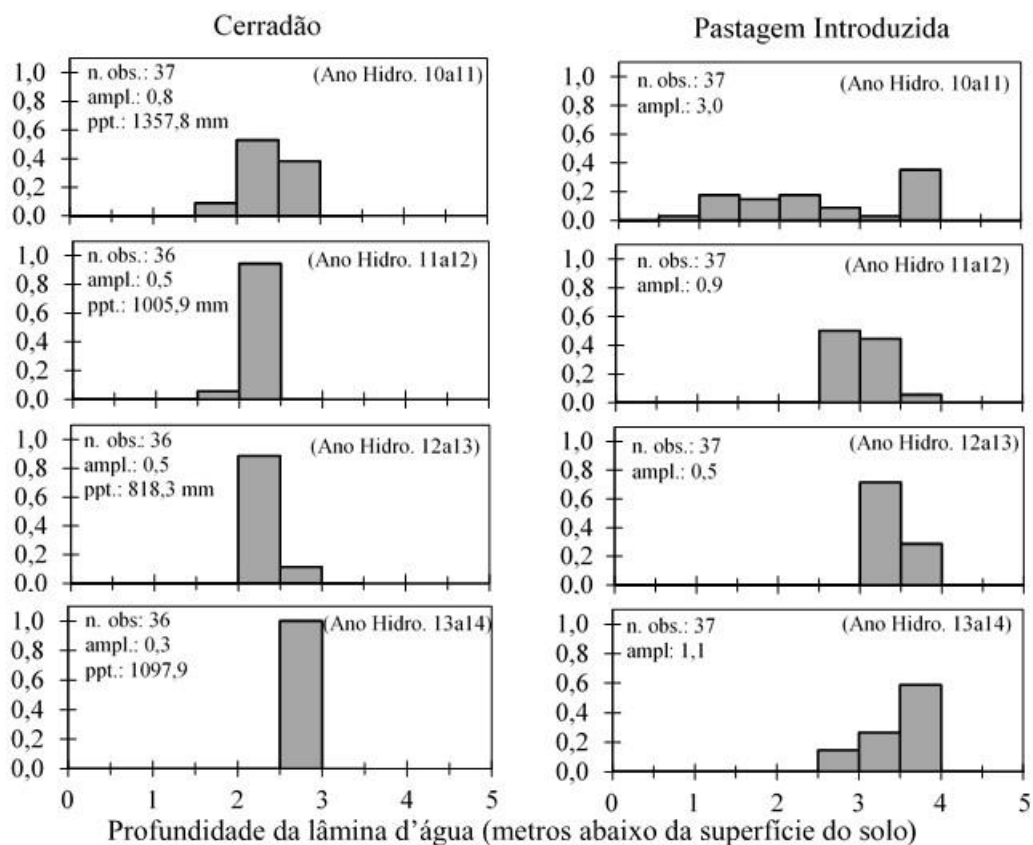


Figura 1. Distribuição da frequência e amplitude (“A”) dos valores de profundidade da lâmina d’água no lençol freático em fisionomia de cordilheira com vegetação nativa não alterada (cerradão) e em pastagem introduzida com gramínea do gênero *Urochloa*, em quatro anos hidrológicos, na sub-região da Nhecolândia, Pantanal. Ppt.: precipitação total acumulada nos diferentes anos hidrológicos (2010-2011, 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014).

maior resistência estomática de espécies florestais em relação às gramíneas para parametrização e simulações climáticas associadas à mudança de uso de solo (vide CABRAL et al., 2006), todavia são complexas as relações entre clima, solo e plantas em uma comunidade arbórea, variável em função de diversos fatores, tais como idade das plantas, composição, densidade e diversidade florística, arquitetura das suas raízes, disponibilidade de nutrientes no solo e sazonalidade, dentre outros (PALHARES et al., 2010). Ainda que os mecanismos hidrológicos mediados pela vegetação sejam muito pouco compreendidos no complexo mosaico fisionômico da paisagem pantaneira, verifica-se neste e em outros trabalhos (BIUDES et al., 2009, 2012) que modificações na estrutura da vegetação podem interferir em componentes do balanço de energia e da água, com implicações ainda desconhecidas para o sistema de produção e para o funcionamento hidroclimático regional.

CONCLUSÕES

A substituição da cobertura florestal nativa (cerradão) por pastagem produz alteração na dinâmica da flutuação do lençol freático, com aumento da oscilação da lâmina d’água no perfil do solo nos quatro anos hidrológicos avaliados. Os resultados apresentados evidenciam a importância da manutenção da diversidade fisionômica

natural do Pantanal da Nhecolândia para a conservação do funcionamento hidrológico da região.

AGRADECIMENTOS

Ao Fundect/MS e Macroprograma 2 – Embrapa pelo suporte financeiro.

À equipe de Campos Experimentais da Embrapa Pantanal pelo apoio na execução das atividades de campo.

REFERÊNCIAS

BIUDES, M. S. et al. Estimativa do balanço de energia em cambarazal e pastagem no norte do Pantanal pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n.2, p.135-143, 2009.

BIUDES, M. S. et al. Mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de cambará em pastagem no norte do Pantanal. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.10, n.1, p.61-68, 2012.

CABRAL, F. C., ROCHA, H. R.; FREITAS, E. D. Simulação do efeito do desmatamento no clima sobre áreas de transição nos cerrados e Amazônia. In Anais. **A meteorologia a serviço da sociedade**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2006.

CARDOSO, E. L. et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.02, p613-622, 2011.

FLORIO, E. L. et al.. Interactive effects of water-table depth, rainfall variation, and sowing date on maize production in the Western Pampas. **Agricultural Water Management**, v.146, n.75-83, 2014.

FERNANDES, F. A. et al. Atualização do mapa de solos da planície pantaneira para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007. 6 p. (**Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 61**).

KLØVE, B. et al. Groundwater dependent ecosystems. Part II. Ecosystem services and management in Europe under risk of climate change and land use intensification. **Environmental Science & Policy**, v.14, n.7, p.782-793, 2011.

PALHARES, D.; FRANCO, A. C.; ZAIDAN, L. B. P. Respostas fotossintéticas de plantas do cerrado nas estações seca e chuvosa. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 2, 2010.

PEREIRA et al. Poder de penetração de raízes de leguminosas e gramíneas em solos coesos dos tabuleiros costeiros. **Bahia Agricola**, v.6, p. 2–8, 2004.

SALIS, S. M. et al. Distribuição e abundância de espécies arbóreas em cerradões no Pantanal, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v.29, n.3, p.339-352, 2006.

EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO CULTIVO DE FEIJÃO-CAUPI SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Lucilene de Cássia Santos Fiel¹, Thaynara Fernandes Ramos², Thais de Nazaré Oliveira Novais³, Denilson Pontes Ferreira⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁵

¹Graduanda em agronomia, UFRA, Belém, Pará, lenefiel@hotmail.com; ²Graduanda em agronomia, UFRA, Belém, Pará, thaynara_ramos@yahoo.com.br; ³Graduanda em engenharia florestal, UFRA, Belém, Pará, thaisnovais4@gmail.com; ⁴Mestrando em agronomia, UFRA, Belém, Pará, pontes.agro@gmail.com; ⁵Prof. Dr. em agrometeorologia, UFRA, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma cultura de grande importância econômica e social para a população brasileira, pois é considerada uma fonte de renda alternativa e alimento básico para a população das regiões Norte e Nordeste do Brasil. O objetivo deste trabalho foi analisar a eficiência do uso da água com diferentes lâminas de irrigação no crescimento do feijão-caupi nas condições climáticas de Castanhal - Pará. O experimento foi conduzido na área experimental localizada na Fazenda Escola de Castanhal da Universidade Federal Rural da Amazônia. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, contendo 6 blocos e 4 tratamentos, que foram T1: 100%, T2: 50%, T3: 25% e T4: 0% da lâmina diária necessária para a cultura do caupi (ETc), os quais foram iniciados no período reprodutivo da cultura (R5), antes disso, no período vegetativo, o plantio recebeu irrigação sem distinção. A eficiência do uso da água (EUA) foi calculada pela razão entre a produção de grãos e a quantidade de água fornecida por cada tratamento. Os maiores valores de EUA foram 4,8 e 4,5 kg ha⁻¹ mm⁻¹ correspondentes a aplicação de 328,1 e 354,8 mm, para os anos de 2014 e 2016, respectivamente, gerando uma EUA média de 4,6 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para a cultivar BR3 Tracueteua.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata* L. Walp.; produtividade; restrição hídrica.

EFFICIENCY OF WATER USE IN THE BEANS-CAUPI CULTIVATION UNDER DIFFERENT IRRIGATION BLADES

ABSTRACT: The cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.), is a culture of great social and economic importance for the Brazilian population, since it is considered an alternative source of income and basic food for the population of the North and Northeast regions of Brazil. The objective of this work was to analyze the efficiency of water use with different irrigation slides in the growth of cowpea in the climatic conditions of Castanhal - Pará. The experiment was carried out in the experimental field located at the School Farm of Castanhal that belongs to the Federal Rural University of the Amazon. The experimental design was in randomized blocks, in which the experimental units consisted of 6 blocks, containing the following four treatments, T1: 100%, T2: 50%, T3: 25% e T4: 0% of daily necessary water blade for the cowpea culture (ETc), which started in the reproductive period of the crop (R5). Before that, during the vegetative period, the plantation received irrigation without distinction. The water use efficiency (WUE) was calculated between the total grain yield by the total water depth used in each treatment. The highest WUE values were 4.8 e 4.5 kg ha⁻¹ mm⁻¹, corresponds the application of the following water blades 328.1; e 354.8 mm, for the years 2014 and 2016, respectively. Thereby, the WUE achieved an average of 4.6 kg ha⁻¹ mm⁻¹ for the cultivar BR3 Tracueteua.

KEY-WORDS: *Vigna unguiculata* L. Walp.; productivity; water restriction.

INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma cultura de grande importância econômica e social para a população brasileira, pois é considerada uma fonte de renda alternativa e alimento básico para a população das regiões Norte e Nordeste do Brasil (CALVET et al., 2013). É uma cultura considerada bem adaptada às regiões tropicais e subtropicais. No entanto, a baixa produtividade de grãos ainda é um fator limitante para cultura, pois no Nordeste brasileiro além da sua produção ser realizada por agricultores familiares o qual possuem baixa tecnologia para o cultivo, esta produção também sofre grande oscilação devido ao déficit hídrico e irregularidades na distribuição das chuvas, o que contribui para a baixa produtividade média nacional (419 kg ha^{-1}) de feijão-caupi (EMBRAPA, 2016).

A região Norte do País possui uma produtividade média (764 kg ha^{-1}) maior que a nacional (EMBRAPA, 2016), a exemplo da cultivar BR3 Tracueteua que possui uma média de $1.316,8 \text{ kg ha}^{-1}$ (FREIRE FILHO, 2011), atingindo porém, baixos valores (171 kg ha^{-1}) quando submetidos a déficits hídricos moderados (NASCIMENTO et al., 2011). Desta forma, para aumentar a produtividade de grãos é necessário a obtenção de tecnologias como o manejo adequado da irrigação e, conhecer a eficiência do uso da água, sendo obtida pela relação entre a produtividade de grãos e a lâmina de irrigação aplicada (RAMOS et al., 2013). Com isso objetivou-se analisar a eficiência do uso da água para a produtividade do feijão-caupi em diferentes lâminas de irrigação nas condições climáticas de Castanhal - Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de condução do experimento envolveu a região Nordeste do Estado do Pará, em um sítio experimental nas dependências da Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia no Município de Castanhal, onde foram conduzidos dois experimentos. O campo experimental do 1º ficou localizado em uma área com 0,3 ha de plantio de feijão-caupi ($01^{\circ}17' \text{ S}$ e $47^{\circ}55' \text{ W}$, altitude 41 m) no período de 09/setembro a 11/novembro de 2014 e o 2º ficou localizado em uma área com 0,07 ha de plantio de feijão-caupi ($01^{\circ}17' \text{ S}$ e $47^{\circ}55' \text{ W}$, altitude 35 m) no período de 17/setembro a 18/novembro de 2016.

O solo foi preparado convencionalmente e a densidade de semeadura foi determinada pelo teste de germinação, apresentando espaçamento de 0,5 m entre linha e 0,1 m entre plantas. Com 10 dias após a semeadura (DAS) foi feito o desbaste deixando 10 plantas por metro linear, mantendo uma densidade de $200.000 \text{ plantas ha}^{-1}$, da cultivar BR3-Tracueteua. O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados com 6 blocos e quatro tratamentos, correspondentes à: T1 100% da lâmina da ETc; T2 50% da lâmina da ETc; T3 25% da lâmina da ETc e T4 0% da lâmina da ETc.

A lâmina média de irrigação foi determinada a partir do cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) e posteriormente multiplicado pelo coeficiente da cultura (kc) sugerido por Bastos et al. (2008) para a obtenção da evapotranspiração máxima da cultura (ETc). Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento com a mesma lâmina para todos os tratamentos até a fase V4 (Terceira folha trifoliolada aberta), para o estabelecimento e uniformização da cultura (NASCIMENTO et al., 2011). Posteriormente, na fase R5 (Primórdios do botão floral), deu-se início aos tratamentos.

As condições de tempo durante o experimento foram registradas por uma estação micrometeorológica automática instalada na área experimental equipada com sensores meteorológicos conectados a um datalogger (Campbell Scientific, Inc.) programado para fazer leituras a cada 10 segundos e registrando médias totais a cada 10 minutos.

A eficiência do uso da água foi determinada em função da produção de grãos do feijão-caupi, onde a $EUA_{PROD.}$ foi calculada pela razão entre a produção total de grãos e a lâmina total de água utilizada, em cada tratamento, com valores expressos em $kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$. A colheita foi realizada pelo método do m^2 , em que consistiu de uma armação de tubos de PVC com dimensões de 1m x 1m. As amostras foram feitas aleatoriamente com 3 repetições em cada unidade experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dois anos de realização do experimento, a análise de regressão para a produtividade de grãos ajustou-se a uma equação polinomial quadrática em resposta às diferentes lâminas analisadas, tal resposta foi similar àquela obtida por Andrade Junior et al. (2002) (BR 17 Gurguéia e BR 14 Mulato) e Ramos et al. (2013) (BRS Guariba e BRS Paraguaçu). Entretanto independentemente dos padrões ajustados, observa-se uma tendência natural de aumento na produtividade com a maior oferta hídrica (Figura 1A).

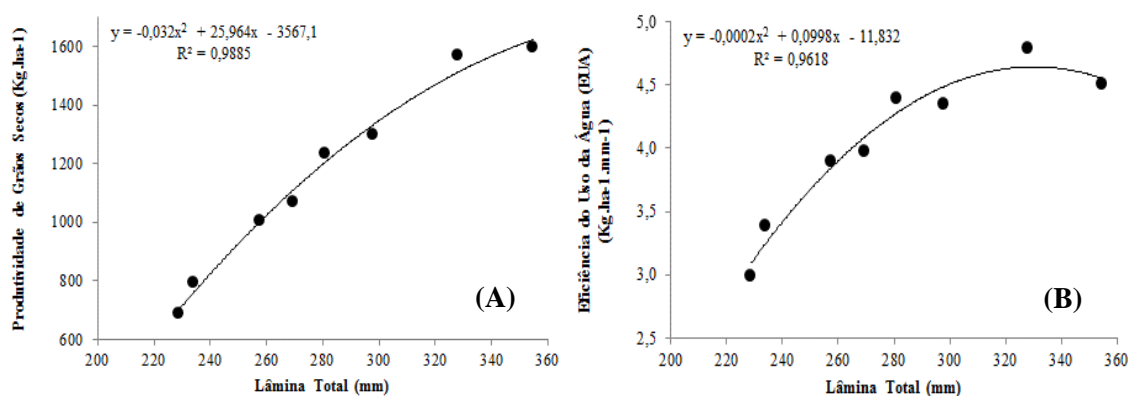


Figura 1: Produtividade de grãos secos (A) e Eficiência do uso da água (B), ambos em função das lâminas totais aplicadas nos tratamentos T1 100%, T2 50%, T3 25% e T4 0% da ETc nos anos de 2014 e 2016 (●), na área experimental da Fazenda Escola da UFRA, Castanhal-PA.

Constatou-se maiores rendimentos ($1.569,2$ e $1.596,5\ kg\ ha^{-1}$) em resposta ao tratamento T1 (100% da ETc) nos dois anos (Figura 1A), o qual proporcionou acréscimos de 49,5 e 57,1% na produção de grãos, respectivamente, em comparação aos rendimentos ($792,3$ e $684,3\ kg\ ha^{-1}$) obtidos no T4 (0% da ETc). Esses resultados são similares aos obtidos por Dutra et al. (2015) onde os componentes de produção das cultivares de feijão-caupi estudadas foram melhor expressas com lâminas de 100% da ET_o.

A eficiência do uso de água nos dois anos, para as máximas produtividades de grãos correspondeu à $4,8$ e $4,5\ kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$ e foram obtidas com a aplicação das lâminas de irrigação de $328,1$ e $354,8\ mm$, correspondente ao tratamento T1 (Figura 1B), as quais também proporcionaram a maior produção. Observou-se em média uma EUA de $4,6\ kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$, para cultivar BR3 Tracueteua.

Por outro lado, percebe-se uma provável tendência de redução na eficiência do uso da água para valores superiores à oferta hídrica correspondente ao tratamento T1.

Este padrão de redução foi também observado por Souza et al. (2011) ao submeterem o feijão-caupi a uma lâmina de 125% de ETo, sendo que a melhor eficiência no uso da água obtida pelos autores correspondeu à lâmina de 75% de ETo, as quais foram 3,13 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para o feijão-caupi cultivado de forma exclusiva (lâmina total de 421 mm), e 1,31 kg ha⁻¹ mm⁻¹ quando consorciado com o milho (lâmina total de 443 mm).

Percebe-se que o feijão-caupi reduz sua eficiência no uso da água quando submetido a limitação hídrica, indicando sua baixa tolerância à falta d'água (WU et al., 2008). Para o caso da cultivar utilizada neste trabalho, alguns resultados demonstraram que a mesma é intolerante ao déficit hídrico, em especial durante o estágio reprodutivo, com reduções significativas tanto na condutância estomática (SOUZA et al., 2017), como no potencial hídrico da folha e produção de assimilados (NASCIMENTO et al., 2011), o que justifica sua redução na eficiência do uso da água quando submetido a menor oferta hídrica.

CONCLUSÕES

As máximas eficiência do uso de água para as produtividades de grãos corresponderam à 4,8 e 4,5 kg ha⁻¹ mm⁻¹ e foram obtidas com a aplicação das lâminas de irrigação de 328,1 e 354,8 mm, para os anos de 2014 e 2016, respectivamente. Obtendo uma EUA média de 4,6 kg.ha⁻¹ mm⁻¹ para a cultivar BR3 Tracuateua.

AGRADECIMENTOS

Ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa através do projeto universal (processo nº 483402/2012-5) e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDRADE JUNIOR, A. S. et al. Níveis de irrigação na cultura do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 17-20, 2002.
- BASTOS, E. A et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no Vale do Guruguia, Piauí. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 82-90, 2008.
- CALVET, A. S. F. et al. crescimento e acumulação de solutos em feijão-de-corda irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 148-159, 2013.
- CARVALHO, H. P. et al. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 221-229, 2011.

DUTRA, A. F. et al. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 2, p. 189-197, 2015.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Home Page. Socioeconomia para arroz e feijão. 2016. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. 1ª ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2011. 84 p.

NASCIMENTO, S. P. et al. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 853–860, 2011.

RAMOS, H. M. M. et al. **Eficiência do uso da água e produtividade de grãos do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos**. Congresso Nacional de feijão-Caupi, III. Recife: IPA 2013.

SOUZA, P. J. de O. P. Biomass and leaf area production and yield of cowpea under water regimes in Castanhal, Pará. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, p. 748-759, 2017.

WU, F. et al. Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Sophora davidii* seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, p. 248-255, 2008.

CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE BACTÉRIAS ISOLADAS DE COROA DE FRADE (*MELOCACTUS* sp.) NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Gabiane dos Reis Antunes¹, João Marcos Rodrigues dos Santos², Thaise Rosa da Silva³, Beatriz Rodrigues Carvalho⁴, Paulo Ivan Fernandes Junior⁵

¹Doutoranda em Zootecnia UFC, Bolsista CAPES/Embrapa Semiárido, Petrolina/ PE, gabianeoot@gmail.com; ^{2,3,4} Graduação em Ciências Biológicas UPE, Estagiário Embrapa Semiárido, Petrolina/ PE, joaorodriguesestagio.embrapa@gmail.com; thaiserosa22@hotmail.com; bearccpe@outlook.com; Pesquisador Embrapa Semiárido, Petrolina/ PE, paulo.ivan@embrapa.br

RESUMO: Objetivou-se avaliar a produção de ácido indol-acético de bactérias, isoladas a partir da Coroa de frade (*Melocactus* sp.). Para as avaliações foram coletadas três amostras de raízes de Coroa de Frade (*Melocactus* sp.) de duas áreas diferentes. O isolamento das bactérias, as raízes foram lavadas e, desinfestadas. As amostras foram fragmentadas e diluídas, em meio semissólido BMGM e aqueles que desenvolveram película foram considerados positivos para determinação das populações de bactérias diazotróficas e foram purificadas em placas de Petri contendo meio Dyg's. Posteriormente foi realizada a caracterização bioquímica dos isolados, avaliando a produção do ácido indol-acético. Todos os 38 isolados foram capazes de produzir IAA "in vitro" na presença e ausência de L-triptofano. O isolado C1 produziu cerca de 53% a menos de ácido indol-acético, enquanto que nos resultados do isolado C39 a produção é cerca de 300% maior em relação a bactéria referência. No que diz respeito a ausência do precursor, o isolado C1 produziu cerca de 60% a menos de ácido indol-acético quando comparado a bactéria de referência (*Azospirillum*), já o isolado C39 produziu cerca de 250% a mais que a bactéria referência. Bactérias endofíticas isoladas de Coroa de Frade são capazes de produzir ácido indol-acético na presença e ausência de seu principal precursor.

PALAVRAS-CHAVE: Cactaceas, Ácido indol-3-acético, Fixação de Nitrogênio.

BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF ISOLATED BACTERIA OF FROG CROWN (*MELOCACTUS* sp.) IN THE SEMIÁRID PERNAMBUCANO

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the indole-acetic acid production of bacteria, isolated from the Crown of Friar (*Melocactus* sp.). For the evaluations, three samples of Crown of Frade (*Melocactus* sp.) Roots were collected from two different areas. Isolation of the bacteria, the roots were washed and disinfested. The samples were fragmented and diluted in BMGM semi-solid medium and those that developed film were considered positive for determination of the populations of diazotrophic bacteria and were purified in Petri dishes containing Dyg's medium. Subsequently, the biochemical characterization of the isolates was performed, evaluating the production of indole-acetic acid. All 38 isolates were able to produce "in vitro" IAA in the presence and absence of L-tryptophan. Isolate C1 produced about 53% less of indole-acetic acid, whereas when we observed the results of isolate C39 the production is about 300% greater relative to the reference bacterium. Regarding the absence of the precursor, isolate C1 produced about 60% less of indole-acetic acid when compared to the reference bacterium (*Azospirillum*), while isolate C39 produced about 250% more than the reference bacterium. Endophytic bacteria isolated from Crown of Frade are able to produce indole-acetic acid in the presence and absence of its main precursor.

KEY-WORDS: Cactaceous, Indole-3-acetic acid, Fixation of Nitrogen.

INTRODUÇÃO

A Caatinga apresenta uma vegetação heterogênea e ajustada às condições edafoclimáticas expostas pela região semiárida. No Semiárido nordestino, os vegetais e micro-organismos associados, apresentam alta resistência e são bastante adaptados aos períodos de aridez (KAVAMURA et al., 2013).

Observando a vasta importância desses micro-organismos tem-se estudado cada vez mais sobre essa interação existente entre planta/microrganismo, assim como suas ações sobre os solos, diversos estudos tem atuado para configurar cada vez mais esse processo e encontrar novos isolados, já que os mesmos possuem ampla relevância ecológica e econômica (MOREIRA, 2008). Um dos benefícios que esses micro-organismos promovem além da Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), é a produção de fitohormônios vegetais, tais como o ácido indol-acético (AIA) da classe das auxinas, fabricado no meristema apical das plantas, propiciando o crescimento de raízes e caules por meio do alongamento celular Centellas et al.(1999). A formação de auxinas também pode ser realizada por bactérias; que, quando agregadas com as plantas promovem o crescimento vegetal (PATTEN; GLICK et al., 1996). Por conseguinte, objetivou-se avaliar a produção de ácido indol-acético de bactérias, isoladas a partir da Coroa de frade (*Melocactus* sp.).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Caatinga pertencente a Embrapa Semiárido no Município de Petrolina-PE. Para as avaliações foram coletadas três amostras de raízes de Coroa de Frade (*Melocactus* sp.) de duas áreas diferentes, onde, cada unidade amostral foi composta por pelo menos três repetições. Para o isolamento das bactérias, as raízes foram lavadas, em seguida foram, desinfestadas. As amostras foram fragmentadas e em seguida alíquotas de 10 g foram trituradas com 90 mL de NaCl 0,85% (p/v) em um mini processador, em seguida, foram realizadas as diluições seriadas de 10^{-1} a 10^{-4} . Para cada uma das diluições, alíquotas de 0,1 mL, foram inoculadas em triplicata, em frascos de vidros de penicilina contendo 7 mL do meio BMGM semissólido (ESTRADA DE LOS SANTOS et al., 2001). Os frascos foram incubados a 28 °C, por dez dias, após esse período, aqueles que desenvolveram uma película microaerotáxica típica, foram reinoculados no mesmo meio de cultura e incubados por dez dias. Aqueles que desenvolveram película após esta segunda incubação foram considerados positivos para determinação das populações de bactérias diazotróficas, sendo assim utilizados para o isolamento das bactérias. Após a confirmação do aparecimento da película em meio semissólido, as bactérias foram purificadas em placas de Petri contendo meio Dyg's, para obter a quantificação de compostos indólicos para os 38 isolados selecionados, tendo *Azospirillum brasiliense* (Ab-V5) como bactéria de referência. A partir de um pré-inóculo, as bactérias foram inoculadas em 5 mL do meio líquido Dyg's com e sem suplementação com triptofano, e incubadas sob agitação constante durante sete dias (100 rpm). Após o período de crescimento a densidade ótica (DO) dos isolados foi avaliada em espectrofotômetro a 540 nm e ajustada para DO_{540} 0,3. Posteriormente alíquotas de 1 mL das culturas foram centrifugadas por 3 min a 6000g. Uma alíquota de 100 µL do sobrenadante foi adicionada em placa tipo elisa de 96 poços, em seguida adicionados 100µL de reagente Salkowski (2% de $FeCl_3$ 0,5M em 35% de ácido perclórico). Em seguida, foram incubados no escuro por 30 min e após este período, as amostras foram lidas em espectrofotômetro a 540 nm. Uma curva padrão foi previamente obtida de concentrações conhecidas de AIA sintético para estimativa de produção de compostos indólicos pelos isolados bacterianos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de

variância e comparação de médias por meio do teste de Scott-Knott com significância de ($p > 0,05\%$) utilizando-se o programa Sisvar 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os 38 isolados de Coroa de frade (*Melocactus sp.*), produziram ácido indol-acético (AIA) na presença e na ausência do L-triptofano, como suplementação do meio de cultura (Figura 1). Houve diferença estatística entre os isolados submetidos ao L-triptofano ($p > 0,05\%$). Ao analisarmos a Figura 1, pode-se observar que valores de AIA na presença do L-triptofano variaram entre $47,07 \mu\text{g mL}^{-1}$ no isolado C1 a $485,56 \mu\text{g mL}^{-1}$ no isolado C39. Ao compararmos os resultados com a bactéria referência (*Azospirillum*), observa-se que o isolado C1 produziu cerca de 53% a menos de ácido indol-acético, enquanto que observamos os resultados do isolado C39 a produção é cerca de 300% maior em relação a bactéria referência. Os isolados C27 e C30 produziram basicamente a mesma quantidade de AIA.

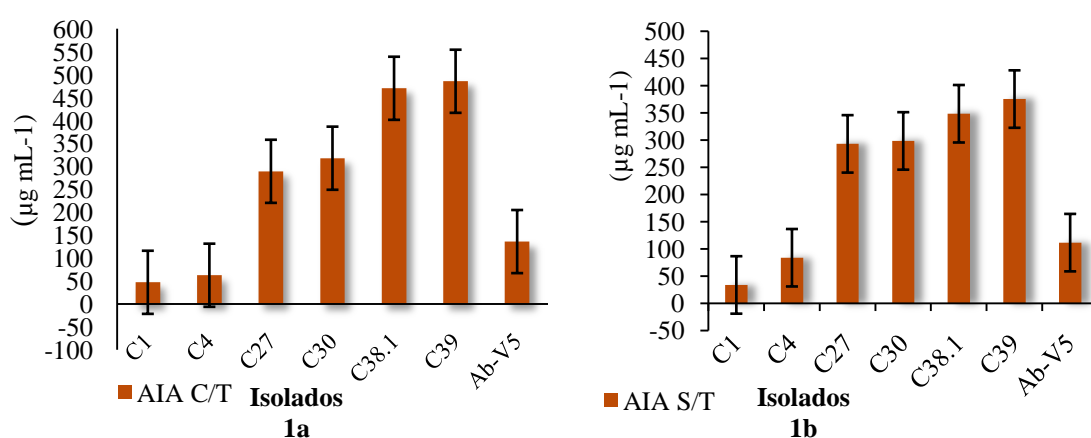


Figura 1a. Produção de ácido indol-acético com suplementação de L-Triptofano. **Figura 1b.** Produção de ácido indol-acético sem suplementação de L-Triptofano de isolados de Coroa de Frade (*Melocactus sp.*). Barras com Erro padrão.

Na figura 2, podemos observar que o isolado C1 na ausência do L-triptofano produziu cerca de 60% a menos de ácido indol-acético quando comparado a bactéria de referência (*Azospirillum*), já o isolado C39 produziu cerca de 250% a mais que a bactéria referência. Para os isolados C27 e C30 verificou-se que a produção de ácido indol-acético (AIA) foi basicamente igual girando em torno de $280 \mu\text{g mL}^{-1}$. Nas duas variáveis analisadas, os isolados C1 e C39 obtiveram as menores e maiores produções, respectivamente. Todos os isolados testados produziram AIA, porém os valores encontrados foram superiores ao encontrados por Mascarua-Esparza et al. (1988) que variaram entre $28,54$ a $97,03 \mu\text{M}$ em isolados de *A. lipoferum* originários de plantas cactáceas no México. Antunes (2016) isolando bactérias diazotróficas endofíticas de Palma forrageira obtiveram elevadas produções de AIA, superiores ao isolado comercial, com os valores variando entre 61 e $132,79 \mu\text{g/mL}$. Os micro-organismos podem ser isolados da região da rizosfera de várias culturas, a capacidade de produzir ácido indol acético como metabólito secundário pode estar ligado ao elevado suprimento de substratos. O ácido indol-acético está diretamente relacionado na produção de raízes mais longas, com maior número de pêlos radiculares e raízes radiculares, sendo responsáveis na absorção de nutrientes (Datta e Basu, 2000). O AIA estimula o alongamento celular, modificando certas condições como, aumento da osmose, conteúdo celular e aumento da permeabilidade da água na planta. Além disso,

inibe ou atrasa a abscisão das folhas, e induzem a floração e a frutificação (ZHAO, 2010).

De acordo com Spaepen et al. (2007), a biossíntese de auxinas por bactérias ocorre em diferentes rotas metabólicas, sendo o triptofano o principal precursor para síntese de AIA. Todos os isolados sintetizaram AIA tanto pela via dependente quanto por via independente de L-triptofano. Grande parte apresentou maiores valores quando na presença do aminoácido. Dessa forma, bactérias que produzem elevadas concentrações de AIA, podem ser utilizadas em futuros ensaios com inoculação em espécies vegetais.

CONCLUSÕES

Nas condições do Semiárido Nordeste bactérias isoladas da Coroa de Frade são capazes de produzir ácido indol-acético na presença e ausência de seu principal precursor.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, G. R. **Diversidade e eficiência na promoção do crescimento vegetal por bactérias isoladas de plantas forrageiras do Semiárido**. Petrolina, UNIVASF, 2016. 92p. (Dissertação de Mestrado).
- CENTELLAS, A. Q.; FORTES, G. R. L.; MÜLLER, N. T. G.; ZANOL, G. C.; FLORES, R.; GOTTINARI, R. A. Efeito de auxinas sintéticas no enraizamento *in vitro* da macieira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 181-186, fev. 1999.
- DATTA, C.; BASU, P. Indole acetic acid production by a Rhizobium species from root nodules of a leguminous shrub *Cajanus cajan*. **Microbiol. Res.** 155, 123-127, 2000.
- ESTRADA DE LOS SANTOS, P.; BUSTILLOS-CRISTALES, R.; ABALLEROMELLADO, J. Burkholderia a genus rich in plant-associated nitrogen fixers with wide environmental and geographic distribution. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, p.2790-798, 2001.
- KAVAMURA, V.N.; SANTOS, S.N.; SILVA, J.L.; PARMA, M.M.; ÁVILA, L.A.; VISCONTIA, A.; ZUCHI, T.D.; TAKETANI, R.G.; ANDREOTE, F.D.; MELO, A. I.S. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. **Microbiological Research** 168 p.183–191. 2013.
- MASCARUA ESPARZA, M.A. ; VILLA GONZALEZ, R.; CABALLERO MELLADO, J. Acetylene reduction and indoleacetic acid production by Azospirillum isolates from Cactaceous plants. **Plant Soil**, v. 106, n. 1, p. 91-95, 1988.
- MOREIRA, F. M. S. **Bactérias fixadoras de nitrogênio que nodulam leguminosas**. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed). Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Lavras: UFLA, 2008. 768p.; P.13-42.
- SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. & REMANS, R. Indole- 3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. **FEMS Microbiol. Rev.**, 31:425-448, 2007.
- PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. **Canadian Journal of Microbiology**, Vancouver, v. 42, n. 3, p. 207-220, mar. 1996.
- ZHAO, Y.D. Auxin biosynthesis and its role in plant development. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v61, p.49-64, 2010.

FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO *IN VITRO* DE ISOLADOS DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Gabiane dos Reis Antunes¹, João Marcos Rodrigues dos Santos², Gherman Garcia Leal de Araújo³, Tadeu Vinhas Voltolini⁴, Paulo Ivan Fernandes Júnior⁵

¹Doutoranda em Zootecnia UFC, Bolsista CAPES/Embrapa Semiárido, Petrolina/PE, gabiane.zoot@gmail.com; ²Graduação em Ciências Biológicas UPE, Estagiário Embrapa Semiárido Petrolina/ PE, joaorodriguesestagio.embrapa@gmail.com; ^{3,4,5} Pesquisador Embrapa Semiárido, Petrolina/ PE, gherman.araujo@embrapa.br/ Tadeu.voltolini@embrapa.br/ Paulo.ivan@embrapa.br

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi avaliar a capacidade de fixação de nitrogênio *in vitro* de isolados de capim buffel e sorgo forrageiro, plantas naturalmente adaptadas às condições do Semiárido Brasileiro. Bactérias foram isoladas em meio BMGM semi-sólido, e depois da presença da película microaerotáxica, as colônias foram purificadas em meio sólido Dygs. Para avaliação da fixação de nitrogênio, foram inoculadas em frascos contendo 10 mL de meio BMGM semi-sólido em triplicatas e incubados a temperatura ambiente por cinco dias. Após o crescimento bacteriano com a formação da película característica, as amostras foram homogeneizadas manualmente e foram congeladas a (-20°C), por 24 horas. Após esse processo, os tubos foram aquecidos em micro-ondas. Da solução resultante (meio + conteúdo celular) foram utilizados 5 mL em tubos de ensaio para digestão pelo método semi-micro *Kjedahl*. As produções de N variaram de 10,93 (bactéria de referência) à 90g/mL de N no isolado B17 (*Bacillus*). O maior número de isolados e com maior produção de N, foram os isolados de capim buffel, com produção média de 66,87 g/mL. Comparando com a bactéria de referência (BR11417), a fixação de nitrogênio via FBN proporcionados pelos isolados do capim buffel e sorgo forrageiro podem chegar à seis vezes mais. Bactérias isoladas de gramíneas forrageiras nas condições do Semiárido são capazes de fixar nitrogênio *in vitro* via FBN, com incrementos de 600%.

PALAVRAS-CHAVE: Capim buffel; Sorgo forrageiro; FBN.

FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO *IN VITRO* DE ISOLADOS DE GRAMINEAS FORRAGEIRAS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

ABSTRACT: The objective of the present study was to evaluate the *in vitro* nitrogen fixation capacity of buffel grass and forage sorghum isolates, plants naturally adapted to Brazilian semi - arid conditions. Bacteria were isolated in semi-solid BMGM medium, and after the presence of the microaerotactic film, the colonies were purified on Dygs solid media. To evaluate the nitrogen fixation, they were inoculated in flasks containing 10 mL of semi-solid BMGM medium in triplicates and incubated at room temperature for five days. After bacterial growth with characteristic film formation, the samples were homogenized manually and frozen at (-20 °C) for 24 hours. After this process, the tubes were heated in microwave. From the resulting solution (medium + cell contents) 5 mL were used in assay tubes for digestion by the *Kjedahl* semi-micro method. N yields ranged from 10.93 (reference bacteria) to 90g / mL N in isolate B17 (*Bacillus*). The largest number of isolates and with higher N production were buffel grass isolates, with a mean production of 66.87 g / mL. Comparing with the reference bacterium (BR11417), the nitrogen fixation via BNF provided by buffel grass and forage sorghum isolates can reach six times as much. Bacteria isolated from forage grasses under semi-arid conditions are able to fix nitrogen *in vitro* via BNF, with 600% increments.

KEY-WORDS: Grass buffel; Forage sorghum; BNF.

INTRODUÇÃO

Na região Semiárida, a pecuária é praticada principalmente, de modo extensivo, sendo baseada na exploração das pastagens nativas e/ou introduzidas, resultando em baixo rendimento produtivo dos rebanhos caprinos, ovinos e bovinos (SOUSA e ARAÚJO FILHO, 2001). A produção agrícola nessas regiões caracteriza-se principalmente pela agricultura de sequeiro e pela pecuária extensiva, condição que acaba dificultando o desenvolvimento de pastagens nessa região (ALVES et al., 2014).

Outra limitação que agrava ainda mais esse problema, é a deficiência no manejo, principalmente no que diz respeito à fertilização das pastagens. O nitrogênio (N) é o nutriente mais importante para o crescimento produtividade. Embora, haja cerca de 78% de N₂ na atmosfera, ele está disponível para as plantas em crescimento. A FBN representa 2/3 de todo o nitrogênio fixado no mundo, enquanto que o restante é sintetizado industrialmente pelo processo de Haber-Bosch (RUBIO; LUDDEN, 2008).

A FBN representa além de um benefício econômico, uma alternativa ambientalmente saudável e sustentável para o uso dos fertilizantes químicos. Diante disso, objetivou-se com esse estudo, a avaliação da capacidade de fixação de nitrogênio *in vitro* de isolados de hospedeiros naturalmente adaptados às condições do Semiárido Brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas do campo, plantas adultas e saudáveis de Capim Buffel e Sorgo Forrageiro. As amostras foram coletadas de dois pontos distintos, em cada ponto de amostragem foram obtidas amostras compostas da planta inteira (parte aérea + raiz), cada amostra composta era formada por três amostras simples (uma planta), totalizando três repetições por área para cada espécie forrageira. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para o laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Semiárido e armazenadas em câmara fria até o processamento do material.

Para o isolamento das bactérias, somente as raízes foram avaliadas, estas foram lavadas superficialmente em água corrente, secas com papel toalha e, desinfestadas superficialmente por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 1% (v/v) por 10 minutos. Posteriormente foram lavadas abundantemente com água destilada e autoclavada. As amostras foram fragmentadas e em seguida alíquotas de 10 g foram trituradas com 90 mL de NaCl 0,85% (p/v) em um miniprocessador previamente desinfestado. Posteriormente, foram realizadas as diluições seriadas de 10⁻¹ a 10⁻⁴. Para cada uma das diluições, alíquotas de 0,1 mL, foram inoculadas em triplicata, em frascos de vidros de penicilina contendo 7 mL do meio BMGM (glicose, manitol e ácido málico) semissólido (ESTRADA DE LOS SANTOS et al., 2001). Os frascos foram incubados a 28 °C, por dez dias, após esse período, aqueles que desenvolveram uma película microaerotóxica típica (próxima da superfície do meio de cultura) foram separadas em sua diluição menos concentrada, reinoculados no mesmo meio de cultura e incubados por dez dias. Aqueles que desenvolveram película após esta segunda incubação, foram purificadas em placas de Petri contendo meio Dyg's (RODRIGUES NETO et al., 1986). Após a obtenção das culturas puras as bactérias foram reinoculadas em meio BMGM semissólido para a confirmação da capacidade de fixação do nitrogênio em condições assimbióticas. Os frascos que continuaram a desenvolver a película foram reinoculados em placas de Petri contendo meio Dygs sólido.

Para avaliação o potencial para a FBN as bactérias foram crescidas em tubos de ensaio contendo 5 mL de meio Dyg's líquido por 48 h em mesa agitadora a 10.000 RPM. Após o crescimento a DO_{600} foi ajustada para 0,5 em espectrofotômetro (aproximadamente 10^8 UFC mL⁻¹). Uma alíquota de 100 µL de cada caldo de cultivo com a DO ajustada para os isolados e duas bactérias de referência conhecido (Ab-V5 e BR11417), foram inoculadas em frascos contendo 10 mL de meio BMGM semissólido em triplicatas e incubados a temperatura ambiente por cinco dias. Após o crescimento bacteriano com a formação da película característica da fixação do N *in vitro* em condições microaerofílicas, as amostras foram homogeneizadas manualmente e foram congeladas a (-20°C), por 24 horas. Após esse processo, os tubos foram aquecidos em micro-ondas por 1 minuto. Da solução resultante (meio + conteúdo celular) foram utilizados 5 mL em tubos de ensaio para digestão pelo método semi-micro Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença estatística entre os isolados, as produções de N *in vitro* variaram de 10,93 (bactéria de referência) à 90g/mL de N no isolado B17 (*Bacillus*). A capacidade da incorporação de N no meio de cultura via FBN, predominaram os gêneros *Bacillus* e *Stenotrophomonas*, como maiores fixadores de N (Tabela 1). Comparando entre espécies vegetais, os com maior produção de N, foram os isolados de capim buffel, com produção média de 66,87 g/mL. Comparando com a bactéria de referência (BR11417), a fixação de nitrogênio via FBN proporcionados pelos isolados do capim buffel e sorgo forrageiro podem chegar à seis vezes mais.

Tabela 1. Capacidade de fixação de nitrogênio *in vitro* de isolados de raízes de Sorgo forrageiro e Capim Buffel

Isolados	Hospedeiro	Gênero	N (g/mL)
B13	C. Buffel	<i>Bacillus</i>	53,0 ^a
B17	C. Buffel	<i>Bacillus</i>	90,0 ^a
B10	C. Buffel	<i>Rhizobium</i>	83,0 ^a
B12	C. Buffel	<i>Stenotrophomonas</i>	63,0 ^a
B11	C. Buffel	<i>Rhizobium</i>	83,0 ^a
B14A	C. Buffel	<i>Cellulomonas</i>	40,0 ^b
B22	C. Buffel	<i>Stenotrophomonas</i>	60,0 ^a
B27	C. Buffel	<i>Stenotrophomonas</i>	63,0 ^a
S3	Sorgo	<i>Bacillus</i>	80,0 ^a
S31	Sorgo	<i>Bacillus</i>	50,0 ^a
S29	Sorgo	<i>Rhizobium</i>	83,0 ^a
S10	Sorgo	<i>Pseudomonas</i>	70,0 ^a
S23	Sorgo	<i>Stenotrophomonas</i>	76,0 ^a
S19	Sorgo	<i>Stenotrophomonas</i>	66,0 ^a
S8	Sorgo	<i>Rhizobium</i>	50,0 ^a
S14	Sorgo	<i>Bacillus</i>	70,0 ^a
Ab-V5	***	<i>Azospirillum</i>	66,0 ^a
BR11417	***	<i>Herbaspirillum</i>	10,93 ^c

*** Bactérias comerciais

Comprovando o potencial de *Bacillus* sp. sobre o crescimento vegetal, Rana et al. (2012) avaliaram o consórcio bacteriano de *Bacillus* sp. com o trigo, sobre a fixação

de N, e observaram um aprimoramento de 14-34% nos parâmetros biométricos da planta e 28-60% no teor de micronutrientes em relação ao controle. Juntamente com os hormônios, o N é um importante modulador da arquitetura das raízes. Assim, o N poderia participar e, possivelmente, integrar diferentes etapas envolvidas na criação de uma associação benéfica e bem-sucedida desempenhando um papel fundamental na determinação da eficiência da interação planta-bactéria (CARVALHO et al. 2014).

Em razão de sua capacidade de sobreviver em ambientes deficientes em nitrogênio, as bactérias diazotróficas podem enriquecer seletivamente a rizosfera, local em que habitam como organismos de vida livre ou estão associadas assimbioticamente a plantas (Dobbelaere et al., 2003). O meio de cultura BMGM utilizado no presente estudo, foi elaborado com ausência de uma fonte nitrogenada, além disso, a condição de semi-sólido cria um ambiente com baixo nível de oxigênio, visto que a enzima nitrogenase é sensível, tornando o meio de cultura, um microambiente semelhante ao que ocorre no solo ou na planta, onde está localizada a maior densidade de bactérias diazotróficas microaerofílicas associadas a raízes.

A FBN pelas bactérias associadas a raízes de gramíneas pode ser importante nas condições encontradas no Semiárido, uma vez que o fornecimento de N via FBN pode melhorar a produtividade e o valor nutritivo dessas forrageiras, e assim, em longo prazo, contribuir para o desenvolvimento socioeconômico da região através da diminuição dos custos de produção.

CONCLUSÕES

Bactérias isoladas de gramíneas forrageiras nas condições do Semiárido são capazes de fixar nitrogênio *in vitro* via FBN, com incrementos de 600% em relação a isolados utilizados comercialmente.

REFERÊNCIAS

ALVES, F.G.S.; FELIX, B.A.; PEIXOTO, M.S.M.; SANTOS, P.M.; COSTA, R.B.; SALES, R.O. Considerações sobre manejo de pastagens na região semiárida do Brasil: Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. v. 08, n. 4, p. 259-284, out-dez, 2014.

CARVALHO, M.A.C.; YAMASHITA, O.M.; SILVA, A.F. Cultivares de alface em diferentes ambientes de cultivo e adubos orgânicos no norte mato-grossense. **Multítemas**, Campo Grande, v.45, n.1, p.47- 59, 2014.

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.22, p.107-149, 2003.

ESTRADA DE LOS SANTOS, P.; BUSTILLOS-CRISTALES, R.; ABALLEROMELLADO, J. Burkholderia a genus rich in plant-associated nitrogen fixers with wide environmental and geographic distribution. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, p.2790-798, 2001.

RANA A, SAHARAN B, JOSHI M, PRASANNA R, KUMAR K, NAIN L. Identification of multi-trait PGPR isolates and evaluating their potential as inoculants for wheat. **Ann Microbiol**. 2012;4:893–900.

RODRIGUES NETO, J.; MALAVOLTA JÚNIOR, V.A.; VICTOR, O. Meio simples para isolamento e cultivo de *Xantomonas campestris* pv. *citri* tipo B. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 12, p. 16, 1986.

RUBIO, L.M., LUDDEN, P.W., 2008. Biosynthesis of the iron-molybdenum cofactor of nitrogenase. *Annu. Rev. Microbiol.* 62, 93– 111.

SOUSA, F.B.; ARAÚJO FILHO, J.A. **Avaliação e seleção de forrageiras nativas e exóticas para o Semiárido brasileiro.** Sobral: Embrapa Caprinos, 2001. 12p.(Embrapa Caprinos. Circular Técnica, 23).

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Boletim Técnico nº 5, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Porto Alegre, 1995. 174 p.

RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA DO GIRASSOL SUBMETIDO A DÉFICIT HÍDRICO

Fábio Miguel Knapp¹, Sidinei Zwick Radons², Guilherme Massaro Araujo³, Felipe Puff Dapper⁴, Fagner Augusto Rontani⁵

¹Mestrando em agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, fabio.knapp@hotmail.com; ² Professor adjunto, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS, sidineiradons@gmail.com; ³ Graduando em Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS, guilhermearaujo93@hotmail.com; ⁴ Graduando em Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS, felipe-dapper@hotmail.com; ⁵ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS fagner_rontani@outlook.com

RESUMO: O recurso hídrico é um fator muito limitante para o crescimento e desenvolvimento, podendo afetar as plantas durante os estágios vegetativos e reprodutivo, o efeito do déficit hídrico em um primeiro momento causam redução do potencial hídrico e desidratação celular, e em um segundo momento causa a redução da expansão celular e foliar, redução das atividades celulares e metabólicas, redução fotossintética e fechamento dos estômatos, sobre o qual carecem estudos, especialmente na cultura do girassol. Assim sendo, avaliou-se os efeitos do déficit hídrico na resistência estomática do girassol, por meio de um ensaio que foi realizado na casa de vegetação da área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições. O tratamento contou com cinco níveis, sendo eles o suprimento de 120%, 100%, 80%, 60% e 40% da evapotranspiração diária. Sendo assim, o experimento foi composto por 20 unidades experimentais. Foram determinados, os valores de resistência e condutância estomática em um momento do ciclo da cultura. As medidas foram realizadas em dia límpido e repetidas nos horários das 7h, 10h, 13h, 16h e 19h de modo a representar o comportamento dessas variáveis ao longo de todo o período diurno, Após a tabulação dos dados, foi procedida à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e análise de regressão, no qual foi constatado uma maior resistência estomática quando maior o déficit hídrico e na parte adaxial da folha foi constatado maior resistência.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse hídrico, fotossíntese, *Helianthus annuus*.

RESISTANCE OF THE SUNFLOWER SUBMITTED TO WATER DEFICIT

ABSTRACT: The water resource is a very limiting factor for the growth and development, being able to affect the plants during the vegetative and reproductive stages, the effect of the water deficit in the first moment causes reduction of the water potential and cellular dehydration, and in a second moment causes the Reduction of cellular and foliar expansion, reduction of cellular and metabolic activities, photosynthetic reduction and closure of the stomata, on which studies are needed, especially in the sunflower crop. Thus, the effects of the water deficit on the stomatal resistance of the sunflower were evaluated by means of an experiment that was carried out in the greenhouse of the Experimental Area of Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus Cerro Largo*. The experimental design was completely randomized, with 4 replicates. The treatment had five levels, being the supply of 120%, 100%, 80%, 60% and 40% of the daily evapotranspiration. Thus, the experiment was composed of 20 experimental units. The values of resistance and stomatal conductance were determined

at one point in the culture cycle. The measurements were performed on a clear day and repeated at 7h, 10h, 13h, 16h, and 19h, in order to represent the behavior of these variables throughout the daytime period. After tabulation of the data, we performed the analysis of variance (ANOVA) by the F test and regression analysis, in which a greater stomatal resistance was observed when the water deficit was higher and in the adaxial part of the leaf greater resistance was observed.

KEY-WORDS: *Helianthus annuus*, photosynthesis, water stress.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus*) é uma planta oleaginosa da família Asteraceae, que vêm ganhando importância gradual no mercado agrícola brasileiro e mundial. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014), a produção brasileira de girassol passou de 49 mil toneladas na safra 1998/1999, para uma estimativa de 195,2 mil toneladas em 2013/2014, um crescimento que representa 298% em 15 anos. A maior parte desse aumento é devido à expansão em área e uma menor parcela se deve ao aumento da produtividade.

Segundo Gazzola, et. al. (2012) o girassol não apresenta uma regulação adequada no consumo de água. Esse fato se dá pela baixa resistência estomática causada pelo limbo foliar com grandes números de estômatos e de grandes dimensões, trazendo uma baixa eficiência no uso da água. Com isso, cada litro de água extraído do solo agrega em torno de 2 g de massa seca. O consumo de água varia durante as fases de desenvolvimento, atingindo valores entre 0,5 e 0,7 mm dia⁻¹ e pode chegar de 6 a 8 mm dia⁻¹ durante a floração e, em alguns casos, ultrapassa os 10 mm dia⁻¹, o que, em resultados finais, acaba variando de 600 a 1000 litros por ciclo, dependendo de condições ambientais do material genético implantado. Porém, o volume de 400 a 600 mm de água bem distribuídos durante o ciclo podem trazer rendimentos muito próximos ao potencial máximo da cultivar.

Segundo Melo et al. (2010) a resistência estomática é um parâmetro a ser estudado pois reflete sobre a eficiência fotossintética da planta sobre condições hídricas adversas. Com isto objetivou-se avaliar os efeitos do déficit hídrico na resistência estomática do girassol.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, em uma casa de vegetação, localizada cerca de 500m à oeste do Bloco “A” da universidade (latitude: 27°08’ S; longitude: 54°45’ O; altitude:258m).

Consoante a classificação climática de Köppen, o clima da região caracteriza-se por ser Cfa, isto é, subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida (MORENO, 1961).

Ao longo do experimento, os dados meteorológicos foram monitorados a partir de uma estação meteorológica manual, pertencente a marca Devis, modelo Vantage Pro 2, estando aproximadamente 400m da casa de vegetação.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições. Sendo o tratamento composto por 5 níveis de suprimento, onde seus valores foram de 120%, 100%, 80%, 60% e 40% da evapotranspiração diária calculada a partir dos dados da estação e feita por meio da irrigação manual. Sendo assim o experimento contou com 20 unidades experimentais.

Cada unidade experimental era composta por um vaso com capacidade para 11 litros de substrato.

Aos 35 e 62 dias após a emergência, foram realizadas duas fertirrigações para suprir a necessidade nutricional das plantas, havendo análise química do substrato comercial o qual foi misturado com solo em uma porção de 7/3. A partir desse pressuposto a interpretação foi realizada utilizando-se o manual de química e fertilidade do solo para os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, calculando-se apenas a dose de exportação da cultura, sendo que está dose foi dividida em duas vezes.

Foram realizadas observações fenológicas, de ocorrência das fases de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, seguindo a escala proposta por Schneiter e Miller (1981).

Quando da ocorrência do estágio vegetativo denominado V10 (10 pares de folhas visíveis), foi determinado os valores de resistência e condutância estomática de folhas nas porções superior e inferior do dossel vegetativo da cultura, em todas as unidades experimentais. Estas observações foram realizadas utilizando um porômetro, marca ΔT , modelo AP4, disponível na instituição. As medidas foram realizadas em dia límpido e repetidas nos horários das 7h, 10h, 13h, 16h e 19h de modo a representar o comportamento dessas variáveis ao longo de todo o período diurno.

Após a tabulação do dados, foi procedida a análise de variância (ANOVA) pelo teste F, e os dados foram submetidos a análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ressalta-se o aumento da resistência estomática quanto a diminuição do suprimento de água de 120% para 40% da evapotranspiração da cultura, no qual verificou-se um aumento de 105% na resistência estomática na face abaxial da folha (FIGURA 1 A), e de 114% na face adaxial da folha (FIGURA 1B), sendo elas representadas por equação linear e polinomial respectivamente. Os resultados corroboram com os encontrados por Melo et al. (2010), que verificaram uma redução na resistência estomática quando aumentado o suprimento de água.

Segundo Taiz et al. (2017), sob um déficit hídrico, as plantas podem sofrer alguma alteração morfológica, bioquímica ou fisiológica, que promove o fechamento dos estômatos. A planta tem no controle estomático uma importante ferramenta fisiológica que à auxilia na limitação de perda de água para o ambiente, que, reduz as trocas gasosas para o ambiente, devido a algum fator de estresse, como é o caso da condição hídrica. (PAIVA, *et al.*, 2005).

Para as plantas o recurso hídrico é o fator mais limitante, podendo afetar as plantas durante os estágios vegetativos e reprodutivo, o efeito do déficit hídrico em um primeiro momento causa redução do potencial hídrico e desidratação celular, e em um segundo momento causa a redução da expansão celular e foliar, redução das atividades celulares e metabólicas, fechamento dos estômatos, inibição fotossintética entre outras efeitos consequentes destes (TAIZ et al. 2017).

A partir da análise dos resultados verificou-se uma maior resistência estomática na face adaxial da folha (FIGURA 1B), em referência a face abaxial (FIGURA 1A), esse fato pode ser explicado pela maior concentração de estômatos na face abaxial da folha (TAIZ et al. 2017).

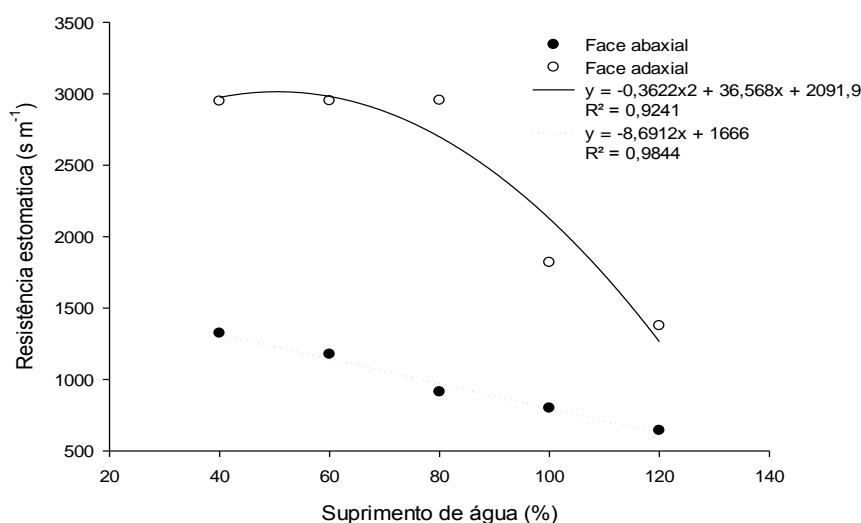


Figura 4: Resistência estomática da face Abaxial e da face adaxial da cultura do girassol sob diferentes déficit hídricos determinados pela evapotranspiração, onde: 120 representa o suprimento de 120% de água estimada pela ETC; 100 representa o suprimento de 100% de água estimada pela ETC; 80 representa o suprimento de 80% de água estimada pela ETC; 60 representa o suprimento de 60% de água estimada pela ETC; 40 representa o suprimento de 40% de água estimada pela ETC;

CONCLUSÕES

A partir dos resultados conclui-se que a resistência estomática está diretamente ligada a disponibilidade hídrica, sendo constatada menor resistência estomática nos maiores suprimentos de água.

AGRADECIMENTOS

A FAPERGS pela bolsa de iniciação científica concedida, e a Universidade Federal da Fronteira Sul, por todo suporte fornecido para que o estudo fosse desenvolvido.

REFERÊNCIAS

- CONAB. **Séries Históricas Relativas às Safras 1976/77 a 2015/16 de Área Plantada, Produtividade e Produção.** 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 02.abr.2016.
- GAZZOLA, A. et. al., **A cultura do Girassol.** ESALQ Piracicaba São Paulo jun. 2012.
- PAIVA, A. S. et al. **Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação.** Revista Engenharia. Agrícola. vol. 25, n.1, Jaboticabal, SP. 2005.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia. 1961, 61p.
- SCHNEITER, A. A.; MILLER, J.F. **Description of sunflower growth stages.** Crop Science. v.21, n.6, p.901-903, 1981.
- TAIZ, L.; et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal.** 6ª. Ed. Porto Alegre Artmed, 2017.
- MELO A. S. et al. **Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água níveis de água.** Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

PARTIÇÃO DE BIOMASSA DO FEIJÃO-CAUPI SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO, CASTANHAL-PA

Lucilene de Cássia Santos Fiel¹, Thaynara Fernandes Ramos², Bruna Souza da Costa³,
Thais de Nazaré Oliveira Novais⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁵

¹Graduanda em agronomia, UFRA, Belém, Pará, lenefiel@hotmail.com; ²Graduanda em agronomia, UFRA, Belém, Pará, thaynara_ramos@yahoo.com.br; ³Graduanda em agronomia, UFRA, Belém, Pará, brunasouzacosta@outlook.com.br; ⁴Graduanda em engenharia florestal, UFRA, Belém, Pará, thaisnovais4@gmail.com; ⁵Professor e Doutor em agrometeorologia, UFRA, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br.

RESUMO: O caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), também conhecido como feijão macassar, feijão fradinho ou feijão-de-corda, tem grande importância na alimentação básica da população brasileira, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, sendo um gerador de emprego e renda para as famílias mais carentes desta região. O objetivo deste trabalho foi analisar a partição de biomassa feijão-caupi em diferentes lâminas de irrigação nas condições climáticas de Castanhal - Pará. O experimento foi conduzido na área experimental localizada na Fazenda Escola de Castanhal da Universidade Federal Rural da Amazônia. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, contendo 6 blocos e 4 tratamentos, que foram T1: 100%, T2: 50%, T3: 25% e T4: 0% da lâmina diária necessária para a cultura do caupi (ETC), os quais foram iniciados no período reprodutivo da cultura (R5), antes disso, no período vegetativo, o plantio recebeu irrigação sem distinção. A análise de crescimento foi feita por meio de amostras representativas de cada estágio fenológico, foram selecionadas três plantas aleatoriamente por unidade experimental, tais amostras foram separadas em folhas, hastes (caule, pecíolo e pedúnculo) e legumes (vagem e grão). A partição de biomassa foi influenciada negativamente pela redução das lâminas de irrigação. Para a produção de matéria seca o caupi necessita de 50% da reposição da ETC.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata* L. Walp.; Matéria seca; Restrição hídrica.

BIOMASS PARTITION OF COWPEA UNDER DIFFERENT IRRIGATION BLADES, CASTANHAL-PA

ABSTRACT: Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.), also known as macassar bean, fradinho bean or string bean, has great importance in the basic diet of the Brazilian population, mainly in the North and Northeast regions, being a generator of employment and income for the families in this region. The objective of this work was to analyze the biomass of cowpea biomass in different irrigation slides in the climatic conditions of Castanhal - Pará. The experiment was carried out in the experimental field located at the School Farm of Castanhal that belongs to the Federal Rural University of the Amazon. The experimental design was in randomized blocks, in which the experimental units consisted of 6 blocks, containing the following four treatments, T1: 100%, T2: 50%, T3: 25% e T4: 0% of daily necessary water blade for the cowpea culture (ETC), which started in the reproductive period of the crop (R5). Before that, during the vegetative period, the plantation received irrigation without distinction. The growth analysis was done by means of representative samples of each phenological stage. Three plants were randomly selected per experimental unit. These samples were separated into leaves, stems (stalk, petiole and peduncle) and vegetables (pod and grain). The biomass partition was negatively influenced by the reduction of the

irrigation slides. For the production of dry matter the cowpea needs 50% of the ETc replacement.

KEY-WORDS: *Vigna unguiculata* L. Walp.; Dry matter; Water restriction.

INTRODUÇÃO

O caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), também conhecido como feijão macassar, feijão fradinho ou feijão-de-corda, tem grande importância na alimentação básica da população brasileira, principalmente nas regiões Norte e Nordeste (BORGES et al., 2012). Além de ser um gerador de emprego e renda para as famílias mais carentes.

A água corresponde ao principal fator de risco climático para o crescimento e desenvolvimento vegetal, já que nesta parte do País não há grandes limitações de temperatura e/ou radiação solar. Então a deficiência hídrica está diretamente relacionada a processos físicos, químicos e bioquímicos que são essenciais no desenvolvimento da planta, resultando em mudanças no seu metabolismo. Esta cultura adapta-se razoavelmente bem às condições edafoclimáticas, porém nem sempre com bons níveis de rendimento (SILVA; NEVES, 2011).

A determinação da matéria seca (da planta e/ou de suas partes) é a mais apropriada para a análise de crescimento (LARCHER, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2013), pois possibilita a estimativa de taxas de crescimento que quantificam os nutrientes assimilados nos diferentes órgãos das plantas em determinado momento ou intervalo de tempo de interesse (SILVA et al., 2000). Com isso o objetivo deste trabalho foi analisar a partição de biomassa feijão-caupi em diferentes lâminas de irrigação nas condições climáticas de Castanhal - Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de condução do experimento envolveu a região nordeste do estado do Pará, em um sítio experimental nas dependências da Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia no município de Castanhal. O campo experimental ficou localizado em uma área com 0,07 ha de plantio de feijão-caupi (01° 17' S e 47°55' W, altitude 35 m) no período de 17/setembro a 18/novembro de 2016.

O solo foi preparado convencionalmente e a densidade de semeadura foi determinada pelo teste de germinação, apresentando espaçamento de 0,5 m entre linha e 0,1 m entre plantas. Com 10 dias após a semeadura (DAS) foi feito o desbaste deixando 10 plantas por metro linear, mantendo uma densidade de 200.000 plantas por ha da cultivar BR3-Tracuateua. O delineamento experimental foi realizado em blocos ao acaso com 6 blocos e quatro tratamentos, correspondentes à: T1 100% da lâmina da ETc; T2 50% da lâmina da ETc; T3 25% da lâmina da ETc e T4 0% da lâmina da ETc.

A lâmina média de irrigação foi determinada a partir do cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman Monteith (ALLEN et al., 1998) e posteriormente multiplicado pelo coeficiente da cultura (Kc) sugerido por Bastos et al. (2008) para a obtenção da evapotranspiração máxima da cultura (ETc). Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento com a mesma lâmina para todos os tratamentos até a fase V4 (Terceira folha trifoliolada aberta), para o estabelecimento e uniformização da cultura (NASCIMENTO et al., 2011). Posteriormente, na fase R5 (Primórdios do botão floral), deu-se início aos tratamentos.

As condições meteorológicas durante o experimento foram registradas por uma estação micrometeorológica automática instalada na área experimental equipada com sensores meteorológicos conectados a um datalogger (Campbell Scientific, Inc.)

programado para fazer leituras a cada 10 segundos e registrando médias totais a cada 10 minutos.

A partição de matéria seca foi realizada em cada estágio fenológico da cultura. Desta forma, em cada unidade experimental foram selecionadas 3 plantas aleatoriamente, para compor uma amostra. As amostras então tiveram suas folhas, hastes (pecíolo, pedúnculo e caule) e legumes (grãos e vagens) separados, secados em estufa e pesados em balança com precisão de 0,01 g.

As variáveis foram submetidas à análise de médias comparadas pelo Teste de Tukey, a 5% de significância no programa ASSISTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento foram registradas temperaturas médias de 27,3°C, com um total de chuvas de 153,4 mm (Tabela 1) e umidade relativa média de 73,8%.

As lâminas totais de água para cada tratamento estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Lâmina total na fase vegetativa e reprodutiva em cada tratamento T1 100%, T2 50%, T3 25% e T4 0% da ETc no ano de 2016, na área experimental da Fazenda Escola da UFRA, Castanhal-PA.

Trat	Vegetativo		Reprodutivo		Lâmina Total (mm)
	Irrigação	Chuva	Irrigação	Chuva	
T1	87,6	141,2	113,8	12,2	354,8
T2	87,6	141,2	56,9	12,2	297,9
T3	87,6	141,2	28,4	12,2	269,4
T4	87,6	141,2	-	-	228,8

Durante a fase vegetativa os tratamentos receberam as mesmas quantidades de água, e por conta disso, não apresentaram diferença significativa no crescimento da planta (Tabela 2).

Tabela 2. Matéria seca máxima acumulada em $g\ m^{-2}$ das folhas, hastes e legumes em cada fase fenológica do feijão-caupi em função das lâminas totais aplicadas nos tratamentos T1 100%, T2 50%, T3 25% e T4 0% da ETc no ano de 2016, na área experimental da Fazenda Escola da UFRA, Castanhal-PA.

Tra	Folha ($g\ m^{-2}$)		Haste ($g\ m^{-2}$)		Legume ($g\ m^{-2}$)	
	Vegetativ	Reprodutiv	Vegetativ	Reprodutiv	Vegetativ	Reprodutiv
T1	67,81 a	185,14 a	49,36 a	330,3 a	-	230,95 a
T2	63,26 a	165,44 a	44,16 a	276,2 a	-	198,22 ab
T3	54,7 a	130,7 b	43,03 a	214,9 b	-	121,52 bc
T4	66,2 a	92,21 c	52,28 a	177,38 c	-	97,82 c
CV	25,45	20,34	11,52	18,61	-	25,98
DP	5,04	4,51	3,39	4,31	-	5,09

* Letras iguais nas colunas não há diferença entre os tratamentos, pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

CV: coeficiente de variação, DP: desvio padrão

A produção de Matéria seca das folhas (MSf) (Tabela 2) na fase reprodutiva foi influenciada pela restrição hídrica, ocorrendo uma diminuição significativa de 50,2 % entre os tratamentos extremos, T1 (100% da ETc) e T4 (0% da ETc). Em resposta ao déficit hídrico, as plantas tendem a restringir o acúmulo de biomassa, prejudicando o crescimento das plantas, limitando a dimensão das folhas individuais, o número de folhas e, por conseguinte a área foliar total (MORAES, 2011). Como estratégia de sobrevivência, a planta induz o fechamento estomático para reduzir as taxas transpiratórias de fotossíntese (SANTOS, 2016).

A produção de Matéria seca das hastes (MSh) (Tabela 2) também sofreu influência pela restrição hídrica, reduzindo em média 46,3 % entre T1 e T4, uma vez que reduções no suprimento hídrico inibem o crescimento do caule (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A produção de Matéria Seca dos legumes (MSl) (Tabela 2) foi maior para o tratamento T1, haja vista que o mesmo não sofreu déficit hídrico e nem diferiu do tratamento T2 (50% da ETc). Entretanto, observou-se na fase reprodutiva uma redução média de 57,6 % na produção de biomassa quando comparada ao tratamento T4. Taiz e Zeiger (2013) afirmam que a água, em condições tanto de déficit quanto excesso, é um fator externo que exerce influência desvantajosa para a planta.

CONCLUSÕES

As lâminas de irrigação influenciaram na partição de biomassa, sendo necessário 50% da reposição a ETc para a produção de matéria seca de *Vigna unguiculata* L. Walp.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade do quinto autor (processo nº 311145/2013-2). A Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

BORGES, P.R.S., SABOYA, R.C.C., SABOYA L.M. F, SANTOS E. R., SOUZA S.E.A, Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculadas com rizóbio em gurupi, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 37-44, jan.-mar., 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

MORAES, J.V. **Parâmetros biométricos, fisiológicos e bioquímicos em híbridos de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla sob diferentes regimes de irrigação em casa de vegetação**. São Paulo, 2011. 78p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 2011.

NASCIMENTO, S.P., E.A. BASTOS, ARAÚJO E.C.E, F.R. FREIRE FILHO, and E.M. SILVA. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, pp. 853–860. 2011.

SANTOS, S. L. P. **Respostas Fisiológicas do feijão-caupi submetidos a restrição Hídrica e aplicação de óxido cálcio sobre as folhas**. 44 f. Dissertação (Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2016.

SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A. Produção de feijão-caupi semi-prostado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 6, num.1, enero-marzo, PP. 29-30 Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, Brasil. 2011.

SILVA, L.C.; BELTRÃO, E. M. AMORIM NETO, M. S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2000. 47p. (Boletim Técnico, 34).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª edição. Porto Alegre: Artmed, p.67. 2013.

CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NO SEMIÁRIDO ALAGOANO

Cláudio José Soriano Cordeiro¹, Renato Américo de Araújo Neto¹, Guilherme Bastos Lyra¹, Constatino Antonio Cavalcante Junior¹, Gustavo Bastos Lyra²

¹ Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas, E-mail: claudio.cordeiro@ceca.ufal.br; ² Universidade Rural Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.

RESUMO: A curva de retenção de água no solo é importante para indicar a qualidade física-hídrica do solo, a qual é obtida aplicando diversas pressões em uma amostra de solo e verificando a umidade que permanece na amostra após a aplicação. O objetivo desse trabalho foi determinar a curva de retenção de água no solo para a região de Delmiro Gouveia, semiárido alagoano, visando otimizar as informações sobre o estudo de água no solo nessa região. O solo foi coletado na região semiárida do estado de Alagoas, localizada no município de Delmiro Gouveia. As amostras foram coletadas em cinco perfis, em três profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30cm, a classificação textural dos solos foi areia franca para todas as profundidades, posteriormente as amostras foram levadas para laboratório, foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas. A curva característica de umidade do solo foi realizada com 5 pontos com as respectivas pressões, 33, 100, 500, 1000 e 1500 kPa. Os resultados obtidos mostram que a característica e classificação do solo prejudica na capacidade de retenção de água no solo.

PALAVRAS-CHAVE: Umidade do solo, potencial matricial, ponto de tensão.

SOIL WATER RETENTION IN QUARTZENEIC NEOSOL IN THE SEMIARID ALAGOANO.

ABSTRACT: Soil water retention curve is important to indicate the physico-hidric quality on soil, the retention curve is obtained by applying different pressures in a soil sample and verifying the remaining moisture after each application. The aim of this study was to determine the retention curve in soil for the northeastern semiarid region, to optimize the study information about soil-water in this region, The soil was collected in the northeastern region of Alagoas, located in Delmiro Gouveia. The samples were collected in five profiles, in three depths (0-10, 10-20 and 20-30cm), the textural soil classification was sandy loam for all depths. The samples were taken to the laboratory where they were air dried, twisted and sifted. The moisture soil characteristics curve was made with 5 points of pressions (33; 100; 500; 1000; 1500 kPa). The obtained results shows that the classification and characteristic in this soil impairs the water retention capacity.

KEY-WORDS: Soil moisture, matric potential, tension point.

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro compreende uma área total de 1,5 milhão de km², o que representa 11,5% do território do país. No estado de Alagoas, 45,3% da área total corresponde à região semiárida concentrando 37% dos municípios e aproximadamente 28,8% da população alagoana (MEDEIROS et al., 2012). No sertão nordestino a água é o fator limitante à obtenção de elevadas produtividades agrícolas, produzindo-se apenas nas épocas em que há precipitação suficiente para o crescimento efetivo das culturas

agrícolas (ANTONINO et al., 2000). O Canal do Sertão Alagoano é um projeto que busca o fornecimento de água para o abastecimento e o para irrigação plena na região semiárida alagoana. Apesar de poucas publicações que auxiliem no planejamento do uso da água, na disponibilidade hídrica e na forma de irrigação para os produtores locais, a elaboração de curvas de retenção de água é de essencial importância nestas regiões, objetivando principalmente o balanço de água no solo, a disponibilidade de água às plantas, a dinâmica de água e solutos no solo, a infiltração e o manejo de irrigação (SOUZA et al., 2014). A curva de retenção é obtida aplicando-se em uma mesma amostra de solo, diferentes tensões e verificando a umidade que permanece na amostra após a aplicação da tensão. O presente estudo tem como objetivo a criação de curvas de retenção para uma região do canal do sertão, com o intuito de melhorar os estudos sobre a dinâmica dos processos da dinâmica da água na região semiárida do estado de Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta do solo foi realizada no município de Delmiro Gouveia (09°15'10''S; 38°00'17''W; altitude média 0 m), na região do perímetro do Canal do Sertão, no estado de Alagoas. A área era destinada para cultivo de milho, feijão e mandioca por 15 anos. O solo possui característica de Neossolo Quartzarênico e classificação de areia franca (ARAÚJO NETO et al., 2016 – dados não publicados). As amostras para caracterização da curva característica de retenção de água no solo foram coletadas nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30cm, totalizando 9 amostras, três a cada profundidade.

As curvas características de umidade foram determinadas no laboratório de Física dos Solos da Universidade Federal de Alagoas, sendo utilizada a metodologia descrita por Richards (1965) e EMBRAPA (2005). As amostras foram submetidas a 5 pressões: 33 (capacidade de campo); 100; 500; 1000 e 1500 (ponto de murcha) kPa, separadas três repetições a cada pressão por camada, com total de 15 amostras.

Após descrever cada um dos potenciais de água no solo, as curvas de retenção foram obtidas utilizando o ajuste da equação exponencial de decaimento, com três parâmetros, sendo ajustados os pontos do potencial matricial em função do conteúdo de água por meio do programa computacional Sigmaplot®:

$$y = y_0 + a e^{(-b \cdot x)}$$

Em que: y é o conteúdo de água no solo (%), y_0 é o conteúdo de água inicial (%), x é o potencial matricial (kPa) e a e b são os parâmetros empíricos da equação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de capacidade de campo e ponto de murcha para a região de Delmiro Gouveia são apresentados na Tabela 1. Observou-se que a profundidade que teve a menor retenção de água no solo foi a camada de 20-30cm, Nascimento et al. (2010) ao realizarem estudos para um neossolo quartzarênico na região semiárida de Pernambuco, NEB, observaram tendência de maior retenção de água por meio do método de Richards em camadas mais profundas. Pedron et al. (2011), ao estudar a capacidade de retenção de água em perfis de Neossolos, apresentaram resultados de capacidade de campo entre 42 e 51 % e ponto de murcha variando entre 10 e 24 %.

Tabela 1. Capacidade de campo e ponto de murcha do solo da região semiárida do município de Delmiro Gouveia, Alagoas.

Profundidade	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Capacidade de campo (%)	20,22	18,55	24,80
Ponto de Murcha (%)	3,36	4,32	5,16

As curvas de retenção de água no solo para a região de Delmiro Gouveia, Alagoas, estão representadas na Figura 1. Observou-se que, como visto anteriormente, a camada de maior retenção de água no solo foi a de 20-30cm na capacidade de campo, sendo considerada de baixa retenção de água segundo Pedron et al (2011). Essa baixa retenção de água no solo pode ser explicada pela composição textural, tipo areia franca, que possui alto teor de areia, chegando a 80% da sua composição (SANTOS NETO, 2015). A profundidade de 0-10cm e 10-20cm ficaram com resultados próximos com relação a sua capacidade de reter água, continuando com resultados abaixo do que os mostrados em outros estudos. Culturas em desenvolvimento precisariam de irrigação para manter o seu estado de crescimento adequado, para isso, há necessidade de estudo sobre o balanço hídrico móvel da cultura em questão, para que não haja um manejo inadequado de água para a região que já sofre com a disponibilidade hídrica.

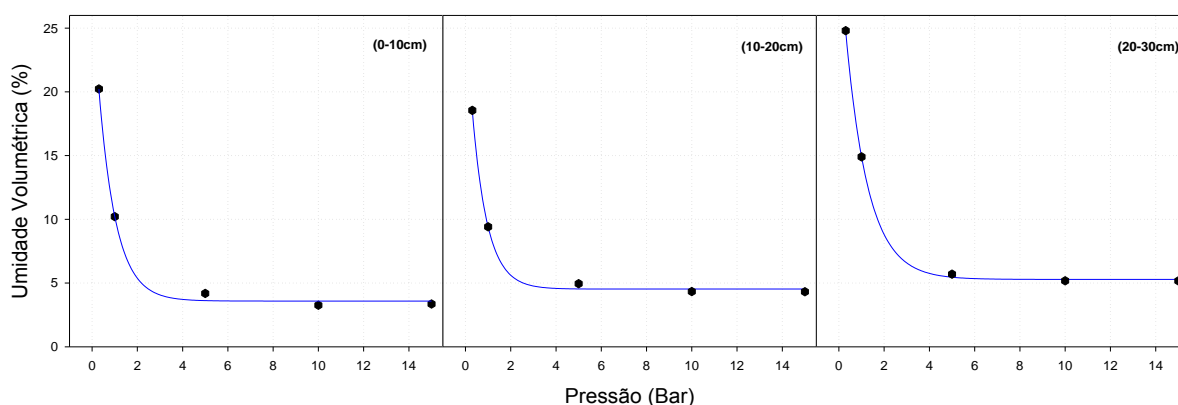


Figura 1. Curvas de retenção para diferentes perfis do solo, na região de Delmiro Gouveia, semiárido Alagoano.

Os coeficientes da equação exponencial decaimento para a região de Delmiro Gouveia estão apresentados na Tabela 2. Observou-se que todos os coeficientes foram significativos quanto ao uso da estatística, com R^2_{ajust} de 0,99 nas três profundidades observadas e podem ser utilizados para a determinação da curva de retenção de água no solo para essa região. O parâmetro y_0 manteve seus resultados próximos aos valores observados experimentalmente (Tabela 1), dando ênfase para a utilização do ajuste do modelo.

Tabela 2. Parâmetros da equação exponencial de decaimento e coeficientes de correlação (r), determinação ajustado (R2), para a região de Delmiro Gouveia, Alagoas.

Profundidade	0-10cm	10-20cm	20-30cm
y_0 (\pm erro)	3,5872(\pm 0,2856)	4,5278(\pm 0,2052)	5,2866(\pm 0,1216)
a (\pm erro)	24,6557(\pm 1,3051)	22,0214(\pm 1,0494)	26,3730(\pm 0,4661)
b (\pm erro)	1,3115(\pm 0,1202)	1,5051(\pm 0,1167)	1,0062(\pm 0,0356)
R^2_{ajust}	0,99	0,99	0,99

CONCLUSÕES

A profundidade onde se teve uma maior retenção de água no solo foi a de 0-10 cm (24,80%), mesmo assim, sendo considerada baixa pela característica de Neossolo, o que é respondido pela classificação de areia franca que o solo apresenta.

O local onde o solo foi coletado no canal do sertão, possui baixa retenção de água no solo para as três profundidades observadas, não deixando de serem produtivas mas para um melhor desempenho dessas culturas, necessita de estudos adequados para um manejo de irrigação nessa localidade.

AGRADECIMENTOS

À CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

ANTONINO, A.C.D et al. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semiárido do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.29-34, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Paulo, Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334p.

MEDEIROS, R.P. **Componentes do balanço de água e de radiação solar no desenvolvimento do milho, em quatro épocas de semeadura, no agreste de alagoas**. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2009.

NASCIMENTO, P. S et al. Estudo comparativo de métodos para a determinação da curva de retenção de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.2, p.193-207, abril-junho, 2010.

PEDRON, F. A.; FINK, J. R.; RODRIGUES, M. F.; AZEVEDO, A. C. Condutividade e retenção de água em Neossolos e Saprólitos derivados de arenito. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1253-1262, 2011.

RICHARDS, L.A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARK, F.E. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.128-152.

SANTOS NETO, S.M. **Avaliação da dinâmica da água na resposta de sensor tipo TDR em solos de Pernambuco**. 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Alagoas, Pernambuco, 2015.

SILVA, E.M et al. Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado. **Pesq. agropec bras., Brasília**, v.41, n.2, p.323-330, fev. 2006.

SOUZA, J.M et al. Curva de retenção de água e condutividade hidráulica do solo, em lavoura de café conilon submetida a subsolagem. **Coffee Science**, Lavras, v.9, n.2, p. 226-236, abr./jun. 2014.

PARÂMETROS DE VAN GENUCHTEN ESTIMADOS PARA REGIÃO DO CANAL DO SERTÃO ALAGOANO

Cláudio José Soriano Cordeiro¹, Renato Américo de Araújo Neto¹, Guilherme Bastos Lyra¹, Stoécio Malta Ferreira Maia², André Luiz de Carvalho¹

¹ Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas, E-mail: renato.eng.agronomo@hotmail.com; ² Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, Alagoas.

RESUMO: O estudo teve como objetivo estimar parâmetros da equação de van Genuchten para um Neossolo Regolítico, na região de Pariconha (semiárido de Alagoas) e comparar com a umidade real em três diferentes profundidades. As amostras de solo foram coletadas em uma região de pastagem, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm e levadas ao departamento de Física dos Solos da Universidade Federal de Alagoas, para determinação dos parâmetros da equação de van Genuchten através do modelo computacional RETC. Os resultados obtidos foram comparados estatisticamente com os observados em laboratório, mostrando que o modelo RETC foi capaz de estimar as umidades nas diferentes profundidades descritas, sendo este apropriado para o tipo de solo em estudo, desde que os parâmetros físico-hídricos da região de estudo sejam inseridas no modelo.

PALAVRAS-CHAVE: umidade do solo, irrigação, modelagem, RETC, semiárido.

ESTIMATED PARAMETERS OF VAN GENUCHTEN FOR THE REGION OF ALAGOAS, CANAL DO SERTÃO

ABSTRACT: The aim of this study was to estimate the parameters equation of Van Genuchten for a regolith neosol, in the region of Pariconha (semiarid of Alagoas) and compare with the real humidity at three different depths. Soil samples were collected in a pasture region, at different depths (0-10, 10-20 and 20-30cm) and were taken to the Soil Physics Department of the Federal University of Alagoas, to determinate van Genuchten equation parameters through the computational model, RETC. The obtained results were compared statistically with the observed in the laboratory, showing that the RETC was able to estimate the humidity at different depths described, being applicable for this type of soil, on condition that the hydro-physical parameters of the region in study are inserted in the model.

KEY-WORDS: soil moisture, irrigation, modeling, RETC, semiarid.

INTRODUÇÃO

Uma das questões de maior pertinência na agricultura da região semiárida brasileira é a má distribuição das chuvas, comprometendo o crescimento e a produção vegetal de cultivos (GIULIETTI et al., 2004). O déficit de demanda hídrica nessa região ocasiona a baixa atividade biológica no solo, bem como a absorção de nutrientes pela planta, tornando inviável o cultivo de culturas ao longo do ano (CEBALLOS et al, 2002; MÜLLER; BOULEAU; PERONA, 2016).

No semiárido alagoano, projetos tem sido elaborados visando a distribuição de água ao longo do ano, com destaque para o Canal do Sertão Alagoano. Com isso, o fornecimento de água poderá viabilizar o manejo de irrigação, disponibilizando água nos diferentes tipos de solos. Porém, para se ter conhecimento da lâmina hídrica a ser

aplicada, há a necessidade do conhecimento dos processos de distribuição de água no solo, fornecendo parâmetros suficientes para estimar a disponibilidade hídrica (MÜLLER; BOULEAU; PERONA, 2016; BIENES et al., 2016).

A modelagem matemática vem substituindo as metodologias destrutivas de determinação de umidade dos solos, parâmetro inclusivo no manejo de irrigação. Uma boa prática é utilizar modelos que simulam o conteúdo de água no solo por meio do conhecimento das propriedades físicas deste, utilizando-os na adição de água no solo (CAMPBELL, 1974; van GENUCHTEN, 1980). Diante do exposto, objetivou-se estimar parâmetros da equação de van Genuchten para uma região do semiárido alagoano e comparar com umidade observada para diferentes profundidades do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma localidade distribuída ao longo do perímetro irrigado do canal do sertão de Alagoas, com amostras de solo coletadas em uma região de pastagem no município de Pariconha (09°15'10''S; 38°00'17''W), com 9 amostras de um Neossolo Regolítico, nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm, totalizando três amostras por profundidade. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo BSs'h' e BSsh', com caracterização do tipo estepe, com clima seco e chuvas distribuídas no inverno e temperaturas do ar acima de 18 °C (GOIS et al., 2005).

Após a retirada das amostras, as mesmas foram levadas ao laboratório de Física dos Solos da Universidade Federal de Alagoas, onde foram realizadas a classificação textural, densidade do solo e umidade do solo na capacidade de campo e ponto de murcha, parâmetros essenciais para estimar os parâmetros da equação de van Genuchten, através do modelo computacional RETC (van GENUCHTEN et al., 2009). A equação matemática utilizada foi:

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[(1 + \alpha \Psi)^n]^m} \quad (1)$$

em que: θ é o conteúdo de água do solo (%); θ_r é o conteúdo de água residual (%); θ_s é o conteúdo de água na saturação (%); Ψ potencial matricial (kPa); α , n e m são os parâmetros empíricos do modelo.

Após estimar os parâmetros, estes foram calculados para cinco diferentes pressões (33; 100; 500; 1000; 1500 kPa) e comparados com os valores reais, obtidos pela metodologia de Richards (1965). Para comparação entre os valores observados e simulados, utilizou-se uma regressão linear forçada a passar pela reta 1:1 (MORIASI et al., 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros da equação de van Genuchten, estimados pelo modelo RETC são apresentados na Tabela 1. A umidade residual apresentou um aumento em relação à profundidade do solo, com a profundidade de 10-20 e 20-30 apresentando valores próximos. Este é um essencial parâmetro para requerer um ajuste adequado de umidade, levando em consideração a textura do solo, por exemplo. O modelo RETC foi configurado para rodar curvas de retenção através da equação de van Genuchten, com dados reais de teores de areia, silte e argila, além de parâmetros hídricos deste solo (capacidade de campo e ponto de murcha).

Tabela 5. Parâmetros da equação de van Genuchten para a região de Pariconha, sob cultivo de pastagem, semiárido alagoano.

Parâmetros/Prof.	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
θ_r	0,0165	0,0171	0,0170
θ_s	0,3488	0,3466	0,3374
α	0,0133	0,0288	0,0121
n	1,4074	1,3660	1,4197
m	0,2895	0,2679	0,2956

Uma regressão linear foi ajustada, com parâmetro “A” sendo forçado a passar pela reta 1:1, gerando uma equação do tipo $Y = B.X$, sendo apresentado na Figura 1 o ajuste gráfico da equação e na Tabela 2 os valores da regressão. Na primeira camada de solo avaliada, observa-se que os valores de umidade observados em laboratório superestimaram os valores estimados através da equação de van Genuchten (Figura 1). Esse comportamento é melhor observado quando a equação da regressão é traçada, onde o coeficiente angular está acima de 1, representando essa capacidade de superestimativa (Tabela 2).

As profundidades de 10-20 e 20-30 cm responderam de forma semelhante, onde ambas subestimaram suas umidades reais em relação às umidades através da equação de van Genuchten (Figura 1). Lucas et al. (2011) ao determinar curvas de retenção pelo método de papel de filtro, observaram que os parâmetros da equação de van Genuchten determinados pelos autores se adequaram satisfatoriamente para determinação da umidade. Apesar dessas sub ou superestimativas serem observadas nas diferentes profundidades, as mesmas se apresentaram próximas da reta 1:1, indicando que o modelo RETC se ajusta para região de Neossolo Regolítico do semiárido Alagoano, apresentando ainda bons valores de R^2 ajustado, acima de 0,92 (Figura 1; Tabela 2). A sensibilidade de modelos que estimam a umidade do solo pela equação de van Genuchten também pode ser utilizada para determinar o melhor parâmetro, em relação ao tipo de solo estudado (CHAVES, 2009)

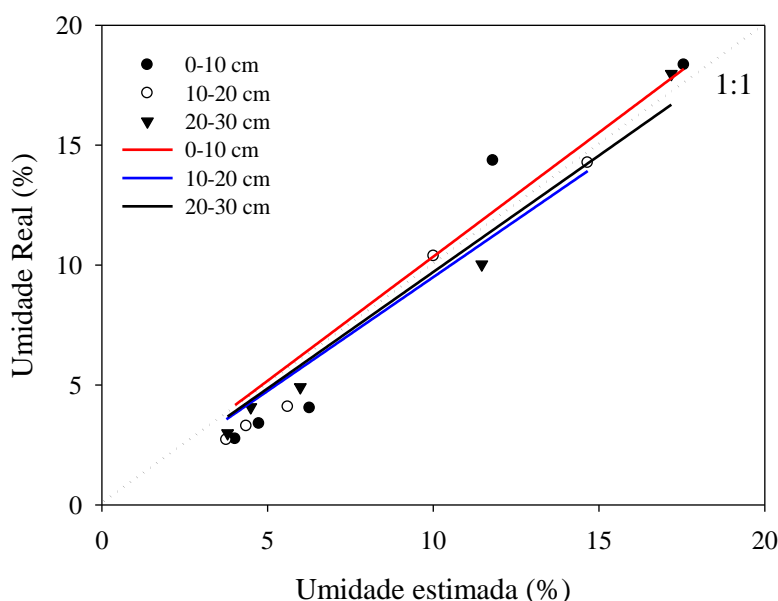


Figura 5. Regressão linear, comparando dados de umidade estimada pela equação de van Genuchten com a umidade real medida em campo, para um solo cultivado com pastagem, na região de Pariconha, semiárido Alagoano.

Tabela 6. Equação da regressão linear $Y = B.X$ para diferentes profundidades, para um solo cultivado com pastagem, na região de Pariconha, semiárido Alagoano.

Profundidade (cm)	Equação	R²ajust
0-10	$Y = 1,0353 (\pm 0,0843*)X$	0,9290
10-20	$Y = 0,9498 (\pm 0,0505*)X$	0,9630
20-30	$Y = 0,9712 (\pm 0,0463*)X$	0,9723

*Erro padrão da regressão.

CONCLUSÕES

O modelo RETC estimou com clareza a umidade nas diferentes profundidades.

Os ajustes das equações lineares indicaram que os valores reais estão próximos aos simulados, podendo adotar-se a equação de van Genuchten para um Neossolo Regolítico.

AGRADECIMENTOS

À FAPEAL – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas pela concessão da bolsa de auxílio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

BIENES, R. et al. Eleven years after shrub revegetation in semiarid eroded soils. Influence in soil properties. **Geoderma**, v. 273, p. 106 – 114, 2016.

CAMPBELL, G.S. A simple method for determining unsaturated conductivity from soil moisture retention data. **Soil Science**, v.117, p.311–314, 1974.

CEBALLOS, A. et al. Soil-water behaviour of sandy soils under semi-arid conditions in the Duero Basin (Spain). **Journal of Arid Environments**, v. 51, p. 501-519, 2002.

CHAVES, H. M. L. Sensibilidade do modelo Hydrus aos parâmetros hidráulicos do solo em diferentes texturas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 14, n. 2, p. 33-37, 2009.

GIULIETTI, A. M. et al. **Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para conservação**, pp. 48-90, 2004.

GOIS, G. et al. Caracterização da desertificação no estado de Alagoas utilizando variáveis climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 3, p. 301-314, 2005.

LUCAS, J. F. R. Curva de retenção de água no solo pelo método do papel-filtro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 1957-1973, 2011.

MORIASI, D. N. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v.50, n.3, p.885-900, 2007.

MÜLLER, T.; BOULEAU, C. R.; PERONA, P. Optimizing drip irrigation for eggplant crops in semi-arid zones using evolving thresholds. **Agricultural Water Management**, v. 177, p. 54 – 65, 2016.

RICHARDS, L. A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; ENSMINGER, L. E.; CLARCK, F. E. *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling*. Madison: **American Society of Agronomy**, Washington, p. 128-152, 1965.

van GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.44, p.892–898, 1980.

van GENUCHTEN, M.T.; SIMUNEK, J.; LEIJ, F.J.; SEJNA, M. **RETIC version 6.02**, 2009. Disponível em: <<http://www.pcprogress.com/en/Default.aspx?retc-downloads>>.

CULTIVO DE CEBOLA SOBRE DIFERENTES SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NO VALE DO SÃO FRANCISCO

Alessandro C. Mesquita¹, Juliana L. Silva², Kecio E. S. Silva³, Jony E. Yuri⁴, Moises A. de Souza⁵

¹PhD., professor, UNEB/DTCS, Juazeiro, Ba, alessandro.mesq@yahoo.com.br; ²Discente em Engenharia Agrônômica, UNEB/DTCS, Juazeiro, Ba, juliana1697@hotmail.com; ³Discente em Engenharia Agrônômica, UNEB/DTCS, Juazeiro, Ba, kecio_emanuel@hotmail.com; ⁴Dr., pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pe, jony.yuri@embrapa.br; ⁵Mestre em Agronomia, PPGHI/UNEB, Juazeiro, Ba, moisesalves-1989@hotmail.com.

RESUMO: A pesquisa foi realizada na Universidade do Estado da Bahia-UNEB, localizada no município de Juazeiro-BA. O delineamento experimental usado foi em blocos casualizados, com parcela subdividida e quatro repetições. As parcelas foram os diferentes sistemas de irrigação, microaspersão e gotejo e as subparcelas, foram compostas por cultivares de cebola, IPA 11, Serena e Fernanda. No final do experimento foram avaliadas algumas variáveis agrônômicas, dentre elas: produtividade comercial e total, número de bulbos comerciais e não comerciais. Para a variável produtividade comercial observou-se que as cultivares Fernanda e Serena foram superiores a cv. IPA 11, tendo as seguintes produtividades: 24,2 t ha⁻¹, 18,9 t ha⁻¹ e 18,3 t ha⁻¹, respectivamente, no manejo por microaspersão. Contudo, as cultivares não diferiram estatisticamente no manejo de irrigação por sistema de gotejamento. O número de bulbos comerciais e não comerciais, apresentaram diferenças significativa para o fator sistema de irrigação. A variável, número de bulbos comerciais, mostrou valores mais satisfatórios quando manejado com o sistema de irrigação por microaspersão. Para a variável, número de bulbos não comerciais, o sistema por gotejo apresentou resultados com maior significância. Através desses resultados preliminares, as cultivares, Serena e Fernanda, nas condições do Submédio do Vale do São Francisco, foram as que apresentaram resultados mais satisfatórios, principalmente, quando utilizado o sistema de irrigação por microaspersão.

PALAVRAS-CHAVE: Cultivares; manejo de água; produtividade.

ONION CULTIVATION ON DIFFERENT IRRIGATION SYSTEMS IN THE SÃO FRANCISCO VALLEY

ABSTRACT: The research was carried out at the State University of Bahia-UNEB, located in the municipality of Juazeiro-BA. The experimental design used was in randomized blocks, with subdivided plot and four replicates. The plots are the different irrigation, micro sprinkler and drip irrigation systems. The subplots were composed of the different cultivars of onion, IPA 11, Serena and Fernanda. At the end of the experiment were evaluated some agronomic variables, among them: commercial and total productivity, number of commercial and non commercial bulbs. For the variable commercial productivity it was observed that the cultivars Fernanda and Serena were superior to cv. IPA 11, with the following yields: 24,2 t ha⁻¹, 18,9 t ha⁻¹ e 18,3 t ha⁻¹, respectively, in the micro-sprinkler management, however, the cultivars did not differ statistically in irrigation management by drip system. The number of commercial and non-commercial bulbs presented significant differences for the irrigation system factor. The variable number of commercial bulbs showed more satisfactory values when handled with the micro sprinkler irrigation system. For the variable number of non-

commercial bulbs the drip system presented results with greater significance. Through these preliminary results, the cultivars, Serena and Fernanda, under the conditions of the Submedia of the São Francisco Valley, were the ones that presented more satisfactory results, especially when the micro sprinkler irrigation system.

KEY-WORDS: Cultivars; water management; productivity..

INTRODUÇÃO

Sendo a cebola (*Allium cepa* L.) a terceira hortaliça em importância econômica no mundo e a terceira mais produzida no Brasil (AGRIANUAL, 2011), destaca-se entre as demais cultivadas, tanto pelo seu volume de produção como pelo consumo e valor econômico. O Brasil é o 8º no ranking de produção da hortaliça, participando com cerca de 2 % da oferta mundial (COOPERCITRUS, 2012).

A cebola, não sendo diferente das demais hortaliças, apresenta mais de 90 % de água na sua constituição. Por ser considerada medianamente exigente em água, a cebola necessita do uso de irrigação para garantir uma alta produtividade, permitindo a obtenção de bulbos mais uniformes e de melhor qualidade e ainda possibilita mais de um ciclo de cultivo por ano. A cebola é sensível ao déficit hídrico, e a falta de umidade provoca redução no tamanho do bulbo e baixa produtividade (COSTA et al., 2002).

Em relação ao uso de técnicas de irrigação, a cebola é uma hortaliça sensível ao déficit hídrico, necessitando de água disponível no solo e irrigações frequentes para seu desenvolvimento. Entretanto, o excesso de água aliado a altas temperaturas, é igualmente prejudicial, favorecendo a incidência de patógenos, podendo reduzir o crescimento e, conseqüentemente, a produção e qualidade de bulbos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos sistemas de irrigação para cultivares de cebola, utilizadas na região do Vale Submédio São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, localizado no município de Juazeiro-BA (9° 25'44"S, 40° 32'14"O, altitude 384 m). O clima da região segundo classificação de Köppen é BShw', correspondente a um clima quente, semiárido (OLIVEIRA, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em parcela subdividida, com quatro repetições. Foram considerados como parcelas, dois sistemas de irrigação (gotejamento e microaspersão) e como subparcelas, três cultivares de cebola (IPA 11, Serena e Fernanda). As subparcelas foram constituídas em canteiros com 1,20 m de largura (no topo), 1,20 m de comprimento e 0,10 m de altura, sendo que em cada unidade, foram transplantadas 144 plantas, em doze linhas de plantio com espaçamento de 0,10 x 0,10 m. Considerou-se como subparcela útil, as 64 plantas centrais (oito plantas das oito linhas centrais).

No sistema por gotejamento foram utilizada três linhas de gotejo, com o espaçamento entre linhas de 0,4 m, emissores espaçados em 0,20 m e vazão de 1,7 L h⁻¹, sob pressão de serviço de 1,0 bar. No caso da microaspersão, foram utilizados microaspersores com a vazão de 58 L h⁻¹ em um espaçamento entre micro de 2,0 m para que houvesse uma boa distribuição de água sob pressão de serviço de 1 bar. A irrigação foi realizada a partir de dados climatológicos de uma estação instalada próxima à área experimental, usando o método de Penman-Monteith para determinação da evapotranspiração de referência e o coeficiente de cultura proposto por Pinto et al.

(2007), para determinação do coeficiente de cultura, de acordo com a fenologia da planta.

O transplântio foi efetuado 32 dias após a sementeira (que foi realizada em sementeira preparada próxima à área experimental), quando as mudas atingiram de 0,15 a 0,20 m de altura. Duas semanas após o transplântio, foi aplicado um herbicida pós-emergente para controlar as plantas daninhas na fase inicial do ciclo da cultura. Em seguida foram adotados tratamentos culturais como capinas manuais e aplicações preventivas de defensivos para o controle de pragas e doenças com produtos registrados para a cultura. As adubações seguiram as recomendações preconizadas em Mendes et al. (2008), para a cultura da cebola.

A colheita das plantas foi realizada aos 114 dias após o transplântio. As plantas foram colhidas mantidas ao sol durante dois dias; em seguida, sete dias à sombra, para o período de cura. Foram realizadas as avaliações das seguintes características: produtividade total (PT), produtividade comercial (PC), produtividade não comercial (PC), números de bulbos comerciais (NBC) e não comerciais (NBNC).

A análise estatística dos dados foi realizada por meio da análise de variância e comparação de médias de tratamentos entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, usando o programa Sisvar 4.0 (FERREIRA, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise da variável produtividade total (**Figura 1. A**), houve diferença significativa para os diferentes métodos de irrigação. O tratamento onde utilizou-se sistema por microaspersão, apresentou melhores resultados, tendo como maior média de produtividade 28,11 t ha⁻¹. Segundo o IBGE (2012) em 2011 a produtividade média nacional se manteve em torno de 23 t ha⁻¹. Com isso os resultados obtidos nesse trabalho foram superiores, comparados com a produtividade média nacional de cebola no ano de 2011. Não houve diferença significativa entre as cultivares.

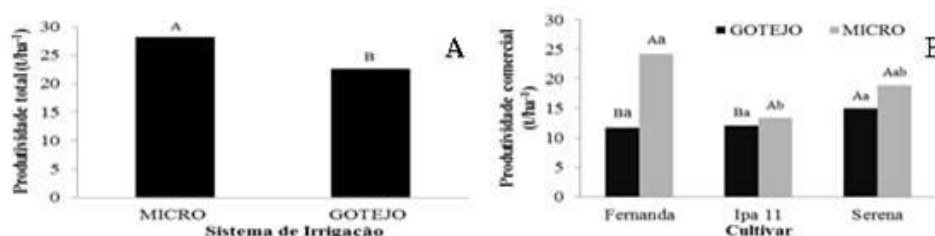


Figura 1. Produtividade total (A) e produtividade comercial (B) de três cv. De cebolas conduzidas sob dois sistemas de irrigação, na região do Submédio do São Francisco. Juazeiro/BA. As médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os sistemas de irrigação e mesma letra minúscula entre as cultivares não se diferenciam pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando os dados de produtividade comercial pode-se observar uma interação significativa entre dois fatores (**Figura 1. B**), Fernanda (24,2 t ha⁻¹) e Serena (18,9 t ha⁻¹) foram estatisticamente superiores em relação à cv. IPA 11 (18,3 t ha⁻¹) no sistema de irrigação por microaspersores. Kumar et al. (2007), estudando os efeitos de níveis de irrigação baseados na evaporação do tanque Classe A (ECA) (0,60; 0,80; 1,00 e 1,20) com irrigação por microaspersão em cebola, encontraram incrementos na produtividade comercial bulbos. Várias pesquisas sobre a irrigação da cultura da cebola evidenciam que a produtividade de bulbos é altamente dependente da quantidade de água aplicada e da forma com que é aplicada.

É necessário destacar que o menor valor para produtividade comercial encontrado neste trabalho (**figura 1 B**), sendo apresentado pela IPA 11, está acima da média dos valores encontrados por Costa et al. (2008), que avaliando diferentes genótipos de cebola, utilizando o sistema de irrigação por microaspersão, encontraram valores que variavam de 14,40 a 23,93 t ha⁻¹, ficando na média de 17,61 t ha⁻¹.

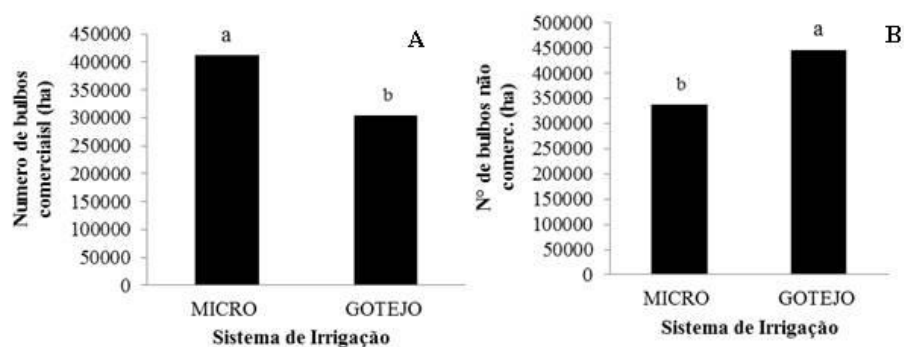


Figura 2. Número de bulbos comerciais (A) e Número de bulbos não comerciais (B) de três cv. De cebolas conduzidas sob dois sistemas de irrigação, na região do Submédio do São Francisco. Juazeiro/BA.

Em se tratando da cebola, o uso adequado da irrigação é fundamental para incrementar a qualidade da bulbificação. De acordo com Vilas Boas et al. (2011), o manejo correto da irrigação se torna indispensável uma vez que pode ser ajustado às condições momentâneas da cultura, desta forma, promover maiores rendimentos. Vendo os resultados da **Figura 2 A e B**, podemos observar que o sistema por microaspersão foi mais eficiente em relação, tanto a uma maior produção de bulbos comerciais como para uma menor produção de bulbos não comerciais, conseqüentemente, promovendo um maior retorno no ganho total do agricultor. Isso pode ter ocorrido, pois o sistema de microaspersão pode ter aumentado o volume de solo explorado em função de uma maior área de bulbo molhado na camada superficial do solo. Isso torna, nas condições em que foram realizados o experimento, o sistema por microaspersão mais eficiente que o gotejo.

CONCLUSÕES

Diante dos dados apresentados, nas condições em que foi realizado o experimento, pode-se concluir que as cultivares Fernanda e Serena são mais adequadas para o cultivo no Submédio do Vale do São Francisco, destacando que o sistema por microaspersão promoveu maiores rendimentos na produtividade e qualidade de bulbos.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2011. 482 p.

COOPERCITRUS REVISTA AGROPECUÁRIA. **Cebola: Terceira hortaliça mais produzida no mundo**. São Paulo. Ed. 303. 2012. Disponível: <[www.revistacoopercitrus.com.br/?pag=matéria &codigo=6177](http://www.revistacoopercitrus.com.br/?pag=matéria&codigo=6177)>.

COSTA, N. D.; ARAUJO, J. F.; SANTOS, C. A. F.; RESENDE, G. M.; LIMA, M. A. C. Desempenho de cultivares de cebola em cultivo orgânico e tipos de solo no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília/DF, v. 26, p. 476-480. 2008.

COSTA, N. D.; LEITE, D. L.; SANTOS, C. A. F.; FARIA; CANDEIA, J. A.; VIDIGAL, S. M. **Cultivares de cebola**. Informe Agropecuário, v. 23, n.218, p.27, 2002.

FERREIRA, D. F. **SISVAR Versão 5.3**. Lavras: Dep. de Ciências Exatas, UFLA. 2010
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.
Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, v. 25, 2012, 88 p.

KUMAR, S.; IMTIYAZ, M.; KUMAR, A.; SINGH, R. Response of onion (*Allium cepa* L.) to different levels of irrigation water. **Agricultural Water Management**, Columbus, v. 89, p. 161-166, 2007.

PINTO, J. M.; COSTA, N. D.; RESENDE, G. M. **Cultivo da cebola no Nordeste: Irrigação**. Petrolina, PE: Embrapa semiárido, 2007.

CRESCIMENTO DO MELOEIRO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO

Alessandro Carlos Mesquita¹, Kalline Mendes Ferreira², Vanuza de Souza³, Luan David Alcântara Campos⁴, Jony E. Yuri⁵

¹PhD., professor, UNEB/DTCS, Juazeiro, BA, Campus III-Juazeiro-BA, alessandro.mesq@yahoo.com.br; ² Mestranda em Agronomia, PPGHI/UNEB, Juazeiro, BA, kmf.agronomia@gmail.com ³ Discente do Curso de Agronomia, DTCS/UNEB, Juazeiro-BA, van.nuzasouza@hotmail.com; ⁴ Mestrando em Agronomia, PPGHI/UNEB, Juazeiro, BA, luan.engagro@gmail.com; ⁵Dr., pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pe, jony.yuri@embrapa.br.

RESUMO: O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), campus III, Juazeiro - BA. Foram utilizadas quatro diferentes lâminas de irrigação, intercalando entre os ciclos: vegetativo e produtivo, respectivamente: L1 (100 % da ETc todo o ciclo da cultura); L2 (100% para 80% da ETc); L3 (100% para 60% da ETc) e L4 (100% para 40% da ETc), e quatro dosagens de nitrogênio (140, 110, 80 e 50 Kg/ha). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Foram analisadas as seguintes variáveis: comprimento de ramo principal (m) e a determinação dos índices de clorofila nas folhas. O déficit hídrico afetou negativamente o crescimento das plantas, contudo, os índices relativos de clorofila (a) e (b) não foram afetados pelos fatores avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: *Cucumis melo* L., estresse hídrico, fertirrigação

MELON GROWTH UNDER DIFFERENT IRRIGATION BLADES AND NITROGEN DOSES

ABSTRACT: The experiment was conducted in the experimental area of the State University of Bahia (UNEB), campus III, Juazeiro - BA. Four different irrigation slides were used, intercalating between the cycles: vegetative and productive, respectively: L1 (100% of ETc throughout the crop cycle); L2 (100% to 80% of ETc); L3 (100% for 60% of ETc) and L4 (100% for 40% of ETc), and four nitrogen dosages (140, 110, 80 and 50 kg / ha). The experimental design was a randomized complete block design in subdivided plots with four replications. The following variables were analyzed: main branch length (m) and determination of chlorophyll indexes in leaves. The water deficit negatively affected the growth of the plants, however, the relative indexes of chlorophyll (a) and (b) were not affected by the evaluated factors.

KEY-WORDS: *Cucumis melo* L., hydric stress, fertirrigation

INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) apresenta grande expressão econômica e social para o Brasil, em especial para a região Nordeste onde encontra ambiente ideal para seu

desenvolvimento (COSTA, 2016). De acordo com Andrade (2006), a baixa capacidade de retenção de água do solo e a alta demanda evaporativa, decorrente de um clima semiárido, requerem informações mais seguras e confiáveis sobre o momento correto de aplicar água à cultura e sobre sua quantidade adequada.

O manejo racional da água e fertilizantes tem importância fundamental no cultivo do meloeiro. Segundo Figueiredo (2014), a lâmina de irrigação em excesso não se traduz apenas em perda de água, mas também de nutrientes que percolam no perfil do solo, fora do alcance do sistema radicular, o que reduz o potencial produtivo da cultura, além de aumentar o custo de produção.

Klar (1988) afirma que a fertilidade do solo, em particular, promove uma maior eficiência de uso da água pelas culturas, sendo o nitrogênio um dos nutrientes que promove expressiva variação na eficiência do uso da água pelas culturas. Segundo Lopes (1989), quando o rendimento de uma cultura aumenta com a adubação, a eficiência do uso da água pela cultura também aumenta.

O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação e de doses de nitrogênio sobre o crescimento e desenvolvimento do melão amarelo, na região do Vale Submédio São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante os meses de setembro e dezembro de 2016, no campo experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS, Campus III, da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, na cidade de Juazeiro-BA.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcela subdividida, com quatro repetições, onde a parcela foi representada por quatro lâminas de irrigação (L1 - 100 % da ETc durante todo o ciclo da cultura: 285,55 mm; L2 - 100% da ETc até a fase que compreende o florescimento, com reposição de 80% da ETc na fase de produção: 228,44 mm; L3 - 100% da ETc até a fase que compreende o florescimento, com reposição de 60% da ETc na fase de produção: 171,33 mm; e L4 - 100% da ETc até a fase que compreende o florescimento, com reposição de 40% da ETc na fase de produção: 114,22 mm) e a subparcela por quatro doses de nitrogênio (D1 - 50 Kg/ha; D2 - 80 Kg/ha; D3 - 110 Kg/ha e D4 - 140 Kg/ha).

A área experimental foi constituída por seis linhas de plantio, sendo cada uma das quatro linhas centrais referentes às quatro repetições e as duas externas, as bordaduras. Cada subparcelas foi constituída por seis plantas, sendo consideradas úteis apenas as quatro plantas centrais. O espaçamento entre plantas e entre linhas adotado foi de 2,0 m entre linhas e 0,30 m entre plantas. Entre cada subparcela fixou-se uma distância de 0,60 m.

O manejo de irrigação foi realizado com base em dados agrometeorológicos, adquiridos através da Estação Meteorológica Automática do DTCS/UNEB, que fica localizado ao lado da área experimental. A irrigação foi feita por fitas gotejadoras, espaçadas a cada 0,20 m.

Foram utilizadas sementes da cultivar GOLDMINE para produção de mudas. A semeadura foi realizada em bandejas com 200 células preenchidas com substrato comercial. O transplantio das mudas foi realizado 11 dias após a semeadura. Os tratamentos foram aplicados 10 dias após o transplantio.

Foram realizadas no campo experimental aos 60 dias após o transplantio as seguintes avaliações: comprimento de ramo principal (m) e a determinação dos índices de clorofila nas folhas, com auxílio do clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG® modelo CFL 1030, produzido pela Falker Automação Agrícola.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância a 5% de probabilidade. Quando observado significância foi aplicado teste de Tukey e análise de regressão. O software utilizado para as análises foi o ASSISTAT 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância dos fatores estudados, não houve efeito significativo da interação nas características avaliadas, contudo, a variável comprimento do ramo foi influenciada de modo isolado pelas lâminas de irrigação, mostrando resposta linear ao nível de significância de 1% (Figura 1). Nota-se que 91,86% das variações, ocorridas nessa variável, em função das lâminas de irrigação, são explicadas pela regressão linear.

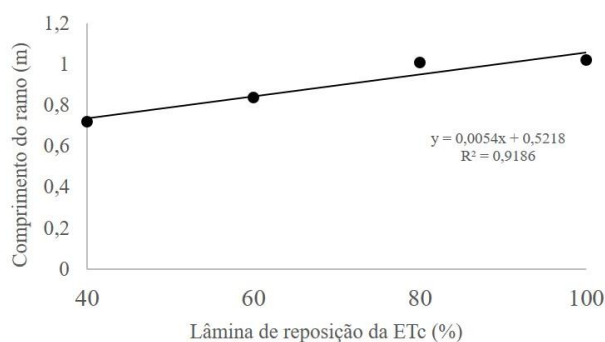


Figura 1. Comprimento do ramo (m) do meloeiro, em função das lâminas de reposição da ETc aplicadas na fase de produção. Juazeiro-BA.

Verifica-se um acréscimo no comprimento do ramo, à medida que se aumentaram as lâminas de reposição da ETc na fase de produção. O valor máximo de comprimento do ramo ocorreu na lâmina de reposição de 100% da ETc (285,55 mm), resultando em um comprimento de 1,02 m. O menor comprimento (0,72 m) foi obtido na lâmina de reposição de 40% da ETc (114,22 mm), indicando a sensibilidade do meloeiro a menor disponibilidade hídrica no solo. Sob condições de déficit hídrico, as plantas tendem a manter os estômatos abertos por um menor período (PINHEIRO NETO et al., 2007), causando redução na assimilação de carbono e, conseqüentemente, implicando em menor crescimento vegetal.

Lima et al. (2009) avaliando o cultivo do meloeiro sob diferentes lâminas de irrigação encontraram valor médio para o comprimento da haste principal de 1,60 m, com uma lâmina de água total aplicada referente a 75% da ETc. De acordo com Pereira Filho (2012), o comprimento da haste principal do melão, irrigado por gotejamento, atingiu valor médio de 1,72 m em função da frequência de irrigação diária. Os autores constataram ainda que o déficit hídrico pode comprometer o crescimento da planta, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais. Não foram observados efeitos significativos para os fatores avaliados, nos índices de clorofila a e b. Contudo, resultados contrastantes foram obtidos por Silva (2012), onde foram observados aumentos no teor de clorofila em função do aumento da dosagem de nitrogênio no cultivo do melão rendilhado.

Correlações significativas entre a intensidade da cor verde com a concentração de nitrogênio nas folhas têm sido encontradas por diversos autores (AMARANTE et al.,

2008), pois grande parte do nitrogênio contido nas folhas participa da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A partir da Tabela 1 podemos observar os índices relativos de clorofila (a) e clorofila (b) em função das diferentes lâminas de irrigação, onde a clorofila (a) apresentou uma média geral de 30, 11 e a clorofila b uma média geral de 16,19.

Os índices relativos de clorofila (a) e clorofila (b) não diferiram significativamente entre si, indicando que a disponibilidade hídrica não interferiu no índice relativo de clorofila, não prejudicando a atividade fotossintética nem os demais processos metabólicos das plantas.

Tabela 1. Índices de clorofila (a) e (b), em plantas de meloeiros conduzidos sob diferentes lâminas de irrigação. Juazeiro-BA.

Tratamentos	Clorofila a	Clorofila b
L1	28,73 a	15,64 a
L2	29,12 a	15,34 a
L3	31,32 a	17,19 a
L4	31,26 a	16,61 a
CV%	13,00	17,06

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Taiz e Zeiger (2013), afirmam que a menor disponibilidade hídrica pode levar a redução na expansão celular, redução na área foliar, aumento na abscisão foliar, diminuição da relação entre a biomassa da raiz com a parte aérea, fechamento de estômatos e redução na fotossíntese, o que não ocorreu nas condições de condução deste trabalho.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que o déficit hídrico afetou o crescimento das plantas. Os índices relativos de clorofila (a) e (b) não foram afetados pelos fatores avaliados.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, C.V.T. et al. Quantificação não destrutiva de clorofilas em folhas através de método colorimétrico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 471-475, out.-dez., 2008.

ANDRADE, M.E.L. de. **Crescimento e produtividade do meloeiro sob diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio**. 2006. 93f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró. 2006.

COSTA, J. A. **Desempenho agrônômico e reação de genótipos quanto a viroses do meloeiro**. 2016. 85 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana. 2016.

FIGUEIREDO, R. C. **Lâmina e frequência de irrigação na cultura do melão tutorado no Vale do Baixo São Francisco**. 2014. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro. 2014.

KLAR A.E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2ª ed. São Paulo: Nobel. 1988. 408 p.

LIMA, E. M. C. et al. Crescimento e produção de melão cultivado em ambiente protegido e irrigado por gotejamento. **Revista Irriga**, Botucatu/SP, v. 14, n. 4, p. 449-457, 2009.

LOPES A.S. **Manual de fertilidade do solo**. Traduzido e adaptado do original: Soil fertility manual. Potash Phosphate Institute. São Paulo: ANDA/POTAFOS. 1989. 153p.

PEREIRA FILHO, J. V. **Cultivo do melão sob diferentes frequências de irrigação e parcelamento da adubação nitrogenada no Vale do Curu-CE**. 2012. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2012.

PINHEIRO NETO, G. P. et al. Produção e qualidade dos frutos de meloeiro submetido a redução hídrica na fase final do ciclo. **Irriga**, Botucatu/SP, v. 12, n. 01, p. 54-62, 2007.

SILVA, M.C. **Melão rendilhado em ambiente protegido submetido à doses de nitrogênio e potássio em Rondonópolis-MT**. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2012.

TAIZ L; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. 722p.

INFLUÊNCIA DO BIOCARVÃO NA RETENÇÃO DE ÁGUA EM ARGISSOLO E VERTISSOLO

Diana Signor¹, Magnus Dall'Igna Deon²

¹Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, diana.signor@embrapa.br; ²Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, magnus.deon@embrapa.br

RESUMO: O biocarvão é uma forma de carbono resistente à decomposição e sua aplicação ao solo promove melhorias em atributos que em melhores condições para o crescimento das plantas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da adição de diferentes doses de biocarvão sobre a capacidade de retenção de água em um Argissolo e em um Vertissolo. O estudo foi realizado utilizando diferentes doses de biocarvão (0, 25, 50, 75 e 100%, proporção em massa) adicionadas a um Vertissolo e a um Argissolo. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 5 x 2 (5 doses de biocarvão x 2 tipos de solo), em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Nas misturas de solo+biocarvão foram determinadas as quantidades de água retida em diferentes tensões pelo método da centrífuga. A aplicação de biocarvão aumentou a quantidade de água no ponto de murcha permanente e na capacidade de campo do solo tanto no Vertissolo quanto no Argissolo, com efeitos de maior intensidade nesse último. O aumento de 1% na quantidade de biocarvão adicionada ao solo promoveu um aumento de 3,23 g kg⁻¹ na quantidade de água disponível no solo, independentemente do solo avaliado. Assim, o biocarvão apresenta-se como um condicionador de solo com grande potencial para aumentar a retenção de água em solos da região Semiárida.

PALAVRAS-CHAVE: Biochar, disponibilidade de água, capacidade de campo, ponto de murcha permanente.

BIOCHAR EFFECTS IN SOIL WATER RETENTION IN AN ULTISOL AND IN A VERTISOL

ABSTRACT: Biochar is a decomposition resistant carbon and its application to the soil improves its properties, which results in better conditions for growing plants. The objective of this study was to evaluate the effect of different biochar rates on the water retention capacity in an Alfisol and in a Vertisol. The study was performed using different doses of biochar (0, 25, 50, 75 and 100%, weight/weight) added to a Vertisol and Alfisol. We used a factorial experiment in completely randomized design (5 doses of biochar x 2 types of soil), with three replications. In soil + biochar mixtures it were determined quantities of water held using the centrifuge method. Biochar increased the amount of water in the permanent wilting point and soil field capacity both in Vertisol as the Alfisol, with more intense effects in the latter. The 1% increase in the amount of biochar added to the soil promoted an increase of 3.23 g kg⁻¹ in available water in the soil, irrespective of ground evaluated. So biochar presents itself as a soil conditioner with great potential to increase the soil water retention in the semi-arid region.

KEY-WORDS: Bio-char, available water, field capacity, wilting point.

INTRODUÇÃO

“Biocarvão” é a biomassa pirolisada destinada especificamente para aplicação no solo (NOVOTNY et al. 2015), promovendo aumentos quantitativos e qualitativos de C no solo, incluindo melhorias em atributos químicos, físicos e biológicos, que por sua vez resultam em melhores condições para o crescimento das plantas (MADARI et al.,

2009; VERHEIJEN et al., 2009). O aumento na produtividade das culturas que recebem biocarvão deve-se à maior retenção de água no solo (SOHI et al., 2009). De maneira geral, o biocarvão aumenta a quantidade de água disponível em solos arenosos, tem efeito neutro em solos de textura média e reduz a disponibilidade de água no solo em solos argilosos (SOHI et al., 2009). Novak et al. (2009) relatam que a adição de 2% (massa/massa) de biocarvão em um solo arenoso (74% de areia) aumenta em até 15,9% a retenção de água no solo. Em solo contendo 73% de areia, Novak et al. (2012) observaram que a adição de 2% de biocarvão praticamente dobrou o conteúdo de água disponível. Assim, o biocarvão é considerado como uma alternativa promissora para a produção de culturas em climas secos (NOVAK et al., 2012).

O objetivo desse trabalho foi avaliar, em laboratório, o efeito da adição de diferentes doses de biocarvão sobre a capacidade de retenção de água em um Argissolo e em um Vertissolo do Semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Solos da Embrapa Semiárido, utilizando diferentes doses de biocarvão (0, 25, 50, 75 e 100%, proporção em massa) adicionadas a dois tipos de solo: um Vertissolo, coletado no Campo Experimental de Mandacaru, da Embrapa Semiárido, em Juazeiro-BA, e um Argissolo, coletado no Campo Experimental da Caatinga, da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE (Tabela 1). O biocarvão utilizado no experimento (Tabela 2) foi doado, para fins de pesquisa, à Embrapa Semiárido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA e foi previamente passado em peneira com abertura de 0,2 mm. Os solos utilizados foram secos ao ar e passados em peneira com malha de abertura de 2 mm.

Foram misturadas ao solo cinco quantidades de biocarvão: 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de biocarvão (proporção em massa). Nas misturas de solo+biocarvão foram determinadas as quantidades de água retida em diferentes tensões (0,0006; 0,01; 0,03; 0,06; 0,1 e 1,5 MPa), pelo método da centrífuga (Embrapa, 1997). A quantidade de água disponível foi considerada como a diferença entre a umidade retida na capacidade de campo (0,0006 MPa) e no ponto de murcha permanente (1,5 MPa).

Tabela 1. Caracterização química dos solos utilizados no experimento

Solo	CE	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H ⁺ Al	SB	CTC	V	Areia	Silte	Argila
	mS cm ⁻¹		mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----							%	-----g kg ⁻¹ -----			
Vertissolo	0,44	8,1	19,23	0,17	0,07	6,7	18,3	0,0	0,20	25,2	25,4	99,4	411,9	376,4	211,7
Argissolo	0,52	6,7	0,48	0,05	0,03	3,4	1,0	0,0	1,92	4,48	6,4	70,0	864,3	131,3	4,4

Tabela 2. Caracterização química do biocarvão utilizado no experimento

CE	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	Cinzas	Voláteis	Carbo no fixo
mS cm ⁻¹		mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----									-----%	-----	
0,80	7,5	44,32	1,40	0,17	3,9	1,1	0,0	0,0	6,6	6,6	100	5,18	16,58	72,48

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 5 x 2 (5 doses de biocarvão x 2 tipos de solos), em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças nas curvas de retenção de água foram mais evidentes no Argissolo do que no Vertissolo (Figura 1). As quantidades de água disponível entre o ponto de murcha permanente e a capacidade de campo para Vertissolo e Argissolo foram, respectivamente, 84,5 g kg⁻¹ e 59,5 g kg⁻¹. Reynolds et al. (2002) afirmam que a umidade do solo no ponto de murcha permanente é determinada principalmente pelo conteúdo de argila no solo, enquanto a umidade na capacidade de campo depende da interação entre conteúdo de argila, estrutura, densidade e carbono orgânico do solo.

A adição de biocarvão aumentou a quantidade de água no ponto de murcha permanente dos dois solos, mas esse efeito foi mais evidente no Argissolo, onde a umidade na tensão de 1,5 MPa aumentou 5,5 vezes entre a testemunha e o tratamento com 75% de biocarvão. No Vertissolo, a umidade nessa mesma tensão aumentou 1,5 vezes, resultados que estão relacionados à textura do solo e concordam com Sohi et al. (2009). Na capacidade de campo, a adição de 75% de biocarvão aumentou em 2,2 vezes a umidade do Vertissolo e em 4,9 vezes a umidade do Argissolo, refletindo, portanto, o aumento da retenção de água promovido por este condicionador (Sohi et al., 2009).

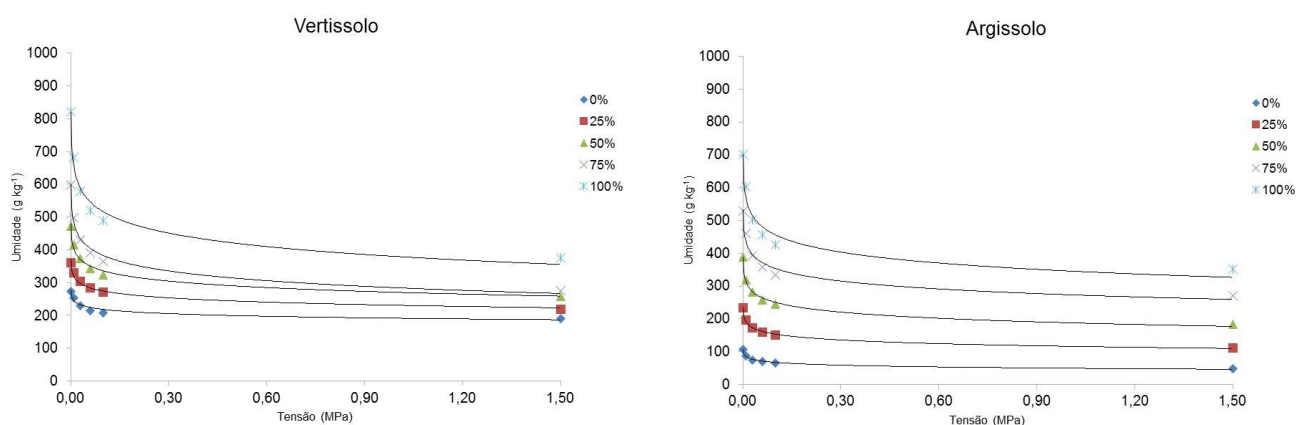


Figura 1. Curvas características de retenção de água em Vertissolo e Argissolo em função da adição de diferentes quantidades de biocarvão (% em massa)

Não houve interação significativa entre doses de biocarvão e tipos de solo. Apesar disso, houve efeito isolado de doses de biocarvão sobre a umidade do solo (Figura 2), sendo que o aumento de 1% na quantidade de biocarvão adicionada ao solo promoveu um aumento de 3,23 g kg⁻¹ na quantidade de água disponível no solo, independentemente do solo. Além disso, a adição de 2% de biocarvão aumentou em 11% a retenção de água no solo, valor próximo ao observado por Novak et al. (2009) (15,9%) para um solo contendo 10% de argila.

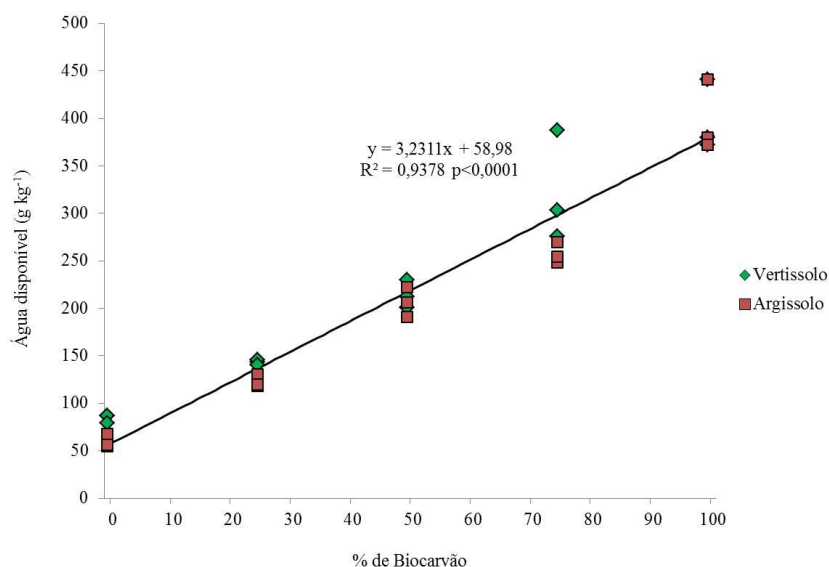


Figura 2. Efeito da proporção de biocarvão (% massa) sobre o conteúdo de água disponível entre o ponto de murcha permanente e a capacidade de campo

CONCLUSÕES

A aplicação de biocarvão aumentou em 2,2 vezes o conteúdo de água na capacidade de campo do Vertissolo e em 4,9 vezes no Argissolo, com efeitos de maior intensidade nesse último. Portanto, o biocarvão demonstrou, em condições de laboratório, possuir grande potencial para aumentar a retenção de água em solos da região Semiárida. Estudos adicionais a respeito dos efeitos a longo prazo sobre outros atributos do solo ainda são necessários para que se possa definir a dose ideal, a forma de aplicação e a matéria-prima a ser utilizada na produção do biocarvão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa e ao CNPq pelo apoio financeiro para realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**, 1997.

MADARI, B. E. et al. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W.G. et al. (Eds.). **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. 420 p.

NOVAK, J. M. et al. Biochars impact on soil-moisture storage in an Ultisol and two Aridisols. **Soil Science**, Baltimore, v. 177, n. 5, p. 310-320, 2012.

NOVAK, J. M. et al. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. **Annals of Environmental Science**, Boston, v. 3, n. 1, p. 195-206, 2009.

NOVOTNY, E. H. et al. Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use – a critical review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 321-344, 2015.

REYNOLDS, W. D. et al. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, Amsterdam, v. 101, n. 1-2, p. 131-146, 2002.

SOHI, S. et al. **Biochar, climate change and soil: A review to guide future research**. CSIRO Land and Water Science Report 05/09, 2009, 64 pp.

VERHEIJEN, F. et al. **Biochar application to soils - a critical scientific review of effects on soil properties, process and functions**. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxemburg, p. 149, 2009.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTES DE CULTIVO DA BETERRABA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

Adilson Pacheco de Souza¹, Brena Geliane Ferneda², Marlus Sabino², Karoline Pereira de Oliveira², Giovana da Silva Wanderlei de Lima²

¹Prof.(a) Adjunto, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, pachecoufmt@gmail.com; ²Bolsista Pibic CNPq, Graduando(a), ICAA, UFMT, Sinop, MT, marlussabino@gmail.com, brenaferneda95@gmail.com, karolineoliveira043@hotmail.com, giovanawanderleagro@gmail.com

RESUMO: Objetivou-se determinar a evapotranspiração da cultura (ETc) e os coeficientes de cultivo (Kc) da beterraba cv. Early Wonder, por meio de lisimetria de drenagem, em cultivos com diferentes telas de sombreamento, na região Norte de Mato Grosso. Foram avaliados os níveis de sombreamento de 0, 35, 50 e 80%, com telas polietileno pretas. Empregou-se um sistema de irrigação por gotejamento, com manejo da irrigação baseado na reposição da evapotranspiração de referência (ETo) por tanque Classe A (lâmina hídrica em excesso). Diariamente foram coletados os volumes drenados (percolação) e a ETc foi definida pela diferença entre as lâminas aplicada e drenadas. Para definição do Kc adotou-se a ETo pelo método de Penman-Monteith-Fao 56. Na condição de pleno Sol, os valores de Kc obtidos foram de 0,81; 1,36 e 1,00 para as fases inicial (transplante a 80% do desenvolvimento vegetativo), médio (início da tuberculização) e final (crescimento do tubérculo a colheita). O aumento do percentual de sombreamento reduz a ETc e o Kc, independentemente da fase de desenvolvimento da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: necessidades hídricas, ambiente de cultivo, manejo de irrigação

EVAPOTRANSPIRATION AND COEFFICIENTS OF BEET CROPS UNDER DIFFERENT SHADING LEVELS

ABSTRACT: The objective was to determine the crop evapotranspiration (ETc) and the crop coefficients (Kc) of beet cv. Early Wonder, through lysimetry of drainage, in plantations with different shading screens, in the northern of Mato Grosso. The shading levels of 0, 35, 50 and 80% were evaluated with black polyester screens. A drip irrigation system was used, with management based on the reposition of reference evapotranspiration (ETo) by Class A pan (excess water quantity). The drained volumes were collected daily (percolation) and ETc was defined by the difference between the applied and drained daily levels. To define the Kc, the ETo was adopted by the Penman-Monteith-Fao 56 method. In the full sun condition, the values of Kc obtained were 0.81, 1.36 and 1.00 for the initial stages (transplanting at 80% of the vegetative development), medium (beginning of tuberization) and final (growth of tuber to harvest). Increasing shading percentage reduces ETc and Kc, regardless of the stage of development of the culture.

KEYWORDS: water requirements, cultivation environment, irrigation management

INTRODUÇÃO

No Estado de Mato Grosso ainda há grande demanda por produtos hortícolas, uma vez que a produção no Estado não é capaz de suprir o mercado interno. A escassez de produtores de hortaliças, como a beterraba, no Estado se deve principalmente à pouca informação quanto ao desempenho dos cultivos frente às variações edafoclimáticas da região, assim como, a adequação de sistemas de produção que propiciem condições ideais de culturas exigentes quanto ao clima (SEABRA JUNIOR et al., 2012).

Em geral, sabe-se que a olericultura é uma atividade econômica de alto risco em função dos problemas fitossanitários, sensibilidade às condições climáticas desfavoráveis e da vulnerabilidade à sazonalidade da oferta de produto e de mão-de-obra. Entre as principais barreiras para o cultivo de hortaliças em regiões tropicais, como o norte do Mato Grosso, encontram-se o excesso de radiação solar e as altas temperaturas, de forma que, produtores têm adotado o uso de telas de sombreamento como forma de controlar as variações e, principalmente, o excesso dessas variáveis microclimáticas em cultivos protegidos (ROCHA et al., 2015).

O presente estudo teve como objetivo determinar a evapotranspiração e os coeficientes de cultura da beterraba cv. Early Wonder, cultivada sob diferentes telas de sombreamento, na região de Sinop-MT.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no Setor de Produção Vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus Sinop, situado a 11,85° S e 55,57° O e altitude média de 371 m. De acordo com classificação de Köppen, o clima é o Aw (tropical quente e úmido), caracterizado pela presença de duas estações bem definidas (chuvosa entre outubro e abril, e seca de maio a setembro), por uma baixa amplitude térmica anual (médias mensais variando entre 24 e 27 °C) e precipitação média anual de 1970 mm (SOUZA et al., 2013).

A semeadura da beterraba cv. Early Wonder foi realizada no dia 17/08/2016, em bandejas de poliestirelo com 128 células. Após vinte e um dias, as mudas foram transplantadas para canteiros formados por telhas de fibrocimento tipo calha, suspensas a 1 m do solo, com 7,58 x 0,75 x 0,50 m de comprimento, largura e profundidade. Adotou-se espaçamento de 0,25 x 0,25 m entre plantas e linhas. Os lisímetros foram preenchidos com Latossolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006) visando simular as características edáficas da região, sendo este destorroado e passado em peneira com malha de 4 mm. Diante da caracterização química e física do solo, procedeu-se a correção quanto à acidez, com adição de calcário dolomítico PRNT de 80%, na dose de 3,25 g m⁻³ de solo.

Para medida da evapotranspiração da cultura (ET_c) foram utilizados trinta e seis lisímetros de drenagem, construídos a partir de recipientes circulares de 40 cm de altura e 22 cm de diâmetro, perfurados na parte inferior e providos de sistema de coleta, possibilitando o escoamento e o armazenamento do lixiviado (Figura 1). A extremidade inferior de cada lisímetro foi revestida com filtro de nylon, para evitar perda de solo ou turvamento da água coletada.

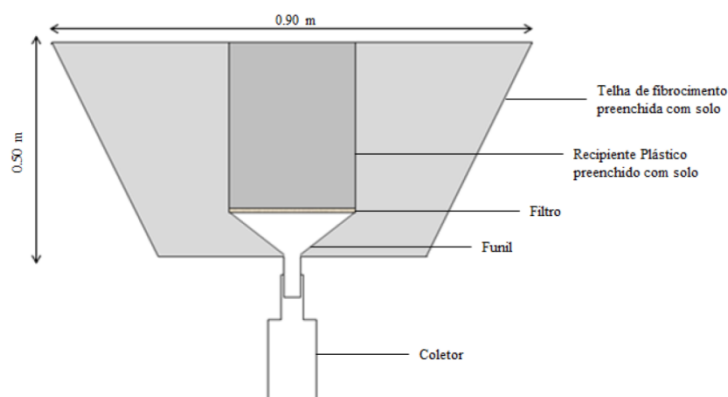


Figura 1. Desenho esquemático do lisímetro de drenagem empregado para avaliação da evapotranspiração da cultura.

O experimento foi composto por quatro tratamentos considerados como as condições de sombreamento, por telas polifinas pretas com intensidades luminosas de 35, 50 e 80% e a condição pleno sol. As telas foram montadas sob os canteiros em túnel baixo. Empregou-se um sistema de irrigação por gotejamento por meio de mangueiras de polietileno, cujos emissores eram integrados no espaçamento de 0,50 m (um emissor por planta) e apresentavam vazão de 7,5 L h⁻¹ para pressão de serviço de 10 mca. O manejo da irrigação foi baseado na reposição diária da evapotranspiração de referência (ET_o) por tanque Classe A (lâmina hídrica em excesso), conforme recomendações de Souza et al. (2015). Após 6 horas da irrigação, foram coletados os volumes drenados (percolação) e a ET_c foi definida pela diferença entre as lâminas aplicada e drenadas. Para definição do K_c adotou-se a ET_o pelo método de Penman Montheit Fao 56.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento do experimento precipitação pluvial apresentou comportamento crescente, e conseqüentemente as temperaturas médias apresentaram comportamento decrescente (Figura 2), uma vez que se iniciou a estação chuvosa e neste momento a amplitude é reduzida, devido à redução da radiação global em decorrência da nebulosidade (SOUZA et al., 2013).

Nas condições de cultivo em pleno sol foram observadas as maiores variações na evapotranspiração acumulada, indicando que semelhanças na ET_c quando comparada com 35% de sombreamento e a ET_o (Figura 3), nas fases de desenvolvimento vegetativo e final de ciclo (maturação do tubérculo). Quando analisada a produtividade observa-se que houve maior produção em plantas de beterraba cultivadas sob telas com 35% de sombreamento (10,989 t ha⁻¹), seguida de sombreamento de 50% (8,9314 t ha⁻¹), pleno sol (7,94 t ha⁻¹) e 80% (0,844 t ha⁻¹) (Figura 3), indicando um comportamento polinomial com pontos de máximo em 28,1% de sombreamento para produtividade máxima de 10,96 t ha⁻¹.

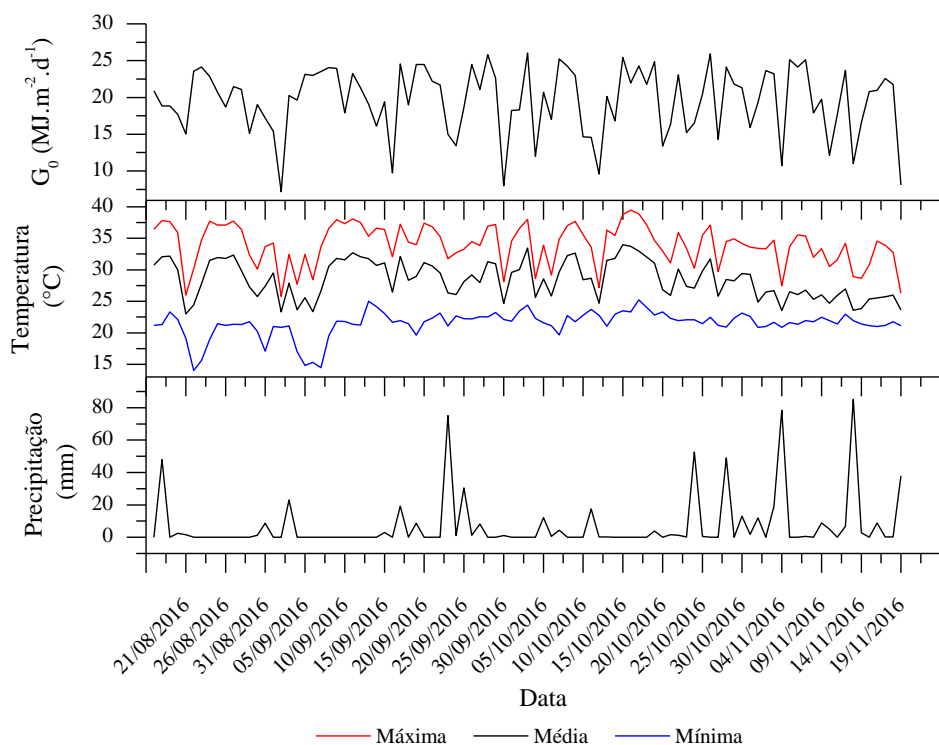


Figura 2. Variação da temperatura máxima, média e mínima, precipitação e radiação global (G_0) durante o período experimental, na cidade de Sinop-MT.

Em geral, maiores níveis de sombreamento propiciaram redução do coeficiente de cultivo, independentemente da fase fenológica (Tabela 1), todavia, observou-se também menores níveis de produtividade nessas condições de cultivo.

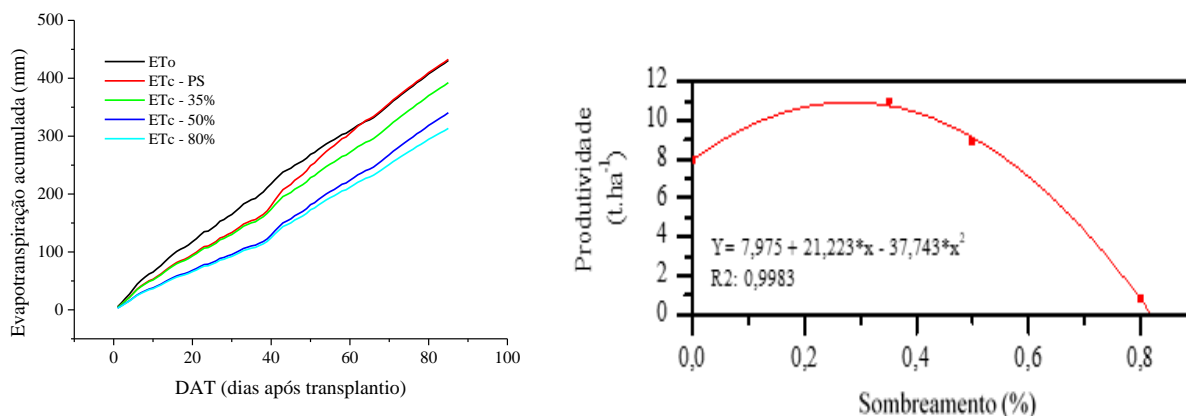


Figura 3. Evapotranspiração acumulada e produtividade de beterraba cv. Early Wonder em diferentes condições de sombreamento (considerando as atenuações das telas poliefinas em decimal), em Sinop-MT.

Tabela 1. Coeficientes de cultivo médios da beterraba cv. Early Wonder cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento, em Sinop-MT.

Fase fenológica	Pleno Sol	35	50	80
Inicial (10% DV - 80% DV)	0,81 ± 0,03	0,79 ± 0,12	0,58 ± 0,26	0,56 ± 0,23
Médio (tuberização)	1,36 ± 0,20	1,07 ± 0,36	1,03 ± 0,33	0,95 ± 0,35
Final	1,00 ± 0,07	0,98 ± 0,10	0,95 ± 0,12	0,82 ± 0,19

CONCLUSÕES

O uso de telas de sombreamento influencia na evapotranspiração e nos coeficientes de cultivo da beterraba. As maiores produtividades foram observadas a 35% de sombreamento, com coeficientes de cultivo variando de 0,79 a 1,07 nas diferentes fases fenológicas da cultura.

AGRADECIMENTOS

A Fapemat pelo auxílio financeiro ao projeto de pesquisa (Processo: 224121/2015) e aos integrantes do Grupo de Pesquisa Ambiente e Planta.

REFERÊNCIAS

- SEABRA JÚNIOR, S. et al. Cultivo de alface em Cáceres MT: perspectivas e desafios. **Revista Conexão**, Ponta Grossa, v.8, n.1, p. 130-137, 2012.
- ROCHA, A. F. et al. Variações microclimáticas de áreas urbanas em biomas no Estado de Mato Grosso: Cuiabá e Sinop. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v.4, p.246-257, 2015.
- SOUZA, A. P. et al. Coeficientes de tanque classe A para estimativa da evapotranspiração de referência de transição Cerrado-Amazônia. **Scientia Plena**, Aracajú, v.11, n.5, p.1-13, 2015.
- SOUZA, A. P. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v.1, n.1, p. 34-43, 2013.
- SOUZA, A. P. et al. Coeficientes de Tanque Classe A para estimativa da evapotranspiração de referência diária na região de transição Cerrado-Amazônia. **Scientia Plena**, Aracajú, v.11, n.5, p. 01-14, 2013.

ADUBAÇÃO NITROGENADA E IRRIGAÇÃO COM DÉFICIT HÍDRICO CONTROLADO (RDI) NA QUALIDADE DE FRUTOS DO MELOEIRO

Luan David Alcantara Campos¹, ²Juliana Leite Silva, ³Daniel Nunes Sodré Rocha,
⁴Alessandro Carlos Mesquita, ⁵Jony Eishi Yuri

¹Discente do curso de Mestrado em Agronomia, PPGHI/UNEB, Juazeiro, BA, luan.engagro@gmail.com;

²Discente em Engenharia Agrônômica, UNEB/DTCS, Juazeiro, BA, juliana1697@hotmail.com

@hotmail.com; ³Discente em Engenharia de Bioprocessos, UNEB/DTCS, Juazeiro, BA,

danielnunesif@hotmail.com; ⁴PhD., professor, UNEB/DTCS, Juazeiro, BA,

alessandro.mesq@yahoo.com.br; ⁵Dr., pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE,

jony.yuri@embrapa.br.

RESUMO: O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), campus III, Juazeiro - BA. Foram utilizadas quatro diferentes lâminas de irrigação, intercalando entre os ciclos: vegetativo e produtivo, respectivamente: L1 (100 % da ETc todo o ciclo da cultura); L2 (100% para 80% da ETc); L3 (100% para 60% da ETc) e L4 (100% para 40% da ETc), e quatro dosagens de nitrogênio (140, 110, 80 e 50 kg/ha). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Foram analisadas as seguintes variáveis: peso de fruto (PF), espessura de casca (EC) e espessura de polpa (EP), pH, firmeza de frutos (FF) e sólidos solúveis totais (SST). Observou diferenças significativas para todas as variáveis analisadas, excetuando-se, para a variável pH. O déficit hídrico possibilitou uma menor rentabilidade em relação à espessura de polpa, em contrapartida acrescentou uma maior espessura de casca. Os sólidos solúveis elevaram seu teor, à medida que ocorreu o acréscimo das dosagens de nitrogênio.

PALAVRAS-CHAVE: Fitotecnia; estresse hídrico; pós-colheita.

NITROGEN FERTILIZATION AND IRRIGATION WITH CONTROLLED WATER DEFICIT (RDI) IN THE QUALITY OF MELOEIRO FRUITS

ABSTRACT: The experiment was conducted in the experimental area of the State University of Bahia (UNEB), campus III, Juazeiro - BA. Four different irrigation slides were used, intercalating between the cycles: vegetative and productive, respectively: L1 (100% of ETc throughout the crop cycle); L2 (100% to 80% of ETc); L3 (100% for 60% of ETc) and L4 (100% for 40% of ETc), and four nitrogen dosages (140, 110, 80 and 50 kg / ha). The experimental design was a randomized complete block design in subdivided plots with four replications. The following variables were analyzed: fruit weight (PF), peel thickness (EC) and pulp thickness (PE), pH, fruit firmness (FF) and total soluble solids (TSS). It observed significant differences for all variables analyzed, except for the pH variable. The water deficit allowed a lower profitability in relation to the thickness of pulp, in contrast added a greater thickness of bark. The soluble solids increased their content, as the nitrogen dosages increased.

KEY-WORDS: Plant science; hydric stress; post harvest.

INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil, por apresentar condições ótimas de cultivo, clima semiárido e alta luminosidade, é responsável pela maior quantidade de melão (*Cucumis melo*) produzido no país (IBGE, 2010). A região semiárida é caracterizada por déficit hídrico, elevadas temperaturas e baixa umidade relativa, restringindo bastante à agricultura nesta região, limitando o cultivo em áreas irrigadas, contudo o cenário atual é de agravamento da escassez hídrica ocasionada principalmente pelas mudanças climáticas de acordo com Marengo (2008).

A nutrição e o manejo hídrico são fatores extremamente importantes para o custo de produção, por isso se faz necessário o uso eficiente de nitrogênio (N) e água. Segundo Klar (1988) uma adubação balanceada promove o uso eficiente de água pelas culturas, sendo o nitrogênio um dos nutrientes que tem grande expressão na variação da eficiência do uso de água pelas plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o manejo da irrigação em função do estágio de desenvolvimento da cultura (RDI) e o efeito do aumento da dosagem do nitrogênio na qualidade de frutos do meloeiro Goldmine.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada entre setembro e dezembro de 2016, sendo conduzido na área experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS, Campus III, da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, na cidade de Juazeiro-BA. O clima local é do tipo Bsw, semiárido, de acordo com Köppen, com a precipitação média anual de 540 mm. Foram retiradas amostras de solo das camadas de 0 - 20 cm para a caracterização química, posteriormente o solo foi corrigido.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições. As diferentes lâminas de irrigação: L1 (100 % da ETc durante todo o ciclo da cultura); L2 (100% da ETc até a fase que compreende o florescimento, com reposição de 80% da ETc na fase de produção); L3 (100% da ETc até a fase que compreende o florescimento, com reposição de 60% da ETc na fase de produção) e L4 (100% da ETc até a fase que compreende o florescimento, com reposição de 40% da ETc na fase de produção), constituindo assim as parcelas e como subparcelas temos as diferentes dosagens de nitrogênio: D1 (50 Kg/ha); D2 (80 Kg/ha); D3 (110 Kg/ha) e D4 (140 Kg/ha). As doses foram calculadas sobre o recomendado para cultura. As parcelas foram compostas por 24 plantas, as subparcelas por 6 plantas, foram utilizadas as 4 plantas centrais para fins de análises.

O manejo de irrigação foi realizado com base em dados agrometeorológicos. A necessidade hídrica das plantas, ou seja, evapotranspiração da cultura (ETc), era obtida a partir da relação entre evapotranspiração de referência (ETo) e do coeficiente da cultura (Kc). Os dados meteorológicos eram adquiridos através da Estação Meteorológica Automática do DTCS/UNEB, que fica localizada ao lado da área experimental. A irrigação foi feita por fitas gotejadoras, espaçadas a cada 0,20 m

Foram utilizadas sementes da cultivar GoldMine para produção de mudas que com 11 dias após o plantio foram transplantadas com espaçamento de 0,30 m entre plantas. As adubações de cobertura procederam via fertirrigação, individualmente com o auxílio de seringas (10 mL).

Ao final do ciclo foram feitas as coletas e as identificações dos frutos, e posteriormente, o material foi levado para análise no Laboratório de Fisiologia Vegetal da UNEB, onde foram analisados: peso de fruto (PF), espessura de casca (EC) e espessura de polpa (EP), firmeza de frutos (FF) e sólidos solúveis totais (SST) e pH.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância a 5% de probabilidade. Quando observado significância foi aplicado um teste de medias e análise de regressão. O software utilizado para as análises foi o ASSISTAT 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à variável peso de fruto (Figura 1. A), podemos observar um decréscimo de massa fresca do fruto com a diminuição das lâminas após o florescimento, podendo estar relacionado ao estresse provocado pelo déficit, principalmente na fase reprodutiva. Isso pode ter ocasionado o fechamento estomático em um maior período do dia, evitando assim a perda de água nas plantas, com redução da entrada de CO₂, gerando assim uma menor produção de fotoassimilados. O déficit hídrico diminui a quantidade de fotoassimilados translocados (TAIZ & ZEIGER, 2013).

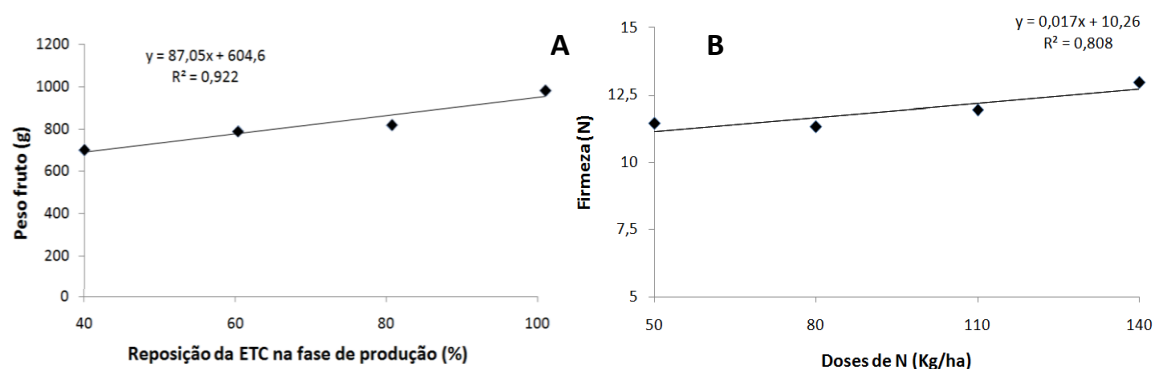


Figura 1. Peso de frutos de melão (A) em função da reposição das lâminas de irrigação na fase de produção e firmeza de polpa (B) na interação com diferentes doses de nitrogênio, Juazeiro-Ba, 2017.

A firmeza da polpa é uma característica essencial para a vida pós-colheita do fruto, aumentando a sua resistência a danos físicos e perda de água (CARDOSO NETO et al., 2006). As plantas que receberam uma maior dosagem de N possibilitaram uma maior constituição de fibras e, conseqüentemente, maior firmeza na polpa. Observando a Figura 1.B, verificar-se que a firmeza se acentua com o aumento das dosagens de nitrogênio. Tais resultados são semelhantes aos encontrados por Barros et al. (2012).

De acordo com Villanueva et al. (2004), existe uma correlação forte entre o acúmulo de açúcares e a qualidade do fruto, principalmente durante seu crescimento. Podemos averiguar que a quantidade de sólidos solúveis totais (Figura 2) é crescente quando correlacionada com o fator adubação nitrogenada, tendo um maior aporte na maior quantidade de nitrogênio, isso pode ser observado também nos resultados encontrados por Barros et al. (2012), trabalhando com 5 níveis de nitrogênio (50, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ de N), verificando que o maior índice de SST foi obtido na dose 150 Kg/ha, semelhante ao tratamento utilizado no presente trabalho (140 Kg/ha).

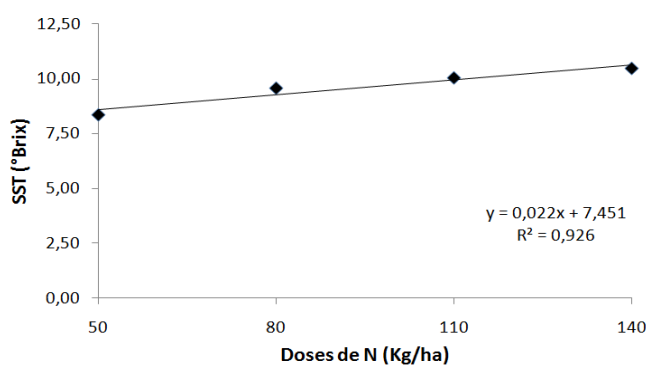


Figura 2. Teor de sólidos solúveis totais de frutos de melão com a interação de diferentes doses de nitrogênio, Juazeiro-Ba, 2017.

As variáveis espessura de casca e polpa apresentaram comportamentos distintos (Figuras 3. A e B). A espessura da polpa diminuiu, consideravelmente, conforme ocorreu um déficit hídrico na planta após o florescimento. Uma maior espessura da polpa é desejável, pois aumenta o peso e a parte comestível, melhorando a qualidade do fruto. Miranda et al. (2005) verificaram que os valores predominantes de espessura de polpa do melão Goldex, irrigados por gotejamento, foram entre 4,0 e 4,3 cm, existindo regiões na área experimental com valores menores (3,65 cm), tal valor é semelhante aos encontrados nesse trabalho.

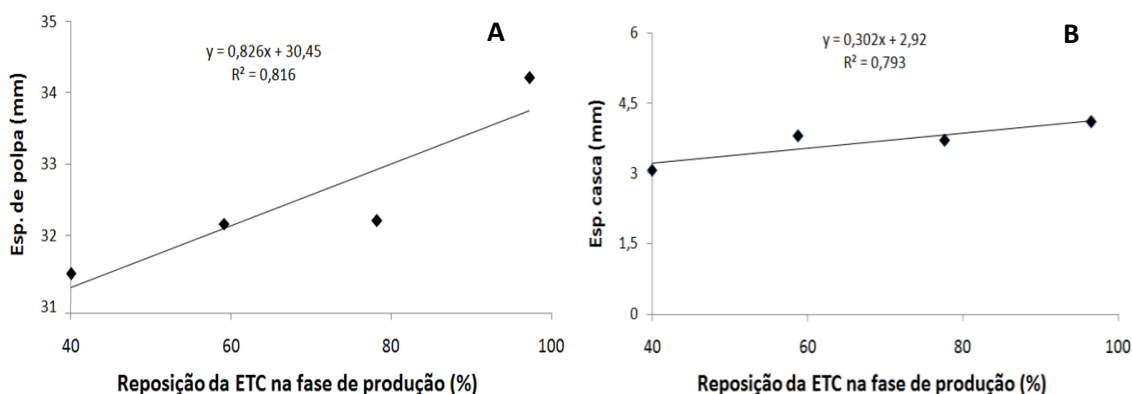


Figura 3. Variação da espessura de polpa (A) e espessura de casca (B) de frutos de melão em função da reposição de lâminas de irrigação na fase de produção, Juazeiro-Ba, 2017.

A espessura de casca (Figura 3. B) diminuiu com restrição hídrica nas plantas. Uma maior espessura de casca propicia resistência ao fruto no transporte e menor perda de água, ou seja, maior tempo de prateleira. Verificou-se que houve uma significância entre as médias, podendo afirmar que uma restrição hídrica na fase de produção acarreta uma perda de 25,4% na espessura de casca.

CONCLUSÕES

Diante dos dados apresentados, nas condições em que foi realizado o experimento, pode-se concluir que o aumento do déficit hídrico após o florescimento reduziu a espessura da parte comestível do fruto e conseqüentemente, o seu peso. Contudo, os sólidos solúveis foram ajustados conforme o aumento das dosagens de nitrogênio, tendo sua maior concentração na maior dosagem de nitrogênio aportada.

REFERÊNCIAS

BARROS, M. M.; ARAÚJO, W. F.; NEVES, L. T. B. C. et al. Produção e qualidade da melancia submetida a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 16:1078–1084, 2012.

CARDOSO NETO, F.; GUERRA, H. O. C. Natureza e parcelamento de nitrogênio na qualidade dos frutos do meloeiro, **Revista Caatinga**, 19:153-160, 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010, 17 de março. **Produção agrícola estadual**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/. Acesso em: mar/2017.

KLAR, A. E. **Água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2ª ed. São Paulo: Nobel. 1988.
MARENGO, J. A. **Água e mudanças climáticas**. Estud. av. 2008, vol.22, n.63, PP. 96.

MIRANDA, N. de O.; OLIVEIRA, T. S. de; LEVIEN, S. L. A.; SOUZA, E. R. de. Variabilidade espacial da qualidade de frutos de melão em áreas fertirrigadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 242-249, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal** – 3ª edição. Editora Artmed, Porto Alegre/RS. 2013.

VILLANUEVA, M. J.; TENÓRIO, M. D.; ESTEBAN, M. A.; MENDONZA, M. C. Compositional changes during ripening of two cultivars of muskmelon fruits. **Food Chemistry**, v.87, p.179-185, 2004.

INFLUÊNCIA DO DÉFICIT HÍDRICO CONTROLADO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NAS CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS DO MELOEIRO

Luan David Alcantara Campos¹, Kalline Mendes Ferreira², Daniel Nunes Sodré Rocha³, Alessandro Carlos Mesquita⁴, Welson Lima Sim es⁵

¹Discente do curso de Mestrado em Agronomia, PPGHI/UNEB, Juazeiro, BA, luan.engagro@gmail.com; ²Discente do curso de Mestrado em Agronomia, PPGHI/UNEB, Juazeiro, BA, kmf.agronomia@gmail.com; ³Discente do curso de Engenharia de Bioprocessos, UNEB/DTCS, Juazeiro, BA, danielnunesif@hotmail.com; ⁴PhD., professor, UNEB/DTCS, Juazeiro, BA, alessandro.mesq@yahoo.com.br; ⁵Dr., pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, welson.simo.es@embrapa.br.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do déficit hídrico e diferentes dosagens de nitrogênio nas atividades bioquímicas do meloeiro, na região do Submédio do Vale do São Francisco. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus III, Juazeiro - BA. Foram utilizadas quatro lâminas de irriga o: L1, 100 % da ETc durante todo o ciclo da cultura; as demais, L2, L3 e L4, respectivamente, 100% da ETc até a fase de florescimento, com reposi o na fase de produ o de 80, 60 e 40% da ETc. As dosagens de nitrogênio utilizadas foram: 50, 80, 110 e 140 Kg ha⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas com quatro repeti es. Foram analisadas as seguintes variáveis: atividade da enzima nitrato redutase (RN), teor de a u ares solúveis totais (AST) e a u ares redutores (AR). O déficit hídrico promoveu menor assimila o de nitrogênio pela enzima nitrato redutase (RN), repercutindo num menor desenvolvimento da cultura. Maiores dosagens de nitrogênio favoreceram a produ o e o armazenamento de a u ares solúveis totais (AST) e a u ares redutores (AR), em tecidos foliares de melão.

PALAVRAS-CHAVE: Nitrato redutase, a u ares redutores, a u ares totais.

INFLUENCE OF CONTROLLED WATER DEFICIT AND NITROGEN FERTILIZATION ON THE BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF MELON

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effect of water deficit and different nitrogen dosages on the biochemical activities of the melon in the region of the Submedium São Francisco Valley. The experiment was conducted in the experimental area of the State University of Bahia (UNEB), Campus III, Juazeiro - BA. Four irrigation slides were used: L1, 100% ETc throughout the crop cycle; the others, L2, L3 and L4, respectively, 100% of ETc until the flowering phase, with replacement in the production phase of 80, 60 and 40% of ETc. The nitrogen dosages used were: 50, 80, 110 and 140 kg ha⁻¹. The experimental design was a randomized complete block design with four replications. The following variables were analyzed: enzyme activity nitrate reductase (RN), total soluble sugars (AST) and reducing sugars (AR). The water deficit promoted less assimilation of nitrogen by the enzyme nitrate reductase (RN), which had a lower development of the crop. Higher nitrogen dosages favored the production and storage of total soluble sugars (AST) and reducing sugars (AR) in leaf tissues of melon.

KEY-WORDS: Nitrate reductase, reducing sugars, total sugars.

INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo*) é uma das olerícolas com maior expressão econômica para o desenvolvimento agrícola da região nordeste do Brasil. Essa cultura na região do Vale do Submédio São Francisco tem grande importância devido a sua prática de exploração, sendo prioritariamente cultivado por pequenos agricultores, em lotes de colonos ou em propriedades às margens do rio São Francisco (ARAÚJO et al., 2005).

O uso de nitrogênio na cultura de melão, quando aplicado em excesso, provoca maior crescimento das plantas, aumenta o risco de anomalias do fruto, podendo causar a diminuição da acidez titulável, frutos aquosos e insípidos (MORAES, 2006). Por sua vez, a deficiência de nitrogênio limita a produtividade de frutos (LEÃO et al., 2008).

A produtividade e a qualidade de frutos estão diretamente relacionadas às condições edafoclimáticas de cada região, fazendo-se necessário, portanto, o domínio das condições edáficas e do conhecimento das necessidades hídricas das plantas nos seus diferentes estágios de crescimento (YAALOM, 1967).

Muitos processos fisiológicos tais como crescimento e desenvolvimento foliar, acúmulo de fitomassa, tamanho e maturação do fruto, são afetados, tanto pelo déficit hídrico quanto pela concentração de sais na água de irrigação sendo, conseqüentemente, afetado todo o ciclo da cultura (MEIRI et al., 1993; FRANCO et al., 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do déficit hídrico e diferentes dosagens de nitrogênio nas atividades bioquímicas do meloeiro, na região do Vale do Submédio do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada entre setembro e dezembro de 2016, na área experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS, Campus III, da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Juazeiro. O clima local, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo BSw^h, semiárido, com precipitação média anual de 540 mm. A cultura estudada foi o melão.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. Como parcelas experimentais consideraram-se as lâminas de irrigação: L1 (100 % da ET_c durante todo o ciclo da cultura); L2 (100% da ET_c até a fase de florescimento, com reposição de 80% da ET_c na fase de produção); L3 (100% da ET_c até a fase de florescimento, com reposição de 60% da ET_c na fase de produção) e L4 (100% da ET_c até a fase de florescimento, com reposição de 40% da ET_c na fase de produção); e como subparcelas, diferentes dosagens de nitrogênio: D1 (50 Kg ha⁻¹); D2 (80 Kg ha⁻¹); D3 (110 Kg ha⁻¹) e D4 (140 Kg ha⁻¹). As parcelas foram compostas por 24 plantas e as subparcelas por 6 plantas, considerando-se as 4 plantas centrais como parcela útil.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi calculada a partir da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente da cultura (K_c)(ET_c = K_c ET_o). A ET_o foi obtida na Estação Meteorológica Automática do DTCS/UNEB, localizada ao lado da área experimental; os valores de K_c utilizados foram: 0,35 (fase inicial), 0,70 (fase vegetativa), 1,0 (fase de frutificação) e 0,80 (maturação), conforme (SOUSA, 2011). A irrigação foi realizada por gotejamento, com emissores espaçados em 0,20 m.

Foram utilizadas sementes da cultivar Goldmine para produção de mudas. Onze dias após a semeadura, as plantas foram transplantadas com espaçamento de 0,30 m

entre plantas e 2,0 m entre linhas. As adubações de cobertura foram feitas via fertirrigação, onde cada planta recebeu a solução com o auxílio de seringas (10 mL).

As coletas para análises bioquímicas nos tecidos foliares foram realizadas no campo, aos 60 dias após o transplante de mudas (DAT), e as características bioquímicas e enzimáticas foram analisadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal da UNEB. Para determinação da atividade da enzima nitrato redutase (RN) foi utilizado a metodologia de Keppler (1971), para teor de açúcares solúveis totais (AST), a metodologia de Yemm e Willis (1954) e açúcares redutores (AR), a metodologia de Miller (1959).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade. Quando observado significância, foi aplicado teste de médias e análise de regressão utilizando o software ASSISTAT 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes dosagens de nitrogênio (N) influenciaram na produção de açúcares solúveis totais e redutores na planta. Para a variável, açúcar solúvel total (AST), a análise estatística revelou que as diferentes doses de nitrogênio produziram efeito significativo, com ajuste ao modelo linear ($p < 0,05$) (Figura 1A).

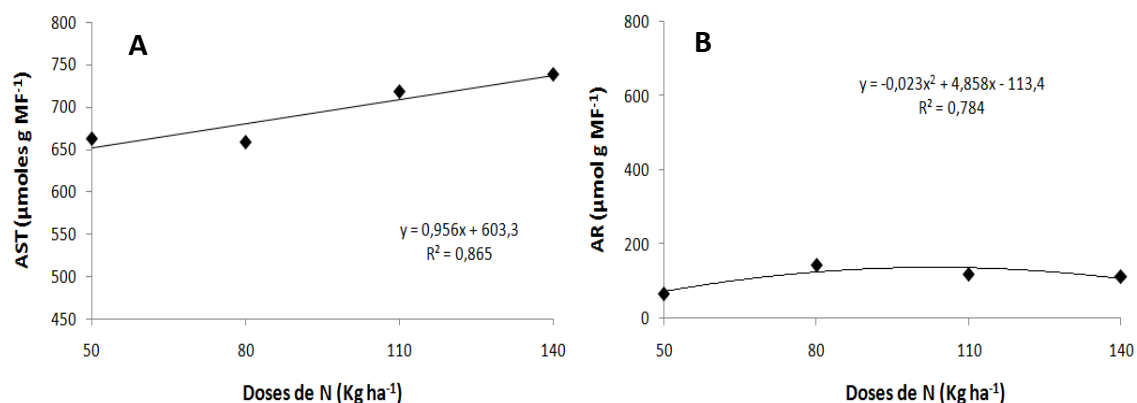


Figura 1. Açúcares solúveis totais (A) e açúcares redutores (B) de tecidos foliares de meloeiro, em função de diferentes doses de nitrogênio, Juazeiro-Ba, 2017.

Observa-se na Figura 1A que, com o aumento das dosagens de N, a planta apresentou uma maior concentração de açúcares no tecido foliar, com maior acúmulo para a dosagem de 140 Kg N⁻¹ ha⁻¹, cerca de 738 μmoles g MF⁻¹ de AST.

Para açúcares redutores (AR), o efeito das diferentes dosagens aplicadas, através da análise de regressão polinomial, revelou ajuste quadrático (Figura 1B). Um maior aporte de açúcar redutor foi constatado quando a planta foi adubada com 80 Kg N⁻¹ ha⁻¹, após essa máxima houve um decréscimo na ordem de 21,7%, quando comparado com o menor valor de N aplicado. A acumulação de açúcares durante o desenvolvimento e amadurecimento do melão é importante, considerando que esses são utilizados como fonte de energia no processo respiratório, durante o período de armazenamento, e são tidos como parâmetros de qualidade dos frutos.

A assimilação de nitrogênio é o segundo maior processo metabólico nas plantas superiores, sendo superado apenas pela fixação fotossintética do CO₂. As plantas absorvem o nitrogênio do solo nas formas de nitrato e amônio, sendo que o nitrato é a principal forma de nitrogênio inorgânico disponível para as plantas, reação essa catalisada pela enzima nitrato redutase (LARCHER, 2006).

Observa-se na Figura 2 que, a maior atividade da enzima ocorreu na ausência do déficit hídrico, reduzindo-se à medida que o déficit hídrico tornou-se mais severo após o

florescimento (80, 60 e 40% da ETC). O estresse hídrico provoca reduções drásticas na atividade de redutase de nitrato, já a partir de pequenos decréscimos no potencial da água, porém os mecanismos moleculares não são totalmente conhecidos. A falta de água na planta acarreta redução da atividade dessa enzima (TAIZ& ZEIGER, 2013).

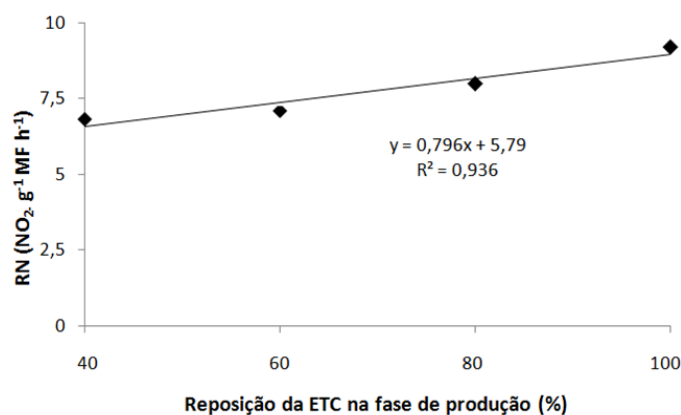


Figura 2. Nitrato Redutase (RN) em função de diferentes lâminas de irrigação, Juazeiro-Ba, 2017.

CONCLUSÕES

O déficit hídrico promoveu menor assimilação de nitrogênio pela enzima nitrato redutase (RN), repercutindo num menor desenvolvimento da cultura. Maiores dosagens de nitrogênio favoreceram a produção e armazenamento de açúcares solúveis totais (AST) e açúcares redutores (AR), em tecidos foliares de melão.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. L et al. **Produção integrada de melão no Vale do São Francisco: Manejo e Aspectos Socioeconômico**. Conformidade de Produção Integrada de Frutas. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido. 2005. cap. 3, p. 43 - 50.
- FRANCO, J. A.; FERNANDEZ, J. A.; BAÑÓN, S. Relationship between the effects of salinity on seedling leaf area and fruit yield of six muskmelon cultivars. **HortScience**, Alexandria, v.32, n.4, p.642-644, 1997.
- KEEPLER, L.; FLESHER, D. F. Generation of reduced nitotinamide-adenine-dinucleotide of for nitrate redution in gree leaves. **Plant Physiology**, 48:580-90, 1971.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532p.
- LEÃO, D. S.; PEIXOTO, J. R.; VIEIRA, J. V. Teor de licopeno e de sólidos solúveis totais em oito cultivares de melancia. **Bioscience Journal**, 22:7-15, 2006.
- MEIRI, A.; LAUTER, D .J.; SHARABANI, N. Shoot growth and fruit development of muskmelon under saline and non saline soil water deficit. **Irrigation Science**, New York, n.16, p.15-21, 1993.

MILLER, E. L. Use of dinitro salicylic and reagent determination of sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426 - 428, 1959.

MORAES, I. V. M. Cultivo de hortaliças. **Dossiê Técnico**. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT, 2006.

SOUSA, V. F. et al. **Irrigação e fertirrigação na cultura do melão**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal** – 3ª edição. Editora Artmed, Porto Alegre/RS. 2013.

YAALON, D. H. Salinization and salinity. **Journal of Chemical Education**, v.44, n.10, p.591-593, 1967.

YEMM, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v.57, n.3, p.508-514, 1954.

INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE COLHEITA NO TEOR E RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL DE ERVA-CIDREIRA

José Carlos Freitas de Sá Filho¹, Luís Fernando de Andrade Nascimento², Vanderson Santos Pinto³, Alisson Marcel Souza de Oliveira⁴, Arie Fitzgerald Blank⁵

¹Graduando em Eng. Agrônômica, UFS, São Cristóvão, Sergipe, carlos.freitasa@yahoo.com.br;

²Graduando em Eng. Agrônômica, UFS, São Cristóvão, Sergipe, luiz.fer.nando@hotmail.com;

³Mestrando PPGAGRI, UFS, São Cristóvão, Sergipe, vandersonpinto@gmail.com;

⁴Pós-doutorando PPDOP, São Cristóvão, Sergipe, allisson182001@yahoo.com.br;

⁵Professor-Orientador, DEA-UFS, São Cristóvão, Sergipe, arie.blank@gmail.com

RESUMO: Para avaliar a influência da época de colheita da Erva-Cidreira (*Lippia alba* (Mill.) N.) na produção da massa foliar seca, no teor e no rendimento de óleo essencial, realizou-se um experimento na Fazenda Experimental “Campus Rural” da UFS, no município de São Cristóvão. O delineamento foi feito em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições e espaçamento entre plantas e linhas de 0,8 x 0,8 metros. A primeira colheita foi feita na estação seca, 120 dias após o transplante das mudas no campo e a segunda colheita na estação chuvosa, 240 dias após o transplante. O óleo essencial foi obtido por hidrodestilação num aparelho do tipo de Clevenger. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas de acordo com o teste de Tukey. Para a variável Massa Seca Foliar a interação entre os fatores genótipos x época de colheita não foi significativa. Para as variáveis Teor e Rendimento de óleo essencial a interação genótipo x época de colheita foi significativa e os maiores valores de teor (3,13%) e rendimento (1,66 mL.planta⁻¹), foram observados para o genótipo LA-03 na estação seca.

PALAVRAS-CHAVE: *Lippia alba*, metabolismo secundário, sazonalidade.

INFLUENCE OF HARVEST SEASONS ON THE CONTENT AND YIELD OF ESSENTIAL OIL FROM THE ERVA-CIDREIRA

ABSTRACT: In order to evaluate the influence of the harvest time of the Erva-Cidreira (*Lippia alba* (Mill.) N.) on the production of dry leaf mass, essential oil content and yield, an experiment was carried out at Campus Experimental Farm of the UFS, in the municipality of São Cristóvão. The study was carried out in a randomized block design, in a subdivided parcel scheme, with 3 replications and spacing between plants and lines of 0.8 x 0.8 meters, and the first harvest was done in the dry season, 120 days after the transplanting of the seedlings in the field and the second harvest in the rainy season, 240 days after the transplant. The essential oil was obtained by hydrodistillation in a Clevenger type apparatus. The result was submitted to analysis of variance and the averages were compared according to the Tukey's test. There was no interaction between the genotype x harvesting factors, only for leaf dry matter. As for the content and yield of the essential oil, there was a significant interaction between the factors genotype and the harvesting. The highest values for the content (3.13%) and essential oil yield (1.66 mL.plant⁻¹) were observed for the LA-03 genotype in the dry season.

KEY-WORDS: *Lippia alba*, secondary metabolism, seasonality.

INTRODUÇÃO

A *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. é uma planta da família Verbenaceae, originária da América do Sul. No Brasil é popularmente conhecida como: erva-cidreira brasileira, falsa-melissa, alecrim-do-campo entre outros. Na medicina popular ela é utilizada devido as suas propriedades sedativas, carminativa e analgésica (ZÉTOLA et al., 2002).

Os óleos essenciais são líquidos voláteis dotados de aroma forte e quase sempre agradável, proveniente do metabolismo secundário (SILVA; CASALI, 2000). Como em qualquer outra cultura, as plantas medicinais necessitam de técnicas que otimizem sua produção, a fim de se obter maior acúmulo de biomassa e de constituintes químicos de interesse (EHLERT et al., 2013). Ecologicamente, uma planta emite determinadas substâncias aromáticas para fins de atração de polinizadores, dispersão de sementes, defesa contra predadores e proteção contra raios UV ou perda excessiva de água por evapotranspiração. Supostamente, durante a ocorrência desses fenômenos a concentração dos óleos essenciais é maior (JAKIEMIU, 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de colheitas nas épocas, seca (verão) e chuvosa (outono) na produção de massa seca de folhas, teor e rendimento de óleo essencial em diferentes genótipos de *L. alba* no estado de Sergipe.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos na fazenda experimental “Campus Rural” da UFS, situada no município de São Cristóvão-SE. Foram testados 17 genótipos (quatro genitores: LA-03, LA 56, LA-57, LA-70 e treze progênies: LA-03-01, LA-03-06, LA-56-01, LA-56-03, LA-56-04, LA-57-01, LA-57-02, LA-57-03, LA-57-07, LA-57-09, LA-57-10, LA-70-01, LA-70-03) oriundos de uma seleção recorrente. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições, onde cada parcela conteve quatro plantas. O espaçamento entre plantas e linhas foi de 0,8 x 0,8 m. O acesso LA-03 foi utilizado como bordadura.

Para a produção de mudas foram retiradas estacas de aproximadamente 15 cm das plantas matrizes e colocadas para enraizarem em tubetes com substrato na proporção de 3:1 de horizonte “A” do solo ocorrente no local do experimento e esterco bovino, respectivamente. Até o endurecimento, as mudas foram conduzidas em casa de vegetação com irrigação por aspersão durante 10 minutos no início da manhã e final da tarde, diariamente.

A primeira colheita foi realizada em dezembro, 120 dias após o transplântio e a segunda colheita foi realizada em abril, 240 dias após o transplântio das mudas em campo. Os dados meteorológicos do período estão descritos na tabela 1. Em cada colheita realizou-se um corte no caule acima de 20 cm do solo. As folhas foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada a 40 °C por 120 horas. Os óleos essenciais foram extraídos por hidrodesilação em aparelho tipo Clevenger com balões contendo 2 Litros de água destilada e 50 g de folhas secas, por 120 minutos.

Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente por meio de análise de variância (Teste F) e as médias agrupadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando o software SISVAR.

Tabela 7. Valores médios mensais dos elementos meteorológicos, São Cristóvão, UFS, 2017.

Mês/Ano	Temperatura Média (°C)	Umidade (%)	Radiação(kJ/m ²)	Precipitação (mm)
Setembro/2016	25,97	64,79	802,49	39,40
Outubro/2016	26,69	65,59	881,65	17,80
Novembro/2016	27,15	65,53	925,41	15,60
Dezembro/2016 *(C)	27,39	66,21	907,83	39,00
Janeiro/2017	27,90	61,09	931,74	3,80
Fevereiro/2017	28,16	61,39	935,36	17,60
Março/2017	28,34	63,00	903,41	58,40
Abril/2017 **(C)	27,83	66,46	837,05	142,00

*(C) = mês da primeira colheita (época seca), **(C) = mês da segunda colheita (época chuvosa).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que a interação entre os fatores genótipos x épocas de colheita, não foi significativo a 5% para massa seca de folhas, entretanto, quando analisados isoladamente verificou-se diferença significativa para ambos os fatores (tabela 2).

Tabela 2. Massa seca de folhas (g.planta⁻¹) de diferentes genótipos de *Lippia alba* em função de duas épocas de colheita. São Cristóvão, UFS, 2017.

	Massa seca de folhas (g.planta ⁻¹)		
	Épocas de colheita		
	Seca	Chuvosa	Médias
LA-03	53,31	48,69	51,00 a
LA-03-01	19,65	13,73	16,69 de
LA-03-06	31,49	28,96	30,22 bcde
LA-56	42,51	46,03	44,27 ab
LA-56-01	16,98	9,94	13,46 e
LA-56-03	42,44	31,19	36,81 abc
LA-56-04	18,52	9,78	14,15 e
LA-57	38,07	34,11	36,09 abc
LA-57-01	45,19	44,43	44,81 ab
LA-57-02	23,06	27,00	25,03 cde
LA-57-03	39,89	33,02	36,45 abc
LA-57-07	15,83	10,38	13,10 e
LA-57-09	25,24	16,79	21,01 cde
LA-57-10	24,29	10,96	17,63 de
LA-70	31,88	18,47	25,17 cde
LA-70-01	37,25	30,93	34,09 abcd
LA-70-03	28,73	17,13	22,93 cde
Médias	31,43 A	25,38 B	
*CV-a(%)		22,46	
**CV-b(%)		29,5	

Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra minúscula e nas linhas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; *CV-a é o coeficiente de variação em relação aos genótipos; **CV-b é o coeficiente de variação em relação às épocas de colheita.

Para as variáveis teor e rendimento de óleo essencial, foram observadas diferenças significativas a 1% de probabilidade para a interação genótipos x épocas de colheita.

Observou-se que as maiores médias de massa seca de folhas foram obtidas na época seca (31,43 g.planta⁻¹) e que entre os genótipos avaliados destacou-se o LA-03 com a maior média (53,3 g.planta⁻¹).

De maneira geral, para as variáveis teor e rendimento de óleo essencial, os genótipos apresentaram maiores médias no período seco, com exceção do LA-56-04 e LA-57-02 para o teor de óleo essencial e LA-57-02 para o rendimento de óleo essencial, que apresentaram os maiores valores no período chuvoso (Tabela 3).

Tabela 3. Teor (%) e rendimento (mL.planta⁻¹) de óleo essencial de diferentes genótipos de *Lippia alba* em função de duas épocas de colheita. São Cristóvão, UFS, 2017.

	Teor (%)		Rendimento (mL.planta ⁻¹)	
	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca
LA-03	1,70 abcdB	3,13 aA	0,87 aB	1,66 aA
LA-03-01	1,83 abcB	2,60 abA	0,20 cdeB	0,50 defA
LA-03-06	1,31 bcdeB	2,30 bA	0,37 bcdeB	0,72 bcdeA
LA-56	1,63 abcdB	2,50 abA	0,72 abB	1,05 bA
LA-56-01	1,13 cdeA	0,90 deA	0,10 eA	0,16 fA
LA-56-03	1,64 abcdB	2,20 bcA	0,50 abcdeB	0,95 bcA
LA-56-04	1,37 bcdeA	0,80 deB	0,13 eA	0,16 fA
LA-57	1,75 abcdB	2,60 abA	0,57 abcdB	1,02 bcA
LA-57-01	1,79 abcdA	1,50 cdA	0,80 aA	0,67 bcdeA
LA-57-02	2,29 aA	1,40 deB	0,62 abcA	0,31 efB
LA-57-03	1,32 bcdeA	1,50 cdA	0,46 abcdeA	0,61 cdeA
LA-57-07	1,48 bcdA	1,10 deA	0,15 eA	0,17 fA
LA-57-09	0,71 eA	0,70 eA	0,12 eA	0,16 fA
LA-57-10	1,69 abcdB	2,80 abA	0,19 deB	0,70 bcdeA
LA-70	2,00 abB	2,70 abA	0,37 bcdeB	0,87 bcdA
LA-70-01	1,05 deB	2,20 bcA	0,10 eB	0,64 bcdeA
LA-70-03	1,47 bcdB	2,40 abA	0,25 cdeB	0,70 bcdeA
*CV-a(%)	29,02		31,12	
**CV-b(%)	12,34		27,74	

Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra minúscula e nas linhas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; *CV-a é o coeficiente de variação em relação aos genótipos; **CV-b é o coeficiente de variação em relação as épocas de colheita.

A época de colheita não atua isoladamente sobre o metabolismo da planta, fatores como temperatura, disponibilidade hídrica, radiação solar e umidade relativa do ar também afetam o metabolismo primário e secundário (GOBBO NETO; LOPES, 2007), de maneira que os teores de cada genótipo dependem de onde a planta foi cultivada (ANDRADE; CASALI, 1999).

CONCLUSÕES

Para a maioria dos genótipos, recomenda-se que se realize a colheita no período mais seco, onde serão obtidos maiores valores tanto para massa seca, teor e rendimento de óleo essencial.

O genótipo LA-03 destacou-se por obter bons resultados nas duas épocas, para todas as características avaliadas.

AGRADECIMENTOS

A universidade Federal de Sergipe, ao Grupo de Pesquisa de Plantas Mediciniais, Aromáticas, Condimentares e Olerícolas da UFS, aos funcionários do “Campus Rural” da UFS e ao CNPq, CAPES e FAPITEC/SE pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. M. C.; CASALI, L. A. **Plantas medicinais e aromáticas: relação com o ambiente, colheita e metabolismo secundário**. Viçosa: UFV – Departamento de Fitotecnia, 1999. 139p.

EHLERT, P. A. D. et al. Influência do horário de colheita sobre o rendimento e composição do óleo essencial de erva-cidreira brasileira [*Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.], **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 72-77, 2013.

GOBBO NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas Mediciniais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, p. 374-81, 2007.

JAKIEMIU, E. A. R. **Uma contribuição ao estudo do óleo essencial e do extrato de tomilho (*Thymus vulgaris* L.)**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2008.

SILVA, F.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: pós-colheita e óleos essenciais**. Universidade Federal de Viçosa, 2000. 135 p.

ZÉTOLA, M. et al. CN Sactivities of liquid and spray-dried extracts from *Lippia alba* - Verbenaceae (Brazilian false melissa). **Journal of Ethnopharmacology**, v.82, p. 207-215, 2002.

DESEMPENHO DE LISÍMETRO DE DRENAGEM PARA MEDIÇÃO DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

Wezer Lismar Miranda¹, Paulo Henrique Fernandes Figueiredo², Luiz Gonsaga de Carvalho³, Pietros André Balbino dos Santos²

¹Professor Universitário, Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, MG, prof.wezer.miranda@unincor.edu.br; ²Pós-Graduando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, paulo.engagricola@gmail.com; pietros.balbino@gmail.com; ³Professor Associado, Depto. de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, lgonsaga@deg.ufla.br

RESUMO: O uso de lisímetros de drenagem é tido como um dos meios menos dispendiosos para se obter a evapotranspiração de referência (ET_0), e assim, se conduzir adequadamente o manejo da irrigação. No entanto, é necessário que esse tenha sido devidamente instalado. Assim, objetivou-se realizar com esse trabalho a comparação dos dados de ET_0 medidos na bateria de lisímetros de drenagem da Estação Climatológica Principal de Lavras (Convênio - UFLA/INMET), situada no campus da Universidade Federal de Lavras, com os dados de ET_0 estimados pelo método Penman-Monteith-FAO (PM-FAO) analisados no período de 21 de janeiro à 13 de fevereiro de 2017. Os dados meteorológicos necessários para se realizar as estimativas foram obtidos na própria estação. Diariamente foram realizadas a medição da ET_0 e a aplicação de uma lâmina de 7,14 mm nos lisímetros. De posse dos dados de ET_0 obtidos por ambos os métodos, confrontou-se os valores estatisticamente por meio de regressão linear simples. O coeficiente de determinação para o período avaliado, no qual não houve ocorrência de chuvas, foi de 0,44, o índice de concordância (d) foi de 0,95 e o índice “C” foi de 0,42.

PALAVRAS-CHAVE: manejo de irrigação, Penman-Monteith-FAO, sistema solo-planta

DRAINAGE LYSIMETER PERFORMANCE FOR EVALUATING REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION

ABSTRACT: The use of drainage lysimeters are a good and not expensive method for obtaining the reference evapotranspiration (ET_0). However, it requires proper ways to have it installed correctly. Therefore, the aim of this project is to compare measured data from drainage lysimeters from the Lavras' Principal Meteorological Station (Covenant - UFLA/INMET), located on Federal University of Lavras campus, with Penman-Monteith-FAO (PM-FAO) analyzed between 21st January and 13th February the year of 2017. The meteorological data was obtained on the Lavras' Meteorological Station. The ET_0 was measured by applying on lysimeters a water layer of 7,14mm. Afterwards, with the collected data by both methods, the data was statistically confronted using simple linear regression. Even though it was a short data series the R^2 for the period without rain occurrence was 0,44, while the concordant index was 0,95, and the “c” index was 0,42.

KEY-WORDS: irrigation management, Penman-Monteith-FAO, soil-plant system

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_0) é um dado agrometeorológico com o qual se obtém informações sobre a lâmina de água a ser aplicada em determinada área de cultivo, considerando as condições locais. A medição da ET_0 por lisimetria permite a contabilização da transferência de água do sistema solo-planta para a atmosfera, possibilitando o cálculo da demanda de água pela planta em diversas condições edafoclimáticas de diversas regiões (SANTOS et al., 2009). Uma vez que o conhecimento da ET_0 implica em um dado de extrema importância em ações de outorga de água, planejamento, dimensionamento e manejo de irrigação de uma cultura a sua determinação torna-se fundamental (BARBOSA JÚNIOR et al., 2008). Assim, objetivou-se comparar os dados de ET_0 medidos nos lisímetros de drenagem, com os valores de ET_0 estimados pelo método de Penman-Monteith-FAO (PM-FAO) analisados no período de 21 de janeiro à 13 de fevereiro de 2017.

MATERIAL E MÉTODOS

As atividades de coleta de dados foram conduzidas na bateria de lisímetros de drenagem que encontram-se instalados na Estação Climatológica Principal de Lavras (ECP) (Convênio – UFLA/INMET), situada no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras – MG, região sul de Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são: latitude – 21°14' S; longitude – 45°00' W; e altitude de 918,8 metros.

De acordo com o modelo de classificação climática proposto por Köppen, a localidade é classificada como Cwa, com inverno seco e chuvas predominantes de verão, com precipitação total média anual de 1530 mm e temperatura média anual de 19,4 °C (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

Os dados obtidos tanto pelo método Penman-Monteith-FAO (PM-FAO) quanto pelo método do lisímetro de drenagem foram organizados em planilha eletrônica. Selecionou-se para realizar os cálculos dos índices estatísticos e da ET_0 medida e estimada, apenas os dias em que não ocorreram precipitação pluvial, no período total considerado de janeiro a fevereiro de 2017. Realizou-se a média da ET_0 medida pelos três lisímetros utilizados para se obter um valor representativo para a bateria.

As dimensões dos tanques utilizados para compor o volume de controle dos lisímetros eram de 0,53 m de profundidade; 1,03 m de comprimento; e 0,87 m de largura, sendo os mesmos cultivados com grama batatais, possuindo altura média de 0,12 m de altura.

Foram realizadas análises estatísticas para se verificar o desempenho dos resultados obtidos pelo método do lisímetro de drenagem em relação ao método de PM-FAO, sendo estas compostas pela regressão linear, índice de concordância (d) proposto por Willmott (1985) e o índice “C” proposto por Camargos e Sentelhas (1997).

Para se obter os dados de ET_0 dos lisímetros de drenagem, foram feitas regas diárias aplicando-se manualmente uma lâmina de 7,14 milímetros em cada um dos mesmos. Diariamente realizou-se também a medição do volume total drenado às 9h00 e após isso aplicava-se a lâmina de água estabelecida.

Após o registro dos dados, realizou-se os cálculos da ET_0 , utilizando-se a Equação 1.

$$ET_0 = \frac{(I+P) - D}{A} \quad (1)$$

ET_0 – Evapotranspiração de referência (mm d^{-1});

I – Volume de irrigação diária aplicado (L);

P – Precipitação pluvial diária acumulada convertida em volume (L);

D – Volume diário de água drenada (L);

A – Área superficial do lisímetro de drenagem (m²).

Os valores diários de ET₀ estimados, foram obtidos pelo método de Penman-Monteith-FAO (PM-FAO), descrito por ALLEN et al. (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido a ocorrência frequente de chuvas, selecionou-se um período de 7 dias de dados não influenciados pela precipitação pluvial diária acumulada, com o intuito de evitar o relatado por Santos et al. (2015) que obtiveram dados discrepantes devido aos efeitos da chuva quando realizando estudos utilizando método de lisímetros não-pesáveis.

Na Figura 1 é apresentado os valores obtidos pelo método do lisímetro de drenagem para o período selecionado de 7 dias de avaliação efetiva.

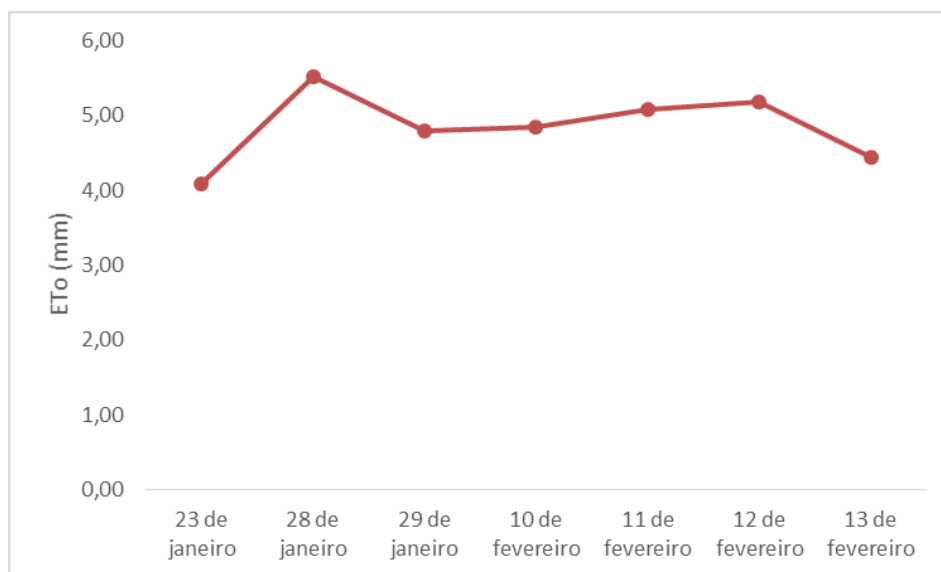


Figura 1. Dados medidos de ET₀ pela bateria de lisímetro de drenagem para um período selecionado de 7 dias.

Obteve-se valor máximo de 5,5 mm dia⁻¹, valor mínimo de 4,1 mm dia⁻¹, e valor médio para o período observado de 4,9 mm dia⁻¹.

Verifica-se que nesse período observado não foi possível gerar uma sequência de leituras de dados maior do que 4 dias consecutivos. Esse resultado indica que a utilização do lisímetro de drenagem nos períodos chuvosos não é satisfatória.

Para o método PM-FAO utilizou-se o mesmo período obtido para o método do lisímetro de drenagem, ou seja, um período de 7 dias de dados não influenciados pela precipitação pluvial diária acumulada. Observou-se valor máximo de 5,5 mm d⁻¹, valor mínimo de 4,0 mm d⁻¹, e valor médio para o período de 4,7 mm d⁻¹.

Nota-se que nesse período, tanto o método do lisímetro de drenagem quanto o método PM-FAO obtiveram valores máximos para o período avaliado de 5,5 mm dia⁻¹. Apesar dos valores médios e mínimos para ambos métodos não serem idênticos entre si, eles estão muito próximos. Este resultado indica que em termos absolutos o método do lisímetro de drenagem apresenta medidas próximas dos valores estimados pelo método de PM-FAO.

Na Figura 2 é apresentada a análise de regressão linear dos dados de evapotranspiração de referência (ET₀) medidos pelo método do lisímetro de drenagem e o índice de correlação “d”.

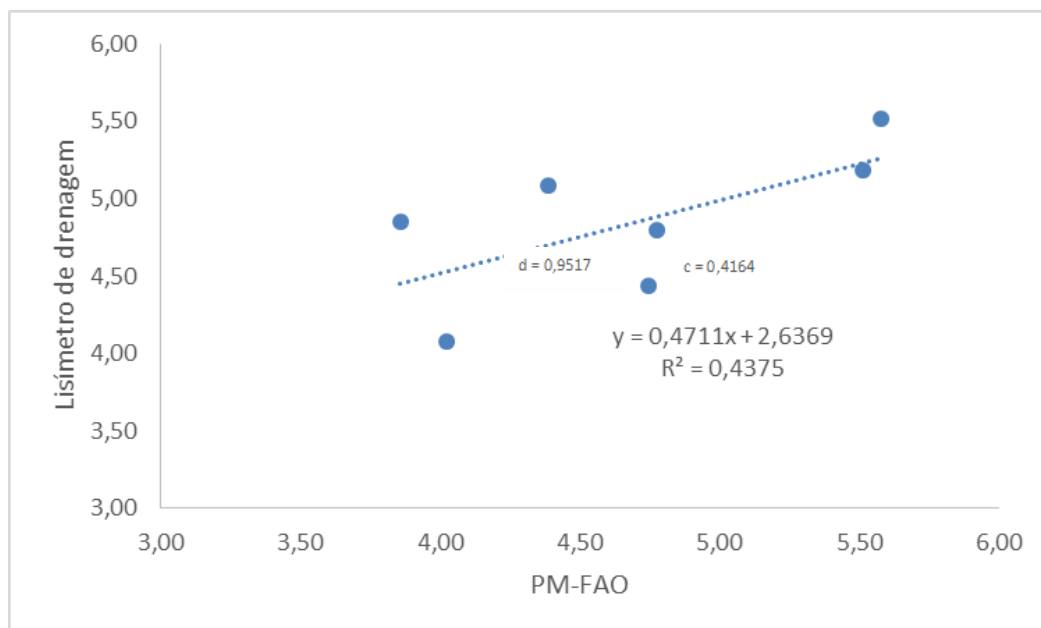


Figura 2. Gráfico da regressão linear simples para ET_0 medida.

Neste caso o coeficiente de determinação (R^2) observado foi de 0,4375, demonstrando considerável agrupamento dos valores em torno dos valores de 5,00 mm dia^{-1} e a falta de precisão entre os dados medidos e estimados de ET_0 . Observa-se que o índice “d” demonstra boa exatidão para os valores medidos. Entretanto, o índice “c” foi de 0,4164 o que classifica a medição como sendo de má qualidade.

CONCLUSÕES

Os resultados dos valores da ET_0 medidos pelo método do lisímetro de drenagem demonstram o bom potencial de aplicação do mesmo. A frequente ocorrência de chuvas ao longo de todo o período considerado limitou as possibilidades de obtenção de ajuste mais significativo.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

BARBOSA JÚNIOR, C. R. A. et al. Coeficiente de cultura da Lima-Ácida Tahiti no outono-inverno determinado por lisimetria de pesagem em Piracicaba – SP. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.28, n.4, p.691-698, out. 2008.

CAMARGOS, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria. v. 5, n. 1. p. 89-97, 1997.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov. 2007.

SANTOS, F. X. et al. Determinação do consumo hídrico da cenoura utilizando lisímetros de drenagem, no agreste pernambucano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.3, p. 304-310, 2009.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D.R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington DC, v. 90, n. C5, p.8995-9005, 1985.

RESPOSTAS DA CANOLA À DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO

Genei Antonio Dalmago¹, Gilberto Rocca da Cunha², Jorge Alberto de Gouvêa³, Luana Brugnera⁴ e Cristian Gregoski⁵

¹ Eng.- Agr. Dr. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, genei.dalmago@embrapa.br; ² Eng.- Agr. Dr. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, gilberto.cunha@embrapa.br; ³ Eng. Agr. Dr. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, jorge.gouvea@embrapa.br; ⁴ Estudante graduação – Bolsista PIBIC/CNPq, UPF, Passo Fundo, RS, luanabrugnera2@gmail.com; ⁵ Estudante graduação – Bolsista PIBIC/CNPq, UPF, Passo Fundo, RS, 126745@upf.br

RESUMO: Apesar da canola apresentar certa tolerância ao déficit de água no solo, as respostas biológica e produtiva da cultura podem ser afetadas pela restrição hídrica em determinados ambientes e/ou anos nas regiões atuais e potenciais de cultivo no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar respostas da canola à variação da disponibilidade de água no solo. O trabalho foi realizado em vasos, em casa de vegetação, com dois híbridos (Diamond e Hyola 61) e cinco níveis relativos de disponibilidade de água (20%, 40%, 60%, 80% e 100% da umidade na capacidade de campo). A evapotranspiração da cultura foi determinada pela pesagem da massa a partir da elongação da haste principal. Foram avaliadas a fenologia, o número de siliquis, a matéria seca de grãos e total e estimado o índice de colheita. A restrição hídrica provocou redução de todas as variáveis avaliadas e diferenças entre os híbridos, com melhor desempenho de Diamond, especialmente na produção de grãos. O período de florescimento aumentou linearmente com o aumento da restrição hídrica no solo, reduzindo o período de enchimento de grãos. A canola responde à restrição hídrica, reduzindo a produtividade a partir de 80% de disponibilidade hídrica no solo.

PALAVRAS-CHAVE: colza, disponibilidade hídrica, consumo de água.

RESPONSES OF CANOLA TO SOIL WATER AVAILABILITY

ABSTRACT: Despite the canola presents some tolerance to water deficit in the soil, biological and productive response of this crop can be affected by water restriction in certain environments and/or harvest years in some actual and potential growing regions in Brazil. The objective of this study was to evaluate responses of canola crop to the variation of water availability in the soil. The experiment was conducted in pots in the greenhouse, using two hybrids (Diamond and Hyola 61) and five relative levels of water availability (20%, 40%, 60%, 80%, and 100% of the soil moisture in the field capacity). The crop evapotranspiration was determined by using mass lysimeters after the elongation of the main stem. Phenology, number of siliquis, and the grain and total dry matter were evaluated, and the crop harvest index was estimated. The water restriction caused a reduction of all evaluated variables and differences between hybrids, with the best performance of the Diamond, especially in grain production. The flowering stage increased linearly with increasing water restriction in the soil, reducing the grain filling period. The canola crop responds to the soil water restriction, reducing the productivity from 80% of soil water availability.

KEY-WORDS: rapeseed, water availability, water consumption.

INTRODUÇÃO

A canola é uma cultura que apresenta certa tolerância ao déficit hídrico durante o ciclo, devido, principalmente, à maior capacidade de exploração do solo e ao sistema radicular pivotante. No Sul do Brasil, principal região produtora de canola, a cultura é beneficiada pelo fator hídrico, por se desenvolver durante o período de outono/inverno e início de primavera, quando, normalmente, há excesso de umidade no solo e baixa demanda. Porém, durante o final de enchimento de grãos, a cultura pode ser submetida a períodos de deficiência hídrica em determinados anos, o que pode reduzir o rendimento de grãos (AHMADI; BAHRANI, 2009) e também o percentual de óleo no grão (SINAKI et al., 2007). Em outras regiões de expansão da cultura, como no Brasil Central, o déficit hídrico durante o enchimento de grãos é mais impactante, uma vez que canola é semeada após a cultura principal, aproveitando o restante de umidade no solo, e encerra o ciclo praticamente sem chuva. Bilibio et al. (2011), avaliando a canola em ambiente controlado, observaram reduções significativas no rendimento de grãos, matéria seca total, número de flores, número de siliquas e outras características. No México, Ibarra et al. (2010) encontraram redução no rendimento de grãos de canola em função da diminuição da água disponível no solo e acréscimo no rendimento de grãos de 5,1% com aumento de 480 mm para 600 mm da lâmina total de água consumida, indicando alta variabilidade de resposta da canola ao fator hídrico. Estudos relacionados às respostas da canola ao fator hídrico ainda são incipientes no Brasil, justificando o objetivo deste trabalho que foi avaliar a resposta da canola à variação da disponibilidade de água no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, em vasos em casa de vegetação, no período de 24/08/2016 a 04/12/2016, em delineamento experimental bifatorial em blocos ao acaso, com os tratamentos genótipos de canola e níveis de disponibilidade de água no solo. Para o fator genótipo, foram utilizados os híbridos Hyola 61 e Diamond, e os fatores do nível disponibilidade de água foram 20%, 40%, 60%, 80% e 100 % da retenção de água na capacidade de campo do solo. A casa de vegetação foi dividida em quatro partes, representando quatro blocos, com quatro repetições de cada tratamento por bloco, totalizando 160 vasos, de capacidade volumétrica de 50 litros cada.

Para estabelecer o valor da capacidade de campo, foram utilizados cinco vasos preenchidos com o mesmo solo do experimento. Os mesmos foram saturados de água em tanques plásticos por três dias, deixando uma lâmina de água de, aproximadamente, 1 mm sobre o solo. Após, os vasos foram retirados da saturação e pesados diariamente até o peso constante, que foi considerada a capacidade de campo. Para determinar a umidade do solo na capacidade de campo, três amostras de solo de cada vaso foram colocadas em estufa de secagem até massa constante. Com a umidade gravimétrica e a densidade do solo, foi calculada a umidade volumétrica, utilizada como base para o estabelecimento dos níveis de disponibilidade de água no solo e cálculo da irrigação.

Na semeadura da canola, foram colocadas 10 sementes por vaso e quando as plantas estavam com três folhas, foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso. Tratos culturais foram realizados durante o ciclo, conforme as indicações para o cultivo da canola. Até o início da aplicação dos tratamentos de disponibilidade de água, as plantas foram mantidas com disponibilidade de água acima de 80% da capacidade de campo. Os tratamentos de disponibilidade de água no solo iniciaram quando as plantas

estavam no final do subperíodo vegetativo, durante a alongação da haste principal. Neste momento, todos os tratamentos receberam a mesma quantidade de água e quando as plantas atingiram o limite de disponibilidade de água no solo, correspondente aos respectivos tratamentos, passou-se a repor diariamente a quantidade de água consumida visando a manter os limites estabelecidos nos tratamentos. O monitoramento diário dos limites dos tratamentos e da quantidade de água consumida foi feito por um conjunto de duas balanças eletrônicas, por tratamento e por bloco, totalizando 40 balanças. Todos os 160 vasos foram colocados dentro de outro vaso de mesmo tamanho, o qual foi preparado para funcionar como um minilímetro de drenagem para coletar a água após a irrigação.

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados com base na evolução da fenologia das plantas, conforme Iriarte e Valetti, (2008), na produção total de matéria seca no final do ciclo, matéria seca de grãos, índice de colheita e número de síliquas por planta, avaliados ao final do ciclo das plantas. Também, foi determinada a evapotranspiração média da cultura durante o período de avaliação. Os dados de planta no final de ciclo foram obtidos em todas as repetições, enquanto que os dados de evapotranspiração da cultura e os relacionados à fenologia foram obtidos com as repetições das balanças. Os dados foram submetidos à análise de variância e à comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à evapotranspiração média da cultura da canola, não houve diferença entre os genótipos avaliados. Entre os níveis relativos de disponibilidade de água no solo, foi observada relação linear crescente, com elevado grau de ajuste da função aos dados (Figura 1). O valor médio diário por unidade experimental variou de 0,036 kg planta⁻¹ dia⁻¹, no tratamento de 20%, até 0,138 kg planta⁻¹ dia⁻¹, no tratamento de 100% de nível relativo de disponibilidade de água em relação à umidade do solo na capacidade de campo. Considerando que o trabalho foi em ambiente controlado, os valores de evapotranspiração diária estão dentro do padrão esperado.

Os níveis de disponibilidade de água no solo influenciaram a fenologia dos dois híbridos de canola (Figura 1). De maneira geral, a restrição hídrica ocasionou aumento do tempo da floração, ou seja, as plantas permaneceram mais tempo emitindo flores para garantir a produção mínima de grãos, ocorrendo o inverso com relação ao período de enchimento de grãos. Não houve diferença no subperíodo de floração entre os genótipos, mas, para o enchimento de grãos, o híbrido Diamond apresentou maior número de dias do que Hyola 61. Entre genótipos também houve diferença no número de síliquas, com Diamond apresentando cerca de 24% mais síliquas que Hyola 61, porém a variação no número de síliquas entre os mesmos foi semelhante nos níveis relativos de água.

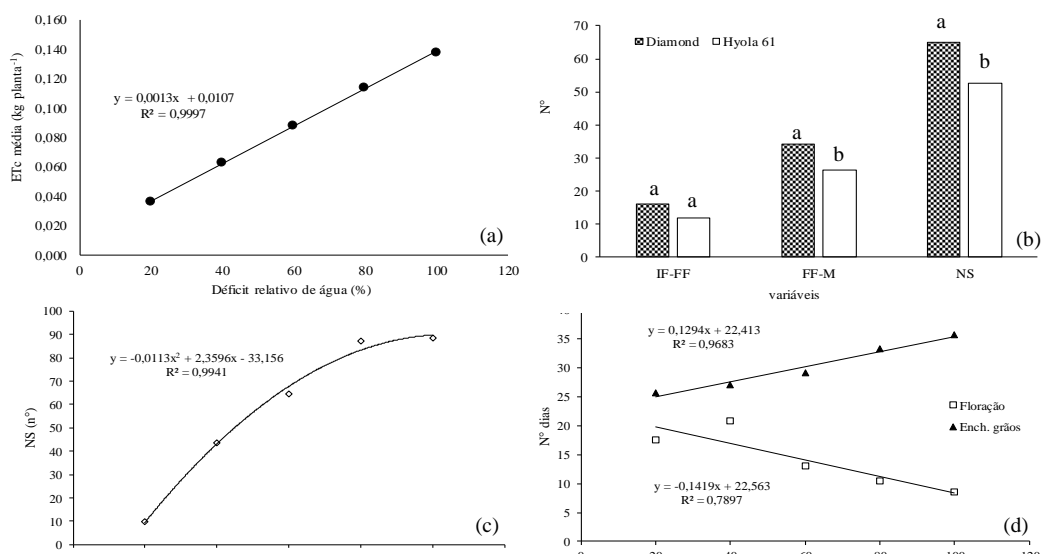


Figura 1. Evapotranspiração média da cultura da canola (ETc) em diferentes níveis relativos de água no solo (a), número de dias entre o início e o final do florescimento (IF-FF), número de dias entre o final do florescimento e a maturação fisiológica (FF-M) (b, d) e número de siliquas (NS) por unidade experimental (b, c) para dois genótipos de canola, cultivados em vasos, em casa de vegetação, submetidos a níveis relativos de déficit hídrico, na elongação da haste principal até o final ciclo.

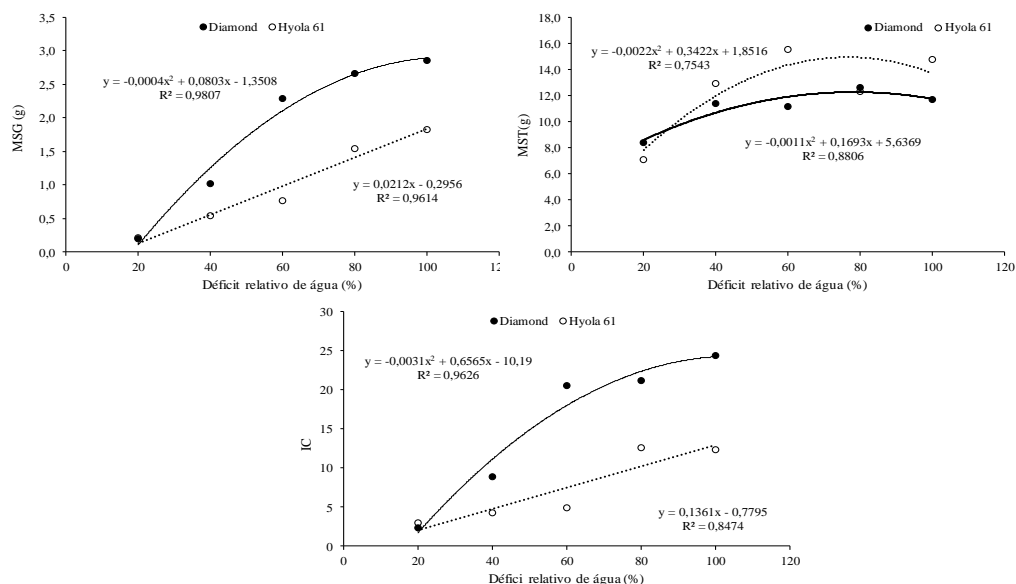


Figura 2. Matéria seca de grãos (MSG), matéria seca total (MST) e índice de colheita (IC) de dois híbridos de canola, cultivados em vasos, em casa de vegetação, e submetidos a níveis relativos de déficit hídrico, na elongação da haste principal até o final ciclo.

O impacto dos níveis de restrição hídrica para a canola foi melhor percebido em variáveis que representam a produtividade das plantas (Figura 1), as quais apresentaram interação entre os fatores. Para a matéria seca total, Hyola 61 foi superior a Diamond em praticamente todos os níveis relativos de água, com resposta quadrática para ambos os genótipos, mas isso não se reverteu em produtividade, uma vez que a mesma foi maior em Diamond. A resposta em matéria seca de grãos em Diamond foi significativa e quadrática em função dos níveis relativos de água, enquanto que, em Hyola 61, a resposta foi linear. Essa tendência foi observada também no índice de colheita, o que mostra que o híbrido Diamond tem maior velocidade na expressão do potencial de produção, representando maior estabilidade aos fatores do ambiente do que Hyola 61. As reduções na produção de grãos e de outras variáveis das plantas de canola, corroboram resultados já encontrados por Ahmadi e Bahrani, (2009), Ibarra et al. (2010) e Bilibio et al. (2011).

CONCLUSÕES

Há diferenças entre genótipos cultivados no sul do Brasil quanto a respostas relacionadas à disponibilidade hídrica no solo. A restrição hídrica próxima a 80% da umidade do solo em capacidade de campo começa a afetar negativamente a produção de grãos, a matéria seca total, o número de siliquas e o índice de colheita da canola.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa, pelo apoio financeiro, logístico e operacional; ao CNPq, pelas bolsas de produtividade e pesquisa e de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

AHMADI, M.; BAHRANI, M.J. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. **American Eurasian Journal Agricultural & Environment Science**, v.5, n.6, p.755-761, 2009.

BILIBIO, C. et al. Effect of different levels of water deficit on rapeseed (*Brassica napus* L.) crop. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.4, p.672-680, 2011.

IBARRA, M.A. I. et al. Respuesta de la canola al déficit hídrico del suelo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.33, n.1, p.53-59, 2010.

IRIARTE, L.B.; VALETTI, O.E. **Cultivo de colza**. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária – INTA, 2008. 156 p.

SINAKI, J.M. et al. The effects of water deficit growth stages of canola (*Brassica napus* L.). **American Eurasian Journal Agricultural & Environment Science**, v.2, n.4, p.417-422, 2007.

EFEITO DE COBERTURAS DO SOLO NO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE LARANJEIRA 'PERA'

Thais Nascimento Meneses ¹, Luana Laís de Almeida dos Santos ², Mauricio Antônio Coelho Filho ³, José Eduardo Borges de Carvalho ⁴, Cicero Cartaxo de Lucena ⁵

¹ Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB, Cruz das Almas, Bahia, th41s.nascimento@gmail.com; ² Graduanda em Agronomia, UFRB, Cruz das Almas, Bahia, luanalaais@gmail.com ; ³ Doutor em Irrigação e Drenagem, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura- CNPMF, Cruz das Almas, Bahia, mauricio-antonio.coelho@embrapa.br; ⁴ Doutor em solos e nutrição de plantas, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura- CNPMF, Cruz das Almas, Bahia, jose-eduardo.carvalho@embrapa.br; ⁵ Doutor em fitotecnia, Analista da Embrapa Mandioca e Fruticultura- CNPMF, Cruz das Almas, Bahia, cicero.leucena@embrapa.br

RESUMO: Coberturas do solo podem contribuir para melhoria dos fatores físicos-hídricos do solo favorecendo o desenvolvimento vegetal. Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes tipos de coberturas do solo (ráfia, braquiária ruziziensis e vegetação espontânea) no armazenamento de água, fisiologia e produção de Laranja 'Pera', conduziu-se este experimento em pomar adulto, na Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real, Bahia. Os componentes de produção avaliados foram o peso médio de frutos, a produção e a produtividade, em relação aos componentes fisiológicos foram medidas, a temperatura foliar, a condutância estomática e o potencial hídrico foliar. Em geral, a ráfia, proporcionou melhor desempenho da cultura, com reflexo no rendimento produtivo da safra de 2016.

PALAVRAS-CHAVE: ráfia, coberturas vegetais, produtividade.

EFFECT OF SOIL COVERINGS IN WATER STORAGE, PHYSIOLOGY AND PRODUCTION OF 'PERA' ORANGE

ABSTRACT: Soil coverages may contribute to the improvement of soil physical-water factors favoring plant development. In order to evaluate the effect of different types of soil cover (raffia, brachiaria ruziziensis and spontaneous vegetation) on water storage, physiology and production of Laranja 'Pera', this experiment was conducted in an adult orchard at Lagoa do Coco Farm, Rio Real, Bahia. The production components evaluated were the average fruit weight, yield and productivity, in relation to the physiological components were measured at leaf temperature, stomatal conductance and leaf water potential. In general, raffia provided better crop performance, reflecting the yield of the 2016 crop.

KEY-WORDS: raffia, plant cover, productivity.

INTRODUÇÃO

Uma das limitações físicas da citricultura dos Tabuleiros Costeiros é a presença de horizontes coesos (REZENDE, 2011), associado a isso, o tráfego de máquinas e a compactação do solo que ocorrem próximo à copa das plantas de citros, aumentam as restrições físicas do solo ao crescimento das raízes (FIDALSKI et al., 2007).

Segundo Borges et al. (2011) o uso de coberturas do solo podem propiciar às culturas valores ideais dos fatores físicos de crescimento vegetal. Isso e mais benefícios conjuntos que trazem aos fatores químicos e biológicos, resultam, na melhoria e conservação do solo como um todo, o que refletirá no crescimento e produção da cultura principal.

Existem diferentes tipos de cobertura do solo, a cobertura plástica consiste em um uso de uma folha fina de polietileno ou material similar estendido sob a camada do solo que se deseja cultivar, especialmente ao longo da linha de plantio (ALLEN, 1998). Enquanto que a cobertura viva compreende o cultivo de plantas melhoradoras do solo, normalmente na entrelinha de plantio (BORGES et al., 2004).

Em pomares cítricos o manejo da cobertura vegetal caracteriza-se pela manutenção de plantas de porte baixo, controlando seu crescimento por meio de roçadas. A cobertura vegetal minimiza a erosão, melhora a estrutura do solo e aumenta o seu teor de matéria orgânica além de servir de alimento e abrigo para inimigos naturais de pragas (PETRY et al., 2013). Este trabalho visa avaliar o efeito de coberturas do solo no armazenamento de água, fisiologia e produção de Laranja 'Pera'.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Lagoa do Coco - BA, em pomar com 11 anos de idade de laranja 'Pera' enxertada em limoeiro 'Cravo Santa Cruz', no sistema de plantio direto, com diferentes coberturas do solo, na condição de sequeiro.

Pela classificação de Köppen, o clima da região é do tipo As, quente e úmido, com temperatura média anual de 24,1°C e pluviosidade média anual de 1100 mm. O solo da área experimental é o Argissolo Amarelo Distrófico, situado na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia, apresentando compactação no horizonte A1, coesão nos horizontes A2, BA e topo do Bt1 (REZENDE et al., 2015).

As coberturas do solo foram distribuídas em faixas, com as parcelas experimentais constituídas por cinco fileiras de plantas, com 36 plantas por fileira, espaçadas 5,00 m entre si e 7,00 m na entrelinha de plantio. As coberturas vivas, braquiária ruziziensis e vegetação espontânea foram estabelecidas na entrelinha de plantio e a rafia na linha de plantio.

Foram avaliados os componentes de produção, peso médio de frutos, produção e produtividade de quatro plantas por tratamento, na safra de 2016. Em dezembro do mesmo ano, determinaram-se os componentes fisiológicos, temperatura foliar (T), condutância estomática (gs) e potencial hídrico foliar (ψ_w), com o uso dos respectivos equipamentos, termômetro infravermelho, porômetro de difusão e câmara de pressão.

O monitoramento da umidade do solo, na ocasião das avaliações fisiológicas, foi realizado com uso de TDR (Time Domain Reflectometry), com sensores instalados em quatro profundidades do solo (0-20, 20-40, 40-70, 70-110 cm), distribuídos na linha de plantio, de três plantas para cada tipo de cobertura avaliado.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os componentes fisiológicos, nota-se pela Tabela 1, que a temperatura foliar foi inferior nas plantas com vegetação espontânea (controle), entretanto, apesar de não existir diferenças significativas, em valores absolutos, a rafia proporcionou maior condutância estomática e menor potencial hídrico, o que pode ser justificado pelo maior teor de umidade (Figura 1).

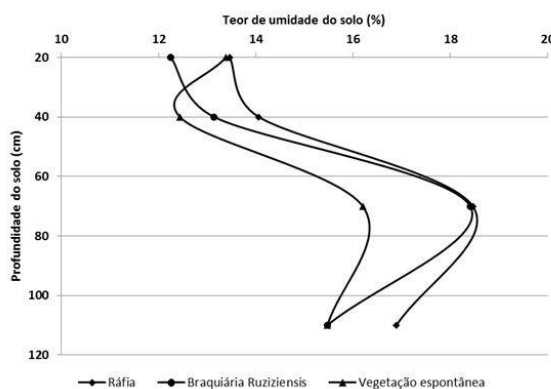
Tabela 1: Temperatura foliar (T), condutância estomática (gs) e potencial hídrico foliar (ψ_w) de Laranjeira 'Pera' em função de diferentes coberturas do solo. Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real, Bahia, dezembro de 2016.

Coberturas do solo	T (°C)	gs (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	ψ_w (MPa)
Rafia	37,86b	0,36 a	2,08 a
Braquiária Ruziziensis	38,06 b	0,24 a	2,15 a
Vegetação espontânea	36,33 a	0,25 a	2,22 a
Média geral	37,42	0,28	2,15

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

Observa-se pela Figura 1, que tanto a rafia como a braquiária ruziziensis, favoreceram o aumento da umidade ao longo do perfil. Porém em superfície (20 – 40 cm) a rafia se destaca com maior umidade em relação às demais.

Figura 1: Médias do teor de umidade do solo para cada tipo de cobertura em diferentes profundidades. Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real, Bahia, dezembro de 2016.



Fildaski et al. (2007) também observaram benefícios, não só na capacidade de armazenamento de água no solo, como também na capacidade de aeração do solo e taxa de estratificação de Carbono orgânico, com a cobertura permanente nas entrelinhas da gramínea batatais (*Paspalum notatum*), em relação ao manejo tradicional.

O emprego da rafia favoreceu o aumento da produção e da produtividade da Laranjeira 'Pera', em comparação ao uso da vegetação espontânea, entretanto, a cobertura braquiária ruziziensis, não diferiu das demais (Tabela 2).

Tabela 2: Peso médio de frutos, produção por planta e produtividade de Laranjeira ‘Pera’ em função de diferentes coberturas do solo. Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real, Bahia, safra de 2016.

Coberturas do solo	Peso médio de frutos (g)	Produção (kg.planta)	Produtividade (ton/ha)
Ráfia	296,19 a	48,21 a	20,06 a
Braquiária Ruzizensis	294,75 a	42,00ab	17,47ab
Vegetação espontânea	298,50 a	39,54 b	16,45 b
Média geral	293,15	43,25	17,99
CV (%)	9,58	8,97	8,97

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

Em revisão realizada por Silva et al. (1999), resultados experimentais e a prática agrícola têm demonstrado que a cobertura verde, quando adequadamente escolhida, conduzida e manejada, além de proteger e conservar o solo, promove aumentos na produtividade do citros quando comparado a práticas de gradagens, herbicidas e arações.

Carvalho et al. (2001) verificaram que o plantio de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) nas entrelinhas do pomar de Laranjeira ‘Pera’ sobre limão ‘Cravo’, associado a aplicação de herbicida pós-emergente nas linhas de plantio, além de promover o controle de plantas daninhas, favoreceu o aprofundamento do sistema radicular, contribuindo para um aumento de 28,2% na produção da cultura em Conceição do Almeida, BA e de 40,2% em Lagarto, SE.

CONCLUSÕES

Dentre as coberturas de solo, a ráfia promoveu maior produção e produtividade, como também contribuiu para o aumento da umidade do solo em superfície. Em valores absolutos, resultado superior de condutância estomática e inferior para potencial hídrico, foram proporcionados pela ráfia.

AGRADECIMENTOS

À FAPESB pelo apoio financeiro; ao Roberto Shibata e família pelo apoio a pesquisa realizada na Fazenda Lagoa do Coco e toda equipe técnica da Embrapa Mandioca e Fruticultura, pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. **ETc under various management practices**. In: FAO 56 Irrigation and Drainage. v.56, p. 195–205, 1998.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S.; CARVALHO, J. E. B. de **Plantas melhoradoras de solo**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 2p. (Embrapa-CPMF. Folder).

CARVALHO, J. E. B. de; JORGE, L. A. de C.; RAMOS, W. F.; ARAÚJO, A. M. de A. Manejo de cobertura do solo e desenvolvimento do sistema radicular da combinação

laranja 'Pera'/ limão 'Cravo' na Bahia e em Sergipe. **LARANJA**, Cordeirópolis, v.22, n.1, p. 259-269, 2001.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. da. Qualidade física do solo em pomar de laranjeira no noroeste do paraná com manejo da cobertura permanente na entrelinha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.423-433, 2007.

PETRY, H. B.; BAYER, C.; SCHWARZ, S. F.; OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W.B. **Plantas de cobertura e adubao verde para citros**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 21 p. (Documentos Embrapa Clima Temperado, ISSN 1516-8840; 383).

REZENDE, J. de O. Um olhar sobre a citricultura do Estado da Bahia. **Revista Bahia Agrícola**, v.9, n.1, p.72-83, 2011.

REZENDE, J. de O.; SHIBATA, R. T.; SOUZA, L. da S. **Justificativa e recomendaes técnicas para o "plantio direto" dos citros nos tabuleiros costeiros: nfase na citricultura dos Estados da Bahia e Sergipe**. Cruz das Almas, BA: UFRB, 2015.

SILVA, J. A. A. da; DONADIO, L. C.; CARLOS, J. A. D. **Adubao verde em citros**. Jaboticabal: Funep, 1999. 37 p. (Boletim técnico: UNESP/FUNEP/ECCB, jun n9/1999).

SOUZA, L. da S.; BORGES, A. L.; SOUZA, L. D. Influencia da adubao verde em aspectos físicos, químicos e biológicos do solo. In: TOFANELLI, M. B. D.; SILVA, T. O. da. Ed(s). **Manejo Ecológico e Conservao dos Solos e da água no Estado de Sergipe**. São Cristóvão: UFS, 2011. Cap.5, p.115-142.

SISTEMA RADICULAR DE PORTA-ENXERTO DE CITROS SUBMETIDOS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Luana Laís de Almeida dos Santos¹, Thais Nascimento Meneses², Iumi da Silva Toyosumi³, Caliane Silva da Cruz⁴, Mauricio Antônio Coelho Filho⁵

¹Graduanda em Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, Cruz das Almas, Bahia, luanalaais@gmail.com; ²Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFRB, Cruz das Almas, Bahia, th41s.nascimento@gmail.com; ³Graduanda em Agronomia, UFRB, Cruz das Almas, Bahia, i.s.toyosumi@outlook.com; ⁴Graduanda em Agronomia, UFRB, Cruz das Almas, Bahia, cruzcaliane@gmail.com; ⁵Doutor em Irrigação e Drenagem, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura- CNPMF, Cruz das Almas, Bahia, mauricio-antonio.coelho@embrapa.br

RESUMO: A ampliação da base genética relacionada às variedades utilizadas como porta-enxertos, incluindo aquelas com capacidade de adaptação a seca é de fundamental importância para citricultura brasileira, em vista da ocorrência de veranicos em várias regiões citrícolas. Visando avaliar características do sistema radicular quanto à tolerância à seca, foi desenvolvido este experimento, com cinco porta-enxertos em ambiente protegido. O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2, referente aos cinco porta-enxertos (Trifoliata 'Flying Dragon' - FLY, Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' - LCRSTC, Trifoliata - TR, Tangerineira 'Sunki Maravilha' - TSKMA e Tangerineira 'Sunki Tropical' - TSKTR), na condição irrigada e não irrigada, com cinco repetições. Foram avaliados o comprimento de raiz (CR), diâmetro de raiz (DR), massa seca da raiz (MSR) e classes de diâmetro. Verificou-se para as condições experimentais, que 20 dias de imposição de déficit hídrico não foram suficientes para que as plantas apresentem diferenças significativas em resposta ao déficit hídrico. Apesar disso, dentre os porta-enxertos, o TR teve maior desenvolvimento radicular.

PALAVRAS-CHAVE: raiz, mudas nucleares, tolerância à seca.

ROOT SYSTEMS OF CITRUS ROOTSTOCKS SUBMITTED TO WATER DEFICIENCY

ABSTRACT: The expansion of the genetic base related to the varieties used as rootstock, including those with capacity to adapt to drought is of fundamental importance for Brazilian citriculture, in view of the occurrence of summer in several citrus regions. Aiming to evaluate root system characteristics regarding tolerance, this experiment was developed with five rootstocks in a protected environment. The design was completely randomized in a 5 x 2 factorial scheme, referring to the five rootstocks (Trifoliata 'Flying Dragon' - FLY, Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' - LCRSTC, Trifoliata - TR, 'Sunki Maravilha' Tangerineira - TSKMA and Tangerineira ' Sunki Tropical ' - TSKTR), in the irrigated and non-irrigated condition, with five replications. Root length (CR), root diameter (DR), dry root mass (MSR) and diameter classes were evaluated. It was verified to the experimental conditions that the 20 days of imposition of the deficit were not enough for the plants to present a significant difference with respect to the water regime. Nevertheless, among the rootstocks, the TR had greater root development.

KEY-WORDS: root, seedlings nucleares, drought tolerance.

INTRODUÇÃO

O déficit hídrico observado em muitas culturas pode apresentar impactos significativos no crescimento e desenvolvimento das plantas (MARTINS et al., 2008), cuja tolerância vai depender do genótipo, da duração e severidade do estresse e do estágio de desenvolvimento da planta (AYERS; WESTCOT, 1999).

De acordo com Syvertsen e Levy (2005) a aclimação às condições hídricas limitantes, em citros, está relacionada com o porta-enxerto uma vez que este tem papel fundamental referente ao uso de água, recurso essencial para os processos vitais da planta, que pode refletir no desempenho da copa e conseqüentemente na produção.

O porta-enxerto exerce influência importante sobre a copa, como vigor, produtividade, precocidade de produção, composições orgânica e inorgânica das folhas e frutos, absorção e utilização de nutrientes, tolerância à salinidade, resistência à seca, geadas, doenças e pragas, influenciando também a qualidade e pós-colheita dos frutos. Assim, a escolha do porta-enxerto é tão importante quanto a da copa, uma vez que as principais características agrônômicas são determinadas pela interação entre ambos, a qual irá proporcionar melhor desempenho da planta cítrica (BASTOS et al., 2014).

Segundo Schafer, Bastianel e Dornelles (2001) a muda cítrica é o insumo mais importante na formação de um pomar. As características mais relevantes da muda cítrica são a origem do enxerto e do porta-enxerto, a qualidade do sistema radicular e a sua sanidade. Sendo assim, objetivou-se com este estudo avaliar o desenvolvimento radicular de cinco porta-enxertos de citros quanto à tolerância à seca.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, nas instalações Embrapa Mandioca e Fruticultura-CNPMP, Cruz das Almas, Bahia. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, sendo 5 porta-enxertos de citros (Trifoliata 'Flying Dragon' - FLY, Limoeiro 'Cravo Santa Cruz' - LCRSTC, Trifoliata - TR, Tangerineira 'Sunki Maravilha' - TSKMA e Tangerineira 'Sunki Tropical' - TSKTR) na condição irrigada e não irrigada, com 5 repetições.

Os porta-enxertos foram obtidos pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa- CNPMP (PMG Citros), semeados em tubetes, contendo substrato. Em agosto de 2016, realizou-se o transplante para tubos de PVC, com 60 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro externo, contendo areia lavada, a TSKMA, TSKTR e FLY com 4 meses, LCRSTC com 2 meses e TR com 7 meses desde a semeadura. Na ocasião do transplante, as raízes foram lavadas e podadas a 7,0 cm.

As plantas foram regadas diariamente, com 200 mL de solução nutritiva (água destilada + Forth Solúvel®), mantida com condutividade elétrica de 1,2 dS m⁻¹ e pH entre 5,5 a 6,5.

Após 47 dias de aclimação a irrigação foi suspensa para o tratamento não irrigado, passados 20 dias de imposição do déficit hídrico, o experimento foi desmontado. As raízes foram separadas da parte aérea, lavada e armazenada em álcool 30%, até digitalização e processamento da imagem no Winrhizo, para obtenção do comprimento de raiz (CR), diâmetro de raiz (DR), e classes de diâmetro (d1 < 0,5 mm; 0,5 < d2 < 1,0; 1,0 < d3 < 2,0 e d4 > 2,0 mm), sendo em seguida, seca em estufa, para determinação da massa seca (MSR).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo do manejo hídrico (irrigado e não irrigado), nem da interação genótipos x manejo hídrico para as variáveis analisadas ($P > 0,05$). Houve efeito significativo para os genótipos e entre eles, verifica-se pela Tabela 1, a superioridade do *P. trifoliata* (TR) para o comprimento de raiz (CR) e a massa seca de raiz (MSR) comparado aos demais. Quanto ao diâmetro médio de raiz (DR) não houve diferença significativa entre os porta-enxertos.

Tabela 1: Médias do comprimento total (CR), diâmetro médio (DR) e massa seca (MSR) de raízes de cinco porta-enxertos de citros.

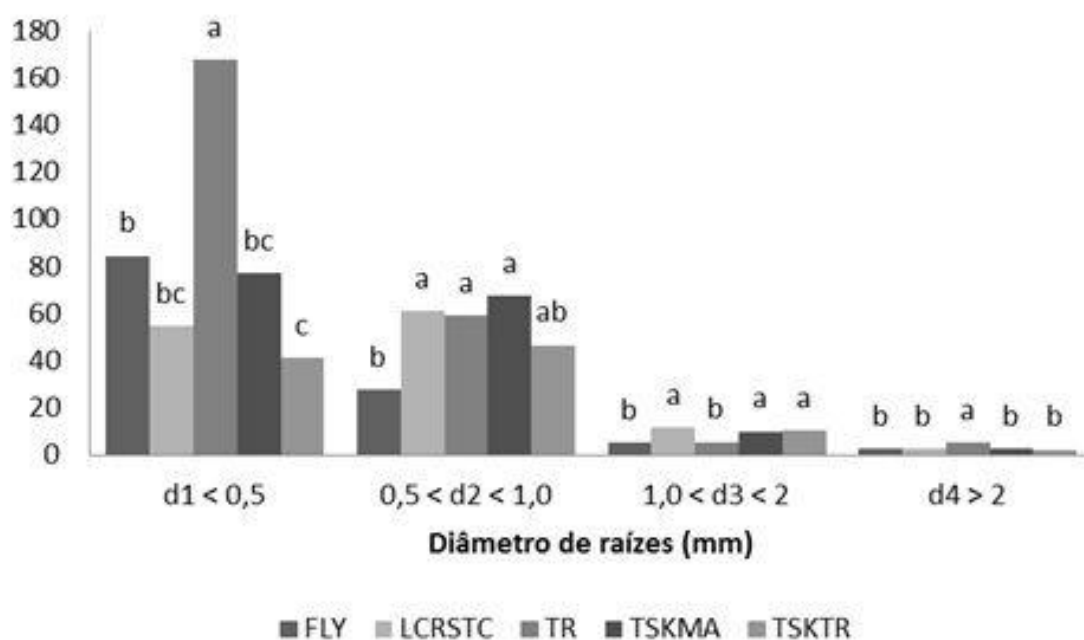
PORTA-ENXERTOS	CR (cm)	DR (mm)	MSR (g)
FLY	120,97 b	0,567 a	0,109 b
LCRSTC	131,36 b	0,686 a	0,144 b
TR	238,27 a	0,551 a	0,224 a
TSKMA	157,59 b	0,640 a	0,150 b
TSKTR	100,97 b	0,643 ^a	0,151 b
CV (%)	32,67	18,02	26,29

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

De acordo com observações realizadas por Nascimento et al. (2012), genótipos trifoliatas são menos afetados pelo déficit hídrico. Assim também, neste experimento, observou-se a supremacia do *P. trifoliata* (TR) em relação às características de raiz.

Para as classes de diâmetro de raiz, observa-se pela Figura 1 a presença de raízes mais finas ($d1 < 0,5$ mm) do porta-enxerto *P. trifoliata* (TR) em relação aos demais, o que pode justificar seu maior vigor radicular, pois estas raízes são consideradas mais ativas (COELHO et al., 2002).

Figura 1: Médias por classes de diâmetros de raiz (d1, d2, d3, d4) de cinco porta-enxertos cítricos (Tukey a 5% de probabilidade).



Em geral, na formação dos porta-enxertos, nota-se pela Figura 1, a concentração de raízes inferiores a 1,0 mm.

CONCLUSÕES

O *P. trifoliata* (TR) apresentou sistema radicular mais vigoroso em relação aos demais. Para as condições deste experimento, não houve efeito significativo da imposição do déficit hídrico para as variáveis analisadas, sugere-se portanto, uma duração maior que 20 dias para promover um estresse severo dos genótipos avaliados.

AGRADECIMENTOS

A toda equipe da EMBRAPA-CNPMPF pelo apoio na condução das atividades e a FAPESB pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).

BASTOS, D. C. et al. Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 281, p. 36-45, 2014.

COELHO, E. F. et al. Distribuição de raízes de laranja ‘Pera’ sob sequeiro e irrigação por microaspersão em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 603-611, 2002.

MARTINS, F. B. et al. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1297-1306, 2008.

NASCIMENTO, A. K. S. et al. Tolerância de genótipos de citros ao estresse hídrico na fase de porta-enxerto. **Revista Irriga**, Botucatu, Edição especial, p. 438-452, 2012.

SCHAFER, G.; BASTIANEL, M.; DORNELLES, A. L. C. Porta-Enxertos Utilizados na Citricultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 723-733, 2001.

SYVERTSEN, J. P.; LEVY, Y. Salinity interactions with other abiotic and biotic stresses in citrus. **HortTechnology**, v. 15, n. 1. p. 100-103, 2005.

INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE PLANTIO EM CULTIVARES E HÍBRIDOS DE MANJERICÃO

Letícia Viana Pereira¹, Jéssika Andreza Oliveira Pinto², Arie Fitzgerald Blank³, Thiago Matos Andrade⁴, José Carlos Freitas de Sá Filho⁵

¹Graduanda em Eng. Agrônômica, UFS, São Cristóvão, Sergipe, leticiavianareira@hotmail.com;

²Mestre em Agricultura e Biodiversidade, UFS, São Cristóvão, Sergipe, jessika-andreza@hotmail.com;

³Professor-Orientador, DEA-UFS, São Cristóvão, Sergipe, arie.blank@gmail.com;

⁴Professor, Campus Sertão-UFS, Nossa Senhora da Glória, Sergipe, tmaagro@yahoo.com.br;

⁵Graduando em Eng. Agrônômica, UFS, São Cristóvão, Sergipe, carlos.freitasa@yahoo.com.br

RESUMO: Este trabalho teve o objetivo de avaliar a influência da época de plantio em cultivares e híbridos de manjericão. O experimento foi realizado na Fazenda “Campus Rural da UFS”, em São Cristóvão-SE, com delineamento em blocos casualizados com três repetições. Para o substrato das mudas foi utilizado solo do local, húmus e pó de coco, acrescentando 1g de calcário e 6g de fertilizante NPK (6-24-12). Após serem colhidas, as folhas foram secas em estufa a 40°C, as folhas secas foram pesadas e foi feita a hidrodestilação através do aparelho Clevenger modificado. Avaliou-se 24 genótipos de manjericão cultivados na época seca (out.-dez./2015) e chuvosa (abr.jun./2016). Foram avaliados os caracteres: massa seca de folhas (g planta⁻¹) e rendimento (mL planta⁻¹ e L ha⁻¹) de óleo essencial. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram agrupadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As médias diferiram significativamente em relação à época de plantio para a maioria das cultivares. Os valores de massa seca de folha variaram de 6,23 a 75,00 g planta⁻¹ (época seca) e 9,17 a 31,34 g planta⁻¹ (época chuvosa). O híbrido ‘Cinnamon’ x ‘Maria Bonita’ (1,50 mL planta⁻¹) e a cultivar Mrs. Burns (1,44 mL planta⁻¹) apresentaram maior rendimento de óleo essencial na época seca. Na época chuvosa foi de 1,29 mL planta⁻¹ (Mrs. Burns). A época de plantio influencia na produção de biomassa e óleo essencial de manjericão.

PALAVRAS-CHAVE: *Ocimum basilicum*, competição de cultivares, biomassa, sazonalidade.

PERFORMANCE OF BASIL CULTIVARS AND HYBRIDS CULTIVATED IN TWO PLANTING SEASONS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the influence that the period of plantation had on cultivars and hybrid basil. The experiment was carried out at the "UFS Rural Campus" Farm, in São Cristóvão-SE, Brazil, with a randomized block design with three replicates. For the substrate of the seedlings was used local soil, humus and coconut powder, adding 1g of limestone and 6g of NPK fertilizer (6-24-12). After being harvested, the leaves were oven dried at 40°C, the dried leaves were weighed and hydrodistilled via the modified Clevenger device. There have been evaluated 24 basil genotypes cultivated during dry season (oct.-dec./2015) and rain seasons (apr.-jun./2016). The following aspects were evaluated: the dry mass of leaves (g plant⁻¹) and yield (mL plant⁻¹ and L ha⁻¹) of essential oil. The collected data were submitted to variance analysis and the means were grouped by the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$). The averages different significantly in relation to the planting season for most cultivars. Dry leaf mass values ranged from 6.23 to 75.00 g plant⁻¹ (dry season) and 9.17 to 31.34 g plant⁻¹ (rainy season). The hybrid ‘Cinnamon’ x ‘Maria Bonita’ (1.50 mL

plant⁻¹) and the cultivar Mrs. Burns (1.44 mL plant⁻¹) showed higher yield of essential oil in the dry season. The planting season influences the production of biomass and basils essential oil.

KEY-WORDS: *Ocimum basilicum*, competition of cultivars, biomass, seasonality.

INTRODUÇÃO

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) pertence à família Lamiaceae e é uma planta medicinal, aromática e condimentar muito usada no mundo. De acordo com Soares et al. (2007), o seu valor econômico encontra-se na exportação do óleo essencial, alcançando níveis significativos de comercialização no mercado internacional.

Ao avaliar o desempenho dos genótipos disponíveis no mercado em relação à época do ano mais favorável é possível fornecer informações valiosas aos produtores que desejam trabalhar com a espécie. Vários fatores podem influenciar a produção de biomassa e óleo essencial do manjeriço, desde a cultivar utilizada até o método de cultivo e colheita utilizados (BLANK et al., 2010). Em geral, as espécies apresentam épocas específicas em que contêm maior quantidade de princípio ativo no seu tecido, podendo esta variação ocorrer tanto no período de um dia como em épocas do ano (REIS; MARIOT; STEENBOCK, 2003). Nesse contexto, o trabalho teve o objetivo de avaliar a influência da época de plantio em cultivares e híbridos de manjeriço.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos na Fazenda Experimental “Campus Rural da UFS” localizada no município de São Cristóvão-SE. Foi avaliado o desempenho de 24 genótipos de manjeriço sendo 20 cultivares comerciais e quatro híbridos experimentais do programa de melhoramento genético de manjeriço da UFS (Tabela 1). O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com três repetições (parcela útil) e dois canteiros utilizados como bordadura. Os ensaios foram conduzidos na época seca (out.-dez./2015) e chuvosa (abr.-jun./2016).

Para a produção de mudas foi utilizado como substrato solo do local do experimento, húmus de minhoca e pó-de-coco, acrescentado de 1 g de calcário e 6 g de fertilizante Hortosafra® (6-24-12) para cada litro de substrato. As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno com 162 células. Na área do experimento foi realizada aração, calagem, adubação de acordo com a análise do solo e o encanteiramento.

As plantas foram irrigadas por gotejamento conforme a necessidade da cultura. As colheitas foram realizadas nos meses de dezembro/2015 (época seca) e junho/2016 (época chuvosa). Os dados meteorológicos (precipitação e temperatura) foram coletados durante a condução do experimento (Figura 1).

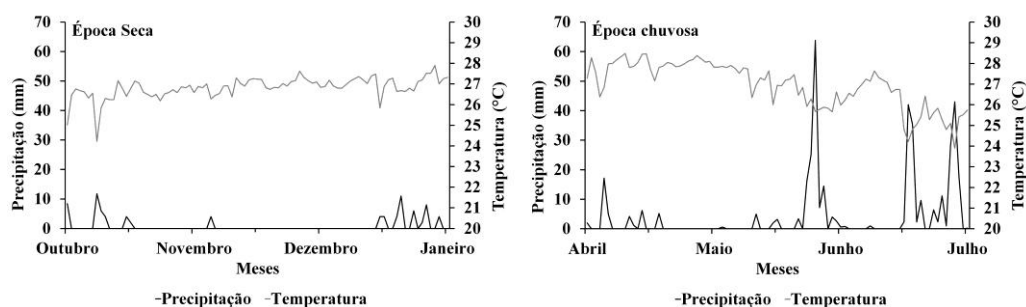


Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) na área experimental durante os períodos de cultivo nas épocas seca (out.-dez./2015) e chuvosa (abr.-jun./2016), São Cristóvão-SE.

As folhas colhidas foram secas em estufa a 40°C com circulação forçada de ar, por cinco dias para obter a massa seca de folhas (g planta^{-1}). Após a secagem, o óleo essencial foi extraído por hidrodestilação em aparelho Clevenger modificado utilizando-se amostras de 50 g de folhas secas destiladas por 140 minutos (EHLERT et al., 2006) para análise de rendimento (mL planta^{-1} e L ha^{-1}) de óleo essencial.

Os dados do ensaio de cada época foram submetidos à análise de variância conjunta para as duas épocas. As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), utilizando o software Sisvar[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças entre os tratamentos ($\alpha = 0,05$) para todos os caracteres avaliados (Tabela 1). Na época seca, a massa seca de folhas variou entre 9,23 e $75,00 \text{ g planta}^{-1}$, sendo o híbrido ‘Cinnamon’ x ‘Maria Bonita’ o que apresentou maior quantidade. Já na época chuvosa, a variação foi entre 9,17 e $31,34 \text{ g planta}^{-1}$, onde a cultivar Mrs Burns obteve superior massa seca de folhas. (Tabela 1).

Em relação ao rendimento de óleo essencial, na época seca variou de 0,06 a $1,50 \text{ mL planta}^{-1}$ e na época chuvosa de 0,08 foi a $1,29 \text{ mL planta}^{-1}$. O híbrido ‘Cinnamon’ x ‘Maria Bonita’ e a cultivar Mrs Burns tiveram rendimento superior na época seca e a mesma cultivar teve maior produção de óleo essencial na época chuvosa. Observou-se desempenho semelhante para os genótipos quanto ao rendimento de óleo em L ha^{-1} .

Segundo Favorito et al. (2011), a cultura de manjeriço é mais adaptada a climas subtropicais e temperados. Toleram climas frios, porém o seu desenvolvimento fica mais lento. Fatores externos, como temperatura, pluviosidade, vento, solo, latitude, altitude e época estacional, interferem significativamente na elaboração desses compostos (PINTO; BERTOLUCCI, 2002). Assim como o manjeriço, a *Hyptis marrumbioides*, da família Lamiaceae, também se adapta melhor a climas quentes (BOTREL et al., 2010).

Tabela 1. Médias das variáveis massa seca de folhas (g planta^{-1}), rendimento (mL planta^{-1} e L ha^{-1}) de óleo essencial de cultivares e híbridos de manjeriço cultivados nas épocas seca (outubro-dezembro/2015) e chuvosa (abril-junho/2016).

Genótipos	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa
	Massa seca de folhas (g planta^{-1})		Rendimento de óleo essencial (mL planta^{-1})		Rendimento de óleo essencial (L ha^{-1})	
Anise	19,98 cA	17,79 bA	0,34 dA	0,47 cA	11,37 cA	15,84 cA
Ararat	16,00 dA	17,80 bA	0,13 eA	0,18 eA	4,28 dA	5,82 dA
Edwina	27,74 cA	16,01 bB	0,22 eA	0,22 dA	5,48 dA	7,47 dA
Dark Opal	15,11 dA	14,60 bA	0,10 eA	0,12 eA	3,25 dA	3,89 dA
Genovese	26,59 cA	20,62 aA	0,21 eB	0,43 cA	7,21 cB	14,24 cA
Green Globe	10,00 dA	11,11 bA	0,11 eA	0,15 eA	3,79 dA	4,94 eA
Italian Large Leaf	21,49 cA	14,67 bA	0,18 eA	0,23 dA	6,13 dA	7,42 dA
Magical Michael	13,19 dA	18,74 bA	0,19 eB	0,39 cA	6,30 dB	13,02 cA
Mrs. Burns	53,15 bA	31,34 aB	1,44 aA	1,29 aA	48,12 aA	43,03 aA
Napoletano	22,11 cA	26,49 aA	0,18 eA	0,32 dA	5,95 dA	10,69 dA
Nufar F1	23,33 cA	23,18 aA	0,28 dA	0,31 dA	9,33 cA	10,19 dA
Osmín	19,70 cA	11,13 bA	0,12 eA	0,08 eA	3,89 dA	2,73 fA
Purple Ruffles	21,25 cA	9,17 bB	0,40 dA	0,17 eB	5,38 dA	5,74 eA
Sweet Dani	40,84 bA	15,74 bB	0,34 dA	0,28 dA	9,74 cA	9,44 dA
Grecco a Palla	10,35 dA	13,86 bA	0,11 eA	0,20 eA	3,79 dA	6,55 dA
Italian Large Leaf (ISLA)	25,33 cA	19,12 bA	0,25 dA	0,27 dA	8,42 cA	8,92 dA
Italian Large Red Leaf	16,00 dA	26,43 aA	0,14 eB	0,42 cA	3,47 dB	13,91 cA
Red Rubin Purple Leaf	9,23 dA	10,02 bA	0,06 eA	0,08 eA	1,93 dA	2,67 fA
Limoncino	34,26 bA	22,08 aB	0,43 dA	0,24 dB	14,33 cA	7,84 dB
Maria Bonita	22,17 cA	18,10 bA	0,74 cA	0,71 bA	23,96 bA	23,58 bA
Híbrido Cinnamon x Maria Bonita	75,00 aA	24,04 aB	1,50 aA	0,50 cB	50,00 aA	16,58 cB
Híbrido Genovese x Maria Bonita	39,28 bA	17,47 bB	0,67 cA	0,33 dB	22,23 bA	10,92 dB
Híbrido Sweet Dani x Cinnamon	49,05 bA	23,69 aB	0,98 bA	0,56 cB	32,70 bA	18,77 bA
Híbrido Sweet Dani x Genovese	21,67 cA	16,31 bA	0,39 dA	0,29 dA	13,03 cA	9,78 dA
CV (%)	15,73	24,76	16,78	12,52	20,98	12,52
Média geral	26,37	18,31	0,40	0,34	12,67	11,42

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas colunas (tratamentos), e maiúsculas nas linhas (anos), não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, $p \leq 0,05$.

CONCLUSÕES

Para a produção de massa seca de folhas, o híbrido ‘Cinnamon’ x ‘Maria Bonita’ apresenta melhor desempenho nas duas épocas. Na produção de óleo essencial a cultivar Mrs. Burns teve performance superior.

Os resultados indicam que a época tem influência na produção de biomassa e óleo essencial de manjeriço. A época seca favorece um maior rendimento para as cultivares.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, FAPITEC/SE e CAPES pelo apoio financeiro para este trabalho.

REFERÊNCIAS

BLANK, A. F.; SOUZA, E. M.; PAULA, J. W. A.; ALVES, P. B. Comportamento fenotípico e genotípico de populações de manjeriço. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 305-310, 2010.

BLANK A. F.; ROSA Y. R. S.; FILHO J. L. S. C.; SANTOS C. A.; ARRIGONI-BLANK M. F.; NICULAU E. S.; ALVES P. B. A diallet study of yield componentes

and essential oil constituents in basil (*Ocimum basilicum* L.) **Industrial Crops and product**, v. 38, p. 93-98, 2012.

BOTREL, P. P.; PINTO, J. E. B. P.; FERRAZ, V.; BERTOLUCCI, S. K. V.; FIGUEIREDO, F. C. Teor e composição química do óleo essencial de *Hyptis marruboides* EpL. Lamiaceae em função da sazonalidade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 533-538, 2010.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005, 394 p.

EHLERT, P. A. D.; BLANK, A. F.; ARRIOGONI-BLANK, M. F.; PAULA, J. W. A.; CAMPOS, D. A.; ALVIANO, C. S. Tempo de hidrodestilação na extração de óleo essencial de sete espécies de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, p. 79-80, 2006.

FAVORITO, P. A.; ECHER, M. M.; OFFEMANN, L. C.; SCHLINDWEIN, M. D.; COLOMBARE, L. F.; SCHNEIDER, R. P.; HACHMANN, T. L. Características produtivas do manjericão (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v. 13, p. 582-586, 2011.

PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. **Cultivo e processamento de plantas medicinais**. Lavras: UFLA/Faepe, 2002, 47 p.

REIS, M. S.; MARIOT, A.; STEENBOCK, W. Diversidade e domesticação de plantas medicinais. In: SIMÕES, C. M. O et. al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003, p.43-74.

SOARES, R. D.; CHAVES, M. A.; SILVA, A. A. L.; SILVA, M. V.; SOUZA, B. S. Influência da temperatura e velocidade do ar na secagem de manjericão (*Ocimum basilicum* L.) com relação aos teores de óleos essenciais e de linalol. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1108-1113, 2007.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA UMIDADE DO SOLO EM CULTIVO DE GLIRICÍDIA

Carlos Tiago Amâncio Rodrigues¹, Tarcia Carielle Miranda Dantas Nunes², Herica Fernanda de Sousa Carvalho³, Thieres George Freire da Silva⁴, *Gherman Garcia Leal de Araújo*⁵

¹Mestrando, UNIVASF, Juazeiro-BA, tiagoamancio@hotmail.com; ²Mestranda, UNIVASF, Petrolina-BA, tcarielle@hotmail.com; ³Bolsista-DTI, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, hericafernanda_17@hotmail.com; ⁴ Professor, UFRPE-UAST, Serra Talhada-PE, thieresfreire@yahoo.br; ⁵ Pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, gherman.araujo@embrapa.br.

RESUMO O controle, monitoramento e uso da água no solo são imprescindíveis para a produção agrícola. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade espacial do teor de água do solo em cultivo de gliricídia (*Gliricidia sepium*) no Semiárido Nordeste. O experimento foi desenvolvido na Embrapa Semiárido no Campo experimental da caatinga, Petrolina, Pernambuco durante o período de setembro de 2015 a março de 2016, totalizando 237 mm irrigação (100 mm) e precipitação (137). Avaliou-se uma área total de 2.560 m² e útil de 1.560 m², cultivada com *gliricídia sepium* no espaçamento 1 x 1 metro. Foi realizado o monitoramento da umidade do solo a partir da utilização de uma sonda capacitiva do conjunto Diviner@ 2000, Sentek Pty Ltda. Austrália, em seis profundidades, a cada 10 cm: 10, 20, 30, 40, 50, e 60 cm em 80 tubos distribuídos na área experimental. O teor de umidade no solo apresentou um aumento gradual, à medida que aumentou a profundidade do solo tendendo a uma estabilização a partir das camadas de 50 e 60 cm, quando mais próximo da superfície constatou uma redução na umidade do solo, deste modo podemos constatar que a combinação de alta incidência de radiação, temperatura e baixa umidade na região semiárida nordestina podem contribuir para a rápida evaporação da água nas camadas superficiais. Assim conclui-se que houve variação no teor de água no solo nas diferentes profundidades, estabilizando a partir dos 50 e 60 cm de profundidade.

PALAVRAS-CHAVE: Armazenamento de água no solo, Monitoramento de água no solo, Umidade do solo.

SPACE VARIABILITY OF SOIL MOISTURE IN GLIRICIDIA CULTIVATION

ABSTRACT: The control, monitoring and use of water in the soil are essential for agricultural production. Thus, the objective of this work was to analyze the spatial variability of soil water content in gliricidia (*Gliricidia sepium*) cultivation in the Northeastern Semi-arid region. The experiment was carried out at Embrapa Semiarid in the experimental field of the caatinga, Petrolina, Pernambuco, Brazil, during the period from September 2015 to March 2016, totaling 237 mm irrigation (100 mm) and precipitation (137). It was evaluated a total area of 2,560 m² and useful of 1,560 m², cultivated with *sepium gliricidia* in the spacing 1 x 1 meter. Soil moisture monitoring was carried out using a capacitive probe from the Diviner @ 2000 set, Sentek Pty Ltda. Australia, at six depths, every 10 cm: 10, 20, 30, 40, 50, and 60 cm in 80 tubes

distributed in the experimental area. The moisture content in the soil showed a gradual increase, as the soil depth increased, tending to a stabilization from the layers of 50 and 60 cm, when closer to the surface, a reduction in soil moisture was observed. That the combination of high radiation, temperature and low humidity in the northeastern semi-arid region can contribute to the rapid evaporation of water in the surface layers. Thus it was concluded that there was variation in soil water content at different depths, stabilizing from 50 and 60 cm depth.

KEY-WORDS: Soil water storage, Soil water monitoring, Soil moisture.

INTRODUÇÃO

A umidade é uma variável importante do solo, que permite atender a necessidade hídrica das culturas. Possui ampla variação tempo-espacial em função da reposição de água no sistema solo-planta, da interação com a atmosfera e das propriedades do solo. O controle e uso adequado da água no solo são essenciais para a sustentabilidade da produção agrícola.

No entanto uso irregular desse recurso ocasiona a escassez e a poluição dos mananciais, sendo de extrema importância o monitoramento da água e acompanhamento da distribuição ao longo do perfil do solo e o comportamento no solo, (MOREIRA et al., 2014). Solos com manejo inadequados e sob constante uso, acarretam uma redução da sua porosidade, resultando na limitação da permeabilidade, e na modificação de sua infiltração e condutividade hidráulica (COSTA et al., 2015).

Desta forma as informações sobre o conteúdo de água no solo em várias profundidades são de fundamental importância para compreender e modelar a dinâmica do fluxo de água na superfície e nas camadas mais profundas do solo. O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade espacial da umidade do solo em cultivo de gliricídia (*Gliricidia sepium*) no semiárido Nordeste.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na sede da Embrapa Semiárido, campo experimental da caatinga, Petrolina, situada no Estado de Pernambuco, localizada entre as coordenadas geográficas 09°04'16,4"S, 40°19'5,37"W e altitude 379 m. O clima da região é do tipo BSw^h, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média do ar 26°C, umidade relativa do ar em torno de 62% e precipitação média anual de 557,7 mm, concentrada principalmente entre os meses de novembro à abril. O período foi de setembro de 2015 a março de 2016, totalizando 237 mm irrigação (100 mm) e precipitação (137 mm).

A espécie cultivada foi a *Gliricidia sepium* em uma área total de 2.560 m² e útil de 1.560 m² no espaçamento 1 x 1m. Foi realizado o monitoramento da umidade do solo a partir da utilização de uma sonda capacitiva do conjunto Diviner@ 2000, Sentek Pty Ltda. Austrália, em seis profundidades, a cada 10 cm : 10, 20, 30, 40, 50, e 60 cm em 80 tubos distribuídos na área experimental.

As leituras foram realizadas em dois dias da semana, posteriormente os dados foram transferidos para o Excel para realização de um banco de dados. O software utilizado para a espacialização dos dados foi o Surfer 10.0. Para cada profundidade foi espacializado um mapa do percentual de umidade no solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a figura 1 observou-se que o teor de umidade do solo apresentou incremento dos valores médios com aumento da profundidade do solo tendendo a uma estabilização nas camadas de 50 e 60 cm. Dessa forma constata-se que nas camadas mais próximo da superfície há uma redução na umidade do solo, em decorrência da alta demanda atmosférica observada na região semiárida do Nordeste brasileiro.

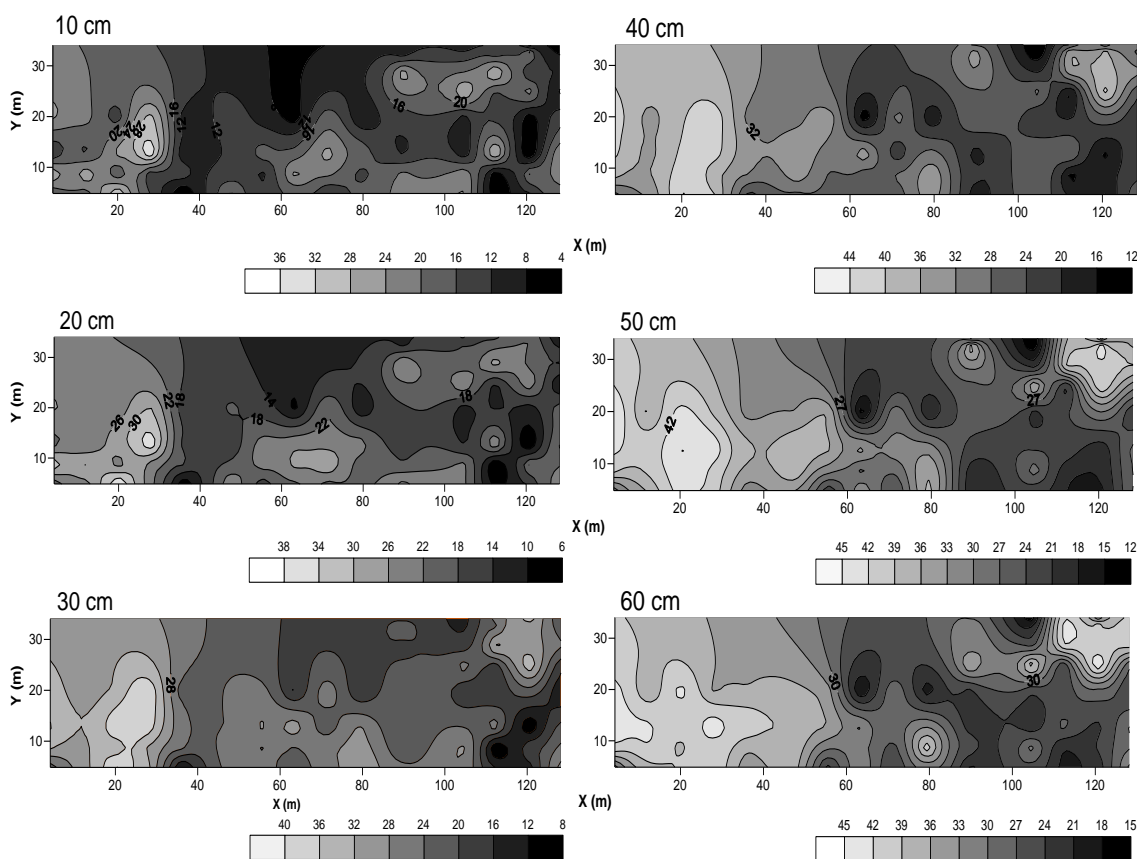


Figura 1. Variabilidade espacial do percentual de água no perfil do solo nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 cm, cultivado com *Gliricidia sepium*.

Conforme Figura 1 à medida que aumentou a profundidade do solo ouve um maior armazenamento de água no solo, O que possivelmente está associado as menores temperaturas, que contribuíram para a maior manutenção do conteúdo de água no solo. Estas informações são importantes para o entendimento da dinâmica de água no solo, sobretudo, em decorrência das possíveis alterações climáticas, logo que de acordo com vários autores, estas podem interferir no ciclo hidrológico, consequentemente na oferta e demanda hídrica para a agricultura, uma vez que a mesma está vinculada à evaporação e à precipitação (BRSCAN, 2014).

Observa-se ainda que há uma variabilidade da umidade de 4 a 45% nas distintas camadas (Figura 1). No entanto na camada superficial de 10 cm a umidade varia de 4 a 36%, tendo uma amplitude de 32%, nas camadas de 20, 30 e 40 cm ocorrem um aumento gradual, sendo de 6 a 38%, 8 a 40% e 12 a 44% respectivamente. Enquanto que nas camadas de 50 e 60 cm de profundidade a umidade máxima é de 45% e mínima

de 12 e 15%, apresentando um conteúdo de água no solo de 3% a mais na camada de 60 cm em relação à de 50 cm.

CONCLUSÕES

Concluiu-se que houve variação na umidade do solo nas diferentes profundidades observadas, com tendência a estabilização a partir dos 50 e 60 cm de profundidade.

REFERÊNCIAS

BRSCAN, I. M. Rede Agrohidro fortalece e pretende criar parcerias em Sergipe. Brasília, DF, 2014. **Disponível em:** <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2198936/rede-agrohidro-fortalece-e-pretende-criar-parcerias-em-sergipe>>. Acesso em: 05 mai. 2017.

COSTA, C. D. de O. et al. Movimento de água e porosidade dos solos de uma sub-bacia hidrográfica no noroeste do estado de São Paulo. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 304-318, 2015.

MOREIRA, N. B. et al. Análise espaço-temporal de componentes do balanço hídrico em um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 38, p. 60-72, 2014.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE DUAS CULTIVARES DE ABOBRINHA NA REGIÃO DE SINOP-MT

Werner Felipe Becker Demartini¹, Charles Campoe Martim², Suzana Grassi da Silva², Adilson Pacheco de Souza³, Andréa Carvalho da Silva¹

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, Campus, Sinop, werner.agr@gmail.com; andcar1007@gmail.com; ²Bolsista Iniciação Científica, ICAA, UFMT, Sinop, MT, charleschp2011@hotmail.com; suzanagrassi@gmail.com; ³Prof.(a) Adjunto(a), ICAA, UFMT, Sinop, pachecoufnt@gmail.com

RESUMO: Avaliaram-se os efeitos de tipos de cobertura morta de origem vegetal no solo sobre o crescimento e desenvolvimento de duas cultivares de abóbora, (*Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*) submetido o regime hídrico com base em tensiômetros. O experimento foi conduzido em Sinop-MT, com uso de irrigação (gotejamento), com base nos tensiômetros. Os tratamentos consistiram em diferentes condições de cobertura morta do solo utilizando palhada de milho e crotalaria e solo descoberto na densidade de 2,5 Kg m⁻². Considerou-se o delineamento utilizado no experimento de blocos casualizados, com quatro blocos e dez repetições em cada tratamento. O Coeficiente de cultivo (Kc) foi obtido a partir da evapotranspiração da cultura (ETc) pela evapotranspiração de referencia (ET_o), conforme a equação: $Kc = ETc / ET_o$. O desempenho das cultivares no uso de água foi distinto: para a cv. Italiana o acúmulo de ETc foi de 116 mm e de 293 mm para a cv. Menina brasileira respectivamente. Observa-se nas duas cultivares Italiana e Menina Brasileira os Kc nas 3 condições avaliadas não apresentaram diferença, sendo que nas fases I, II, III e IV os valores foram de 0,10; 0,25; 0,38; 0,41 e 0,11; 0,56; 0,87; 0,80 respectivamente em todos os tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Uso eficiente de água, coeficientes de cultivo, cobertura morta.

EVAPOTRANSPIRATION OF TWO CULTIVARS OF ZUCCHINI IN THE REGION OF SINOP-MT

ABSTRACT: The effects of plant cover types on the growth and development of two pumpkin cultivars (*Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*) submitted to the water regime based on tensiometers were evaluated. The experiment was carried out in Sinop-MT, using irrigation (drip irrigation), based on tensiometers. The treatments consisted of different soil cover conditions, using corn straw and crotalaria and soil found in 2.5 kg m⁻². The design was used in the experiment of complete blocks randomized, with four blocks and ten repetitions in each treatment. The crop coefficient (Kc) was obtained from crop evapotranspiration (ETc) by reference evapotranspiration (ET_o), according to the equation: $Kc = ETc / ET_o$. The performance of the cultivars in water use was different: for cv. Italiana the accumulated ETc was 116 mm and 293 mm for the cv. Menina Brasileira, respectively. It is observed in both cultivars that the Italiana and Menina Brasileira, the Kc in the three conditions evaluated, did not present difference, and in stages I, II, III and IV, the values were 0.10; 0.25; 0.38; 0.41 and 0.11; 0.56; 0.87; 0.80, respectively, in all treatments.

KEY-WORDS: Efficient use of water, crop coefficients, mulching

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água no solo, a partir do manejo de irrigação tem sido acompanhado a necessidade de distinguir melhor como se comporta a água no solo durante o ciclo de cultivo, deste modo, verificar o conteúdo de água na região da rizosfera. Tendo por base essa informação é possível administrar adequadamente os recursos de água no solo e a cultura (MOTA et al., 2010).

A produção de hortaliças no Centro Oeste requer melhorias nas práticas de manejo cultural dos fatores de produção vegetal, relacionando as fronteiras água, solo, planta e atmosfera. A variação da disponibilidade da água e a armazenagem no espaço e tempo são acentuadas camada superficial do solo (0-10 cm), por causa da atividade das raízes das plantas e evaporação (GONZÁLEZ; ALVES, 2005).

Ao longo do cultivo a aboboraa emissão de ramos e folhas formam o dossel que promove a cobertura do solo, porém no nos estádios vegetativos a taxa de evapotranspiração é elevada. A cobertura do solo modifica a relação solo-água-planta, permite reduzir a frequência de irrigação, os custos de operação de reposição de água (STONE et al., 2006).

Face ao exposto, o trabalho teve como objetivo determinar as necessidades hídricas e o Kc, para três condições de cultivo (cobertura de milheto, crotalária e sem cobertura, para a cv. De abobora Italiana e Menina Brasileira,

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na UFMT, campus de Sinop, de 04/07 a 20/10/2016. O clima da região é classificado segundo Köppen como Aw (Tropical), com temperatura média mensal variando de 22,96 a 25,76 °C, precipitação média mensal de 4,88 a 348,39 mm e evapotranspiração potencial mensal de 83,66 a 131,02 mm (SOUZA et al., 2013).

O referido experimento foi desenvolvido em duas etapas, onde na primeira foi realizado o plantio dos pré-cultivos (milheto e crotalária) em sulco, com linhas de 0,15 m entre si e antes do florescimento foi realizado o corte, trituração e secagem do material vegetal. Já na segunda etapa teve a abertura de covas e adubação, instalação do sistema de irrigação (gotejamento), dos tensiômetros, distribuição da palhada com densidade de 2,5 Kg m⁻² na área e posteriormente o plantio das sementes. Foram utilizadas duas cultivares (cv.) de abóbora no experimento, a Italiana (*Cucurbita pepo*) e Menina Brasileira (*Cucurbita moschata*). O manejo da irrigação foi baseado nas leituras realizadas em baterias, de três tensiômetros em cada bloco, com 10, 20 e 30 cm de profundidade.

O delineamento utilizado no experimento foi de blocos casualizados com quatro blocos e dez repetições em cada tratamento. Os tratamentos consistiram em diferentes condições de cultivo, que foram, cobertura morta do solo utilizando palhada de milheto e crotalária e solo descoberto.

O Coeficiente de cultivo (Kc), foi obtido a partir da evapotranspiração da cultura (ETc) pela evapotranspiração de referência (ET₀), por meio da equação: $Kc = ETc / ET_0$.

As fases do Kc foram caracterizadas de acordo com o número de folhas e colheitas, onde a fase I durou 0 a 10% do número máximo de folhas, fase II entre 10 a 80%, do número máximo de folhas, fase III de 80% do número máximo de folhas ao número máximo de frutos na colheita e fase IV do número máximo de frutos na colheita ao fim do ciclo de cultivo, correspondendo assim aos Kc 1, 2,3 e 4,

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho das cultivares no uso de água foi distinto, para a cv. Italiana apresentou o acumulo de ETc foi de 116 mm e cv. Menina brasileira de 293 mm. Entretanto nas condições de cultivo de cobertura do solo não apresentou variações conforme Figura 1.

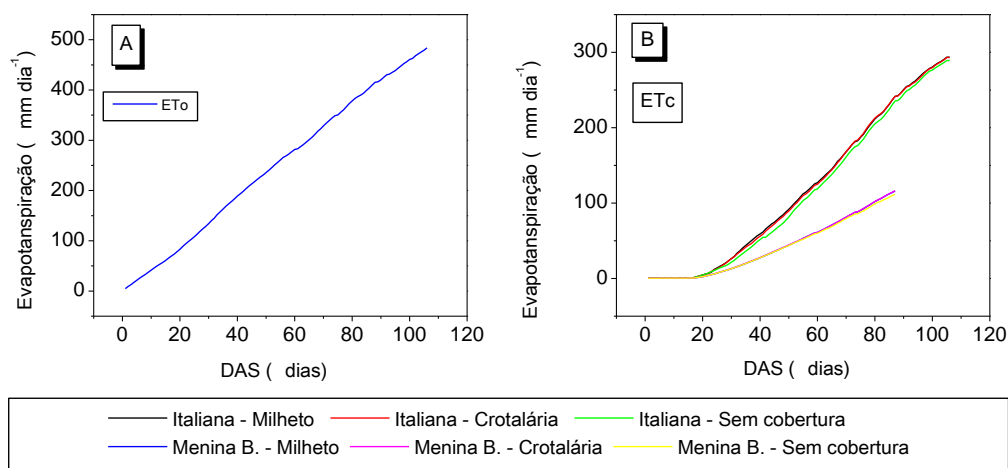


Figura 1. A - Evapotranspiração de referência (ETo) em função dos dias após a semeadura (DAS). B Evapotranspiração da cultura (ETc) nas condições de cultivo, palhada de milho, crotalária e solo sem cobertura em função dos dias após a semeadura (DAS) para as cultivares de abóbora Italiana e Menina Brasileira.

Conforme Allen et al. (1998), durante o período de cultivo, ocorrem mudanças nas fases de vegetação e reprodução, cuja os requerimentos para os coeficientes de cultivo da família das cucurbitáceas têm-se $K_{c_{ini}}$, $K_{c_{med}}$, $K_{c_{fim}}$ nos valos de 0,5; 1,0 e 0,8 respectivamente. Sendo que a construção e descrição são apresentadas por meio da curva de coeficiente de cultivo.

Na Figura 2 tem-se o Kc para diferentes condições de cultivo para as cultivares Italiana e Menina Brasileira. Observa-se nas duas cultivares Italiana e Menina Brasileira os Kc nas 3 condições avaliadas não apresentaram diferença, sendo que nas fases I, II, III e IV os valores foram de 0,10; 0,25; 0,38; 0,41 e 0,11; 0,56; 0,87; 0,80 respectivamente em todos os tratamentos.

Essas condições de igualdade entre os Kc nas diferentes condições de cultivo devem-se ao fato da palhada absorver parte da água aplicada pelo sistema de irrigação via gotejamento, que a priori não está disponível para a planta, pois essa quantidade de água absorvida pela palhada e mais facilmente evaporada se igualando com a evaporação do solo sem cobertura.

Tabela 1. Coeficientes de cultivo médios de duas cultivares de abobrinha em diferentes fases fenológicas, em Sinop-MT.

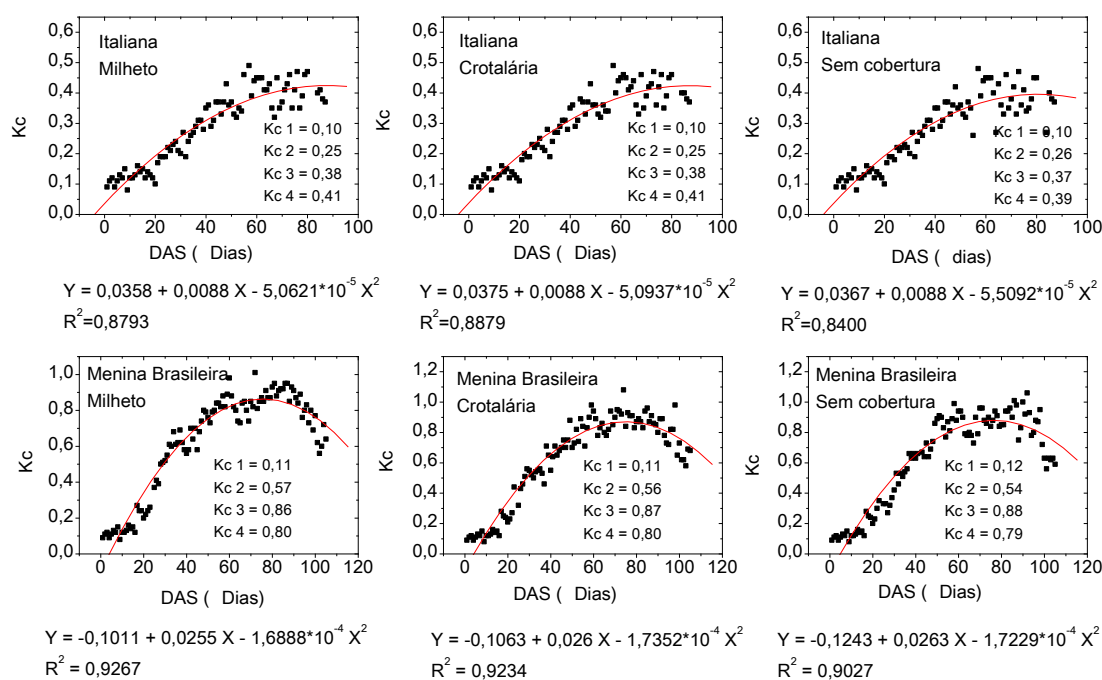
Fase fenológica	Sem cobertura	Milheto	Crotalária
cv. Italiana			
I	0,1 ± 0,035	0,10 ± 0,035	0,1 ± 0,036
II	0,26 ± 0,086	0,25 ± 0,088	0,25 ± 0,087
III	0,37 ± 0,047	0,38 ± 0,045	0,38 ± 0,043
IV	0,49 ± 0,093	0,41 ± 0,088	0,41 ± 0,088

cv. Menina Brasileira			
I	0,12 ± 0,053	0,11 ± 0,204	0,11 ± 0,085
II	0,54 ± 0,199	0,57 ± 0,146	0,56 ± 0,175
III	0,88 ± 0,098	0,86 ± 0,072	0,87 ± 0,081
IV	0,79 ± 0,029	0,80 ± 0,080	0,80 ± 0,055

Klosowski et al. (1999) trabalhando com a cv. Italiana na determinação do Kc utilizando lisímetros de nível de lençol freático, obtiveram-se os valores variando entre 0,68 a 1,96, o que superestima os valores do respectivo trabalho que chegou no máximo a 0,41. Sendo que este valor pode ter sido influenciado pelo lisímetros que mantem a condição de agua no no solo na capacidade de campo, aumentando assim a ETc, resultando em Kc maiores que o observado.

Na Figura 2 os valores máximos obtidos nas cv. Italiana e Menina Brasileira nas condições de cultivo foram de 0,41 na fase IV e de 0,87 na fase III, a partir desse resultado afirma-se a distinção nos hábitos de desenvolvimento. A cv. Italiana apresenta maior altura em relação a cv. Menina Brasileira, cujo o hábito de crescimento de rama promove maior cobertura do solo.

Figura 2. Coeficiente da cultura (Kc) em função dos dias após o plantio nas diferentes condições de cultivo (milheto, crotalária e solo sem cobertura) para as cultivares Italiana e Menina Brasileira.



CONCLUSÃO

Diante das condições de cobertura do solo, tanto a abobrinha cv. Italiana quanto a cv. Menina Brasileira apresentaram frutos em condições comerciais. E através barreira construída pela cobertura morta entre o solo e atmosfera promoveu a manutenção de umidade do solo.

AGRADECIMENTOS

A Fapemat pelo auxílio financeiro ao projeto de pesquisa (Processo: 224121/2015) e aos integrantes do Grupo de Pesquisa Ambiente e Planta.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

GONZÁLEZ, A. P.; ALVES, M. C. Armazenamento de água e densidade do solo sob três condições de superfície, em um Cambissol gleico de Lugo, Espanha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, 9:45-50, 2005.

KLOSOWSKI, E. S. et al. Determinação do consumo de água e do coeficiente de cultura da abóbora na região de Botucatu, SP. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.409-412, 1999.

MOTA, J. C. A. et al. Armazenagem de água e produtividade de Meloeiro irrigado por gotejamento, com a superfície do solo coberta e desnuda. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.34, p.1721-1731, 2010.

SOUZA, A. P. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 01, n. 01, p.34-43, out/dez, 2013.

STONE, L. F. et al. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.41, p.577-582, 2006.

EXIGÊNCIAS TÉRMICAS PARA FENOFASES PARA A CULTIVAR *Curcubita pepo* NA REGIÃO DE SINOP-MT

Werner Felipe Becker Demartini¹, Suzana Grassi da Silva², Charles Campoe Martim², Brena Geliane Ferneda², Adilson Pacheco de Souza³

¹Mestrando em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, Campus, Sinop, werner.agr@gmail.com; ² Bolsista Iniciação Científica, ICAA, UFMT, Sinop, MT, suzanagrassi@gmail.com; charleschp2011@hotmail.com; brenaferneda95@gmail.com;

³Prof. Adjunto, ICAA, UFMT, Sinop, pachecoufmt@gmail.com

RESUMO: Foi realizado o experimento de junho a setembro de 2016 na UFMT – Sinop para avaliar diferentes condições de cultivos (Milheto, crotalaria e solo desnudo) e lâminas de irrigação (40, 60, 80, 100 e 120 % da ETc) com base na soma térmica acumulada referente ao desenvolvimento de flores masculinas, femininas e frutos. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados (DBC) com quatro blocos de 30 plantas cada, sendo que as avaliações foram submetidas ao teste de Tukey ($\alpha \leq 5\%$). A condição de cultivo, cobertura do solo utilizando palhada de Milheto e a lâmina de 120 % da ETc influenciaram no aumento da soma térmica para o desenvolvimento da duração da flor feminina e fruto. Nas variáveis morfométricas do fruto, o tratamento sem cobertura obteve um melhor desempenho e nas lâminas de irrigação o melhor desempenho foi observado nas lâminas de 60 e 80 % da ETc. Sendo assim, recomenda-se quando utilizar palhada no solo juntamente com sistemas de irrigação aplicar, lâminas menores que varia de 60 a 80% da ETc.

PALAVRAS-CHAVE: Condições de cultivos, lâminas de irrigação, soma térmica.

Thermal requirements for phenophases for the cultivar *Cucurbita pepo* in the Sinop-MT region

ABSTRACT: The experiment was carried out from June to September 2016 at UFMT - Sinop to evaluate different crop conditions (Milheto, crotalaria and bare soil) and irrigation slides (40, 60, 80, 100 and 120% of ETc) based on the sum Thermal accumulation related to the development of male, female and fruit flowers. A randomized complete block design (DBC) with four blocks of 30 plants each was used. The evaluations were submitted to the Tukey test ($\alpha \leq 5\%$). The cultivation condition, soil cover using Milheto straw and the 120% ETc blade influenced the increase of the thermal sum for the duration of the female flower and fruit. In the morphometric variables of the fruit, the treatment without cover obtained a better performance and in the irrigation slides the best performance was observed in the slides of 60 and 80% of the ETc. Thus, it is recommended when using straw in the soil along with irrigation systems to apply, smaller slides ranging from 60 to 80% of the ETc.

KEY-WORDS: Crop conditions, irrigation slides, thermal sum.

INTRODUÇÃO

A abobrinha-italiana (*Curcubita pepo*), encontra-se no Brasil, obtendo maior eficiência na produção nas regiões Centro-Oeste e Sul do país (LUCIO et al, 2008). Seu cultivo é indicado em épocas de clima seco, fazendo-se o uso da irrigação, (ARAÚJO,

2002). A temperatura interfere na respiração de manutenção, a transpiração, a duração das fases fenológicas, a indução ao florescimento e taxa de germinação de sementes (PEREIRA et al., 2002). Segundo Filgueira (2000), em dias curtos é maior o número de flores femininas, ocasionando a perda das flores masculinas, podendo resultar em maior número de frutos formados.

Para relacionar o efeito da temperatura com o crescimento e desenvolvimento das culturas, é utilizado o método da soma térmica acumulada dada em graus-dias acumuladas (GDA). Metodologia baseia que as plantas necessitam de uma faixa térmica apropriada para crescer e se desenvolver. O qual abrange as temperaturas cardinais de cada planta, ou seja, cada espécie possui uma temperatura limite inferior (T_b), temperatura ótima (T_o) e temperatura limite superior (T_B) para seu crescimento, desenvolvimento, em processos importantes como germinação e abertura de flores (CARDOSO, 2011). Com isso objetivou-se avaliar longevidade das flores masculinas e femininas, no momento de antese, e crescimento do fruto até a colheita sob diferentes sistemas de cultivo na região de Sinop-MT.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na UFMT – Sinop, o solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico. O clima de acordo com a classificação de Koppen é Aw (clima tropical) com duas estações definidas: seca (maio a setembro) e chuvosa (outubro a abril), com temperaturas médias mensais entre 22,96 e 25,76 ° C e precipitação e evapotranspiração anual aproximada de 1974 e 1327 mm ano⁻¹, respectivamente (Souza et al, 2013).

O experimento foi conduzido em três blocos com cinco tratamentos (lâminas de irrigação) e três diferentes coberturas por bloco (milheto, sem cobertura e crotalária). As lâminas aplicadas foram 40, 60, 80, 100 e 120% da ETc, as coberturas utilizadas foram de milheto, crotalária e sem cobertura, utilizando uma densidade de palhada de 2,5 Kg m⁻². Foi utilizado um sistema de irrigação localizado tipo gotejamento, com manejo de irrigação base clima, baseados na Evapotranspiração de referência, nas leituras realizadas no tanque Classe A. Após o lançamento do primeiro botão floral masculino, feminino e presença de fruto, iniciou-se a contagem diária durante o período da manhã, obtendo assim, a soma térmica acumulada do plantio, até o início do estágio reprodutivo de cada planta.

Para a avaliação da taxa de crescimento do fruto, também foram demarcados 3 frutos em diferentes plantas dentro de cada tratamento, e foram realizadas medições diárias de comprimento do fruto, diâmetro do bojo e diâmetro do pedúnculo. Para o cálculo da soma térmica acumulada (°C dia) utilizou-se a metodologia proposta por Ometto (1981) conforme as cinco situações (SOUZA et al., 2011) e as temperaturas basais inferior e superior (T_b e T_B) de 12 e 35 °C, respectivamente (SOUZA et al., 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a duração da flor masculina não apresentaram diferença entre as coberturas do solo (Tabela 1), já em relação à duração da flor feminina a cobertura de milheto apresenta maior acúmulo térmico para o desenvolvimento da flor em relação às outras coberturas, fato que, pode ser explicado devido à cobertura de milheto proporcionar um maior teor de umidade ao solo. Segundo Pedrosa (1982), o teor de umidade do solo exerce influência na relação flores masculinas e femininas. Quando capacidade de

retenção de água no solo é inferior a condição de desenvolvimento ótimo para a cultura, tem-se uma maior produção de flores masculinas do que em condições ideais. Para duração do crescimento do fruto foi maior na cobertura de milho, sendo estatisticamente significativo para a ausência de cobertura.

Tabela 1. Exigências térmicas (GDA) para longevidade (entre emissão do botão floral e o momento de antese) e o crescimento do fruto até a colheita, em diferentes condições de cultivo, em Sinop-MT, entre 25/06 e 24/09/16.

Fenofase	Cobertura do solo		
	Milho	Crotalaria	Sem Cobertura
Flor masculina	228,73 (15) a	228,46 (15) a	217,77 (15) a
Flor feminina	170,68 (11) a	155,06 (10) b	156,34 (10) ab
Crescimento do fruto	280,28 (19) a	256,40 (17) ab	253 (17) b

Valores entre parênteses faz referência ao tempo em dias na longevidade. Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses representam a média do número de dias para a soma térmica ser atingida.

A duração em GDA para a flor masculina foi maior nas lâminas de 100 e 120% da ETc (Tabela 2), a duração da flor feminina foi significativa para a lâmina de 120%, e consequentemente a duração do crescimento do fruto foi maior para a lâmina de 120%.

Tabela 2. Exigências térmicas para longevidade, para longevidade (entre emissão do botão floral e o momento de antese) e o crescimento do fruto até a colheita, em diferentes lâminas de irrigação, em Sinop-MT, entre 25/06 e 24/09/16.

Fenofase	Lâmina de irrigação (percentual da ETc)				
	40	60	80	100	120
Flor masculina	220,36 (15) a	213,32 (14) a	219,09 (14) a	231,27 (16) a	231,15 (16) a
Flor feminina	149,34 (10) b	169,05 (11) ab	149,70 (10) b	161,29 (11) ab	175,98 (12) a
Crescimento do fruto	243,35 (16) b	245,92 (16) b	258,71 (17) b	259,56 (17) b	300,11 (20) a

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses representam a média do número de dias para a soma térmica ser atingida.

Araújo (2002) constatou que em épocas de verão-outono as condições desfavoráveis influenciaram diretamente nos elementos dependentes da evapotranspiração, provocando o abortamento de flores, prejudicando o processo de fotossíntese, então um lento crescimento dos frutos.

Na Figura 1, quando se analisa as diferentes condições de cultivo no desenvolvimento do fruto, o solo sem cobertura obteve um melhor desempenho quando comparado aos outros tratamentos. Já nas diferentes lâminas de irrigação, observa-se que quanto maior a lâmina, menor o desempenho morfométrico dos frutos, sendo o melhor resultado observado nas lâminas de 80 e 60 % da ETc. Cobertura do solo com

palhada, em relação ao solo desnudo reduz a temperatura do solo em até 3,5 ° C e aumentou em 2,5 % a umidade (RESENDE et al. 2005) diminuindo assim a evaporação da água no solo.

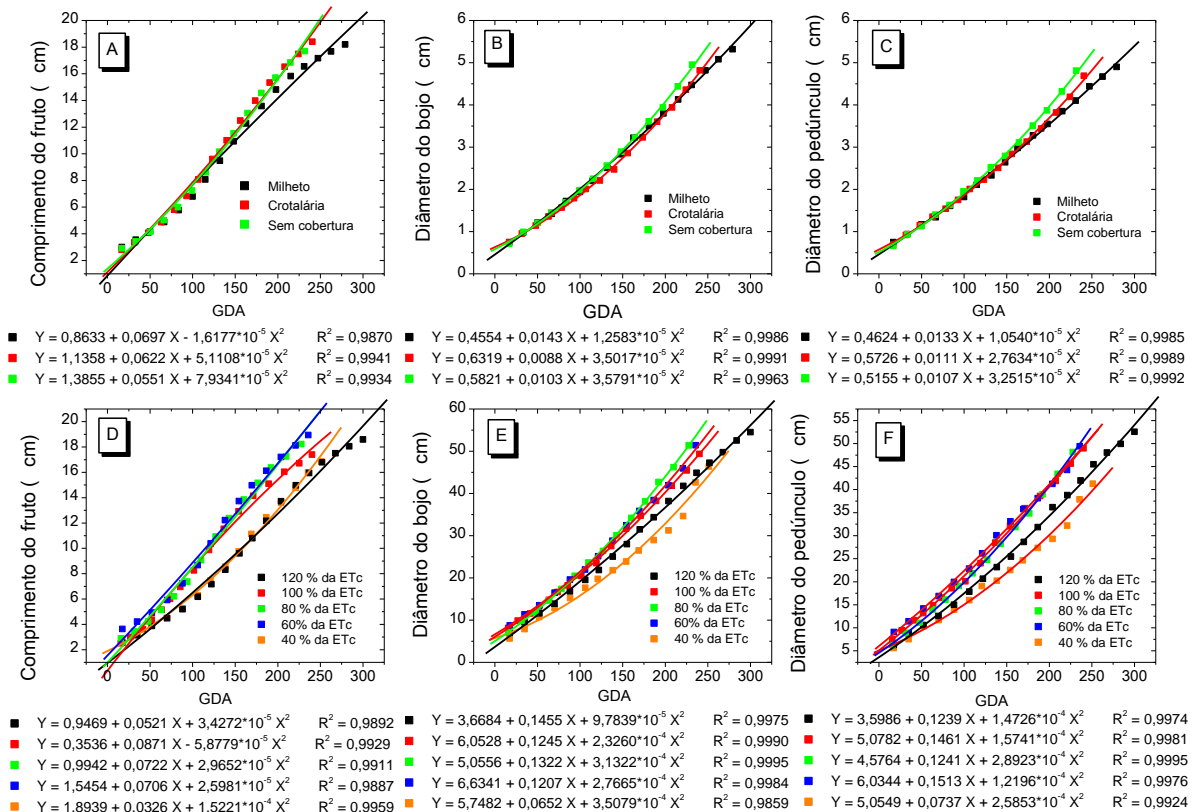


Figura 1: Comprimento do fruto (A) e (D), diâmetro do bojo (B) e (E) e diâmetro do pedúnculo (C) e (F) em relação a soma térmica acumulada, para diferentes condições de cultivo e lâminas de irrigação.

CONCLUSÕES

Diferentes coberturas de solo bem como a soma térmica acumulada durante todo ciclo da planta, podem intensificar ou retardar o crescimento e desenvolvimento floral. A disponibilidade hídrica influencia diretamente na velocidade de crescimento dos frutos de abóbora Italiana.

AGRADECIMENTOS

A Fapemat pelo auxílio financeiro ao projeto de pesquisa (Processo: 224121/2015) e aos integrantes do Grupo de Pesquisa Ambiente e Planta.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, W. F. **Aplicação de água carbonatada em abobrinha cultivada em solo com e sem cobertura plástica**. Tese de Doutorado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2002. 98 p.

CARDOSO, V. J. M. Metodologia para análise da dependência térmica da germinação pelo modelo de graus-dia. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 2, p. 236-248, 2011.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária. 2002. 478 p.

RAMOS, S. R. R. et al. Aspectos técnicos do cultivo da abóbora na região nordeste do Brasil. **Documentos 154, Embrapa**. Aracaju, SE. 2010. 36 p.

RESENDE, F. V.; SOUZA, L. S.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUALBERTO, R.; uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, V. 29, n. 1, p. 100-105, jan./fev. 2005.

SOUZA, M. F. et al. Tamanho da amostra para peso da massa de frutos, na cultura da abóbora italiana em estufa plástica. **Revista Brasileira Agrocência**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 123-128, 2002.

SOUZA, A. P. et al. Comparison of methodologies for degree-day estimation using numerical methods. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.33, n.3, p.391-400, 2011.

SOUZA, A. P. et al. Estimates of Leaf Area of *Curcubita moschata* Duch. Based on Linear Measures and Degree-days in Planting of Winter in the Central-Western Region of Brazil, **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 5, p. 562-572, 2015.

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CANA DE AÇÚCAR SOB DOIS SISTEMAS DE CULTIVO

Marcelo José da Silva¹, Herica Fernanda de Sousa Carvalho², Magna Soelma Beserra de Moura³, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Graduando, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, marcelosilva145@hotmail.com, ²Bolsista DTI, CNPQ, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, hericafernanda_17@hotmail.com; ³Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, magnamoura@embrapa.br; ⁴Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, alexandremrfj@gmail.com, ⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: Objetivou-se analisar a influência da presença de palhada em solo no índice de área foliar da cana-de-açúcar irrigada no Semiárido brasileiro. O experimento foi conduzido entre 21/08/2015 e 28/07/2016, no município de Juazeiro, Bahia, onde dois talhões de 5,0 ha foram mantidos sem e com a presença de palhada. No talhão com a palhada foi mantida uma cobertura de 27,2 Mg ha⁻¹, oriunda do próprio corte da cultura. A variedade VAT 90-212, durante o seu terceiro ciclo, foi monitorada em 14 datas com medições de um medidor portátil do índice de área foliar. Os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Mann-Whitney. A manutenção da palhada em campo afetou o índice de área foliar (IAF) ($p < 0,05$). Este resultado foi observado em várias datas de medida do IAF, sobretudo no início do ciclo, antes do 125 dias após o corte, e depois dos 244 dias após o corte, até o final do período experimental. Todavia, o tombamento da cultura afetou a dinâmica do IAF, como visto aos 272 dias após o corte, quando não houve diferença do IAF entre os sistemas de cultivo ($p > 0,05$). Um novo crescimento da cultura foi verificado após ocorrência do tombamento, o que resultou em nova diferença entre esses cultivos, ao final do ciclo. Conclui-se que, a manutenção da palhada reduziu o IAF da cana-de-açúcar, variedade VAT 90-212, no Semiárido brasileiro, sobretudo devido os impedimentos promovidos no início do ciclo e o tombamento da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: AccuPAR; Gotejamento subsuperficial, VAT 90-212.

FOLIAR AREA INDEX OF SUGAR CANE UNDER TWO CROP SYSTEMS

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze the influence of field straw maintenance on leaf area index of irrigated sugarcane in the Brazilian semi-arid region. The experiment was conducted between 08/21/2015 and 07/28/2016, in the municipality of Juazeiro, Bahia, where two stands of 5.0 ha were kept without and with the presence of straw. A cover of 27,2 Mg ha, from the crop section itself, was maintained in the field with the straw. The VAT 90-212 variety, during its third cycle, was monitored on 14 dates with measurements of a portable leaf area index meter. Data were submitted to the non-parametric Mann-Whitney test. The maintenance of field straw affected the leaf area index (LAI) ($p < 0.05$). This result was observed in several dates of LAI measurement, especially at the beginning of the cycle, before 125 days after the cut, and after 244 days after the cut, until the end of the experimental period. However, crop tipping affected the LAI dynamics, as seen at 272 days after cutting, when there was no difference in LAI between the cropping systems ($p > 0.05$). A new growth of the crop was verified after the occurrence of the tipping, which resulted in a new difference

between these crops, at the end of the cycle. It is concluded that the maintenance of the straw reduced the LAI of the sugarcane, variety VAT 90-212, mainly due to the impediments promoted at the beginning of the cycle and the tipping of the crop.

KEY-WORDS: AccuPAR; Subsurface drip, VAT 90-212.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar possui papel fundamental na economia brasileira (SILVA et al., 2017) e de acordo com Silva et al. (2014) a cultura apresenta bom desempenho, sobretudo pelo alto índice de radiação encontrado em regiões de clima tropical.

O Semiárido ocupa grande parte da região Nordeste do Brasil, e possui como característica marcante temperaturas elevadas, altos índices de radiação e baixos níveis de chuva. Esta última, na maioria das vezes limita o desenvolvimento das culturas agrícolas. Farias et al. (2007) citam que, o índice de área foliar da cana-de-açúcar possui estreita relação com a produtividade da cultura, e que a modificação do ambiente de cultivo pode afetar o desenvolvimento foliar das plantas. Logo, medidas do índice de área foliar são bastante importantes na avaliação da resposta da cultura a mudanças do manejo.

Para atender a legislação vigente e melhorar a preservação do meio ambiente, a colheita da cana-de-açúcar tem mudado de corte pós-queima para mecanizada da “cana crua”. Nesta prática, grande volume de palhada é depositado acima do solo, o qual pode trazer benefícios como redução da evaporação, fornecimento de nutrientes e melhoria do regime térmico do solo, contribuindo na produtividade (GAVA et al., 2001). Entretanto, o impedimento físico pode desfavorecer o desenvolvimento inicial da cultura.

Diante do exposto, objetivou-se analisar a influência da presença de palhada em solo no índice de área foliar da cana-de-açúcar irrigada no Semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre 21/08/2015 e 28/07/2016, na Empresa Agroindústria do Vale do São Francisco (9°29'47''S; 40°21'42''; 400 m), município de Juazeiro, Bahia, Semiárido Brasileiro. O experimento foi composto por dois talhões de 5,0 ha, sem e com a manutenção da palhada no solo. Na área cultivada com presença de palhada, foi depositada 27,2 Mg ha⁻¹, oriunda do próprio corte da cultura.. A variedade VAT 90-212 foi conduzida no 3º ciclo, em fileiras duplas com espaçamento de 0,7 x 1,30 m. A irrigação foi realizada por gotejamento subsuperficial, a uma profundidade de 0,20 m, localizada no meio de cada fileira dupla. Fertirrigação contendo N, P, K, nas quantidades 420, 6,1 e 3,7 kg ha⁻¹, respectivamente. Quando necessário também foi realizado controle de plantas invasoras.

Em 14 datas foram feitas medidas do índice de área foliar a partir de um ceptômetro (AccuPAR modelo L80, Decagon Devices Inc., Pulman, USA) calibrado localmente: 10-set-15 (21 DAC); 28-out-15 (69 DAC); 12-nov-15 (84 DAC); 25-nov-15 (97 DAC); 9-dez-15 (111 DAC); 23-dez-15 (125 DAC); 12-jan-16 (145 DAC); 24-fev-16 (188 DAC); 10-mar-16 (203 DAC); 23-mai-16 (216 DAC); 20-abr-16 (244 DAC); 4-mai-16 (258 DAC); 18-mai-16 (272 DAC); e, 28-jul-16 (342 DAC).

As medidas com o ceptômetro foram feitas entre 11 h e 13 h, com quatro medidas acima e quatro abaixo do dossel da cultura de maneira alternada, de modo que o instrumento cobrisse a metade da fileira e da rua de cultivo. As leituras foram

realizadas em dez subparcelas, sempre nas mesmas posições, em condições de céu claro, conforme Silva et al. (2012c).

Os dados foram organizados e processados em planilha eletrônica e, em seguida, submetidos ao teste não paramétrico de Mann-Whitney, o qual compara dados de duas amostras, a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A manutenção da palhada em campo afetou o índice de área foliar (IAF) da cana-de-açúcar ($p < 0,05$). Este resultado pode ser observado em várias datas de medida do IAF, principalmente no início do ciclo, antes do 125 dias após o corte (Figura 1), e depois dos 244 dias após o corte, até o final do período experimental.

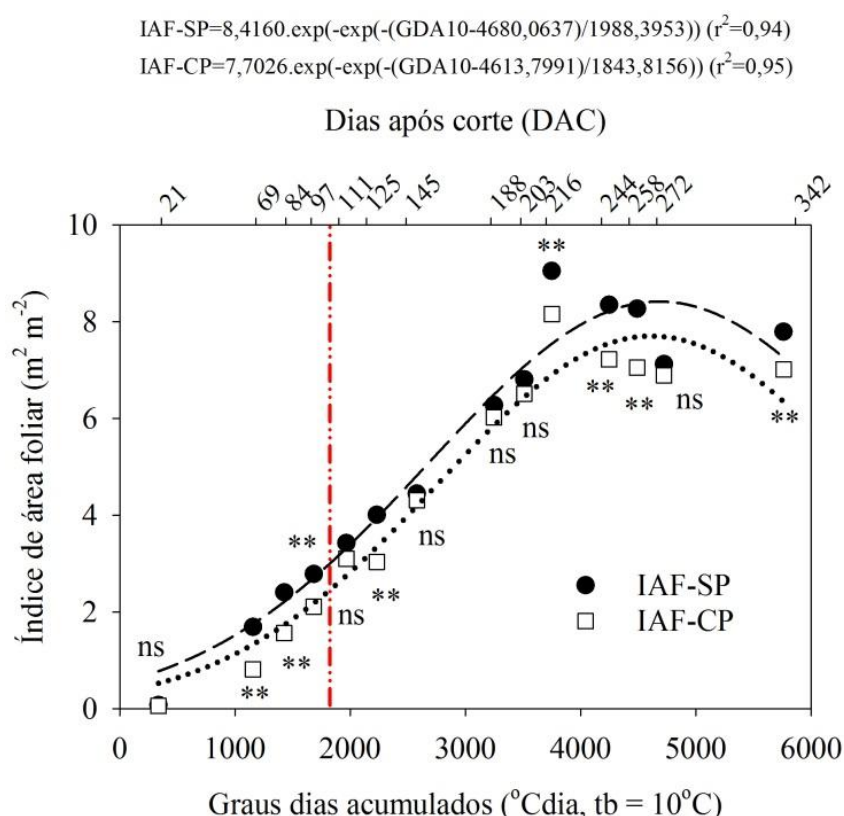


Figura 1. Índice de área foliar da cana-de-açúcar sob cultivos sem e com manutenção da palha acima do solo, em Juazeiro, BA, Semiárido brasileiro. Linha vermelha na vertical indica o início das medidas biométricas. ** - indica diferença significativa, dentro da mesma data, ao nível de significância de 5% pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney (comparação entre duas amostras). ns - diferença não significativa.

A palhada dificulta o desenvolvimento inicial das plantas meramente pelo bloqueio físico promovido pela cobertura morta. Silva et al. (2017) citam que, a presença de palhada em quantidade entre 20 e 30 $Mg ha^{-1}$ afeta negativamente o desenvolvimento das plantas, uma vez que a cobertura impede a passagem de luz, excede a umidade do solo e afeta no vigor dos perfilhos. No presente estudo, a cobertura morta foi de 27,2 $Mg ha^{-1}$, logo podendo ser considerada excessiva para o cultivo de cana-de-açúcar.

Silva et al. (2012) mostram que a radiação e temperatura interferem no sucesso do perfilhamento da cana-de-açúcar, que em conjunto com a dinâmica foliar garantem a

produtividade da cultura; logo, sob condição limitante o acúmulo de biomassa é reduzido.

Nota-se na Figura 1 que, o padrão do desenvolvimento foliar da cana-de-açúcar é semelhante nos dois sistemas de cultivo, com exceção do período 216 a 258 dias após o corte, quando foi verificado maior senescência foliar e, tombamento da cultura no sistema sem palhada.

Oliveira et al. (2010) destacam que, o IAF da cana-de-açúcar é dividido em três fases: inicial, caracterizada por apresentar um crescimento lento; crescimento rápido, momento em que há o maior acúmulo de área foliar e, a fase final, período em que a planta está próxima ao final do ciclo, quando volta a diminuir o desenvolvimento.

Entre os 145 e os 203 dias após o corte, quando há maior desenvolvimento foliar, não houve diferença do IAF entre os dois sistemas de cultivo ($p > 0,05$). Nesse período, o aumento da temperatura é mais efetivo, o que favorece a emissão de novas folhas, assim, promovendo uma redução nas discrepâncias do IAF entre os sistemas.

Mas, a partir dessa data, com o aumento da senescência foliar, o IAF no sistema de cultivo sem palha se sobressaiu. A elevação da temperatura do ar no ambiente com palhada pode ser a justificativa na redução da persistência das folhas neste sistema. Silva et al. (2012) citam que, além do número de perfilhos e área individual das folhas, o número de folhas da planta afetam o IAF da cana-de-açúcar. Todavia, o tombamento da cultura pode afetar essa dinâmica, como visto aos 272 dias após o corte, quando não houve diferença do IAF entre os sistemas de cultivo ($p > 0,05$). Um novo crescimento da cultura foi verificado após ocorrência do tombamento (Figura 1), o que resultou em nova diferença entre esses cultivos, ao final do ciclo.

Este resultado indica que os benefícios promovidos pela presença da palhada em campo não superaram a restrição imposta pela cobertura no início do ciclo da cultura.

Olivier e Singels (2015) citam que, a modificação no IAF promovido pela palhada em campo altera a interceptação de radiação, o que pode afetar a produtividade da cana-de-açúcar; porém, este resultado depende da variedade.

CONCLUSÕES

A manutenção da palhada reduziu o índice de área foliar da cana-de-açúcar, variedade VAT 90-212, no Semiárido brasileiro, sobretudo devido os impedimentos físicos promovidos no início do ciclo e o tombamento da cultura.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Agrometeorologia do Semiárido, Embrapa Semiárido, Universidade de São Paulo, a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/UAST) e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

FARIAS, C. H. A. et al. Índice de área foliar em cana-de-açúcar sob diferentes níveis de irrigação e zinco na Paraíba. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 55, 2007.

GAVA, G. J. C. et al. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1347-1354, 2001.

OLIVIER, F. C.; SINGELS, A. Increasing water use efficiency of irrigated sugarcane production in South Africa through better agronomic practices. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 176, p. 87-98, 2015.

OLIVEIRA, E. C. A. et al. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 951-960, 2010.

SILVA, N. F. et al. Cana-de-açúcar cultivada sob diferentes níveis de palhada. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 10, n. 1, p. 159-168, 2017.

SILVA, T. G. F. et al. Biomassa seca acumulada, partições e rendimento industrial da cana-de-açúcar irrigada no Semiárido brasileiro¹. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 5, p. 686, 2014.

SILVA, T. G. F. et al. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 500-509, 2012.

DESEMPENHO DE LARANJEIRA 'PERA' CULTIVADA POR SEMEADURA NO LOCAL DEFINITIVO E PLANTIO DE MUDA PROTEGIDA

Iumi da Silva Toyosumi¹, Thaís Nascimento Meneses², Luana Laís de Almeida dos Santos³, Maurício Antônio Coelho Filho⁴, Roberto Toyohiro Shibata⁵

¹Graduanda em Agronomia, UFRB, Cruz das Almas, Bahia, i.s.toyosumi@outlook.com; ²Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFRB, Cruz das Almas, Bahia, th41s.nascimento@gmail.com; ³Graduanda em Agronomia, UFRB, Cruz das Almas, Bahia, luanalaais@gmail.com; ⁴Doutor em Irrigação e Drenagem, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura- CNPMF, Cruz das Almas, Bahia, mauricio-antonio.coelho@embrapa.br; ⁵Eng. Agrônomo, Faz. Lagoa do Coco, Rio Real, rtshibata@ig.com.br

RESUMO: A laranjeira 'Pera' é a cultivar mais difundida e produzida na citricultura brasileira, sendo a formação da muda o principal fator na implantação de um pomar. Portanto, buscou-se comparar o desempenho de plantas jovens de laranjeira 'Pera' submetidas a diferentes sistemas de semeadura, visando reunir informações que possam auxiliar em futuras práticas de manejo. O experimento foi conduzido, na Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real, Bahia, em pomar de laranjeira 'Pera CNPMF-D6' enxertada em tangerineira 'Sunki Tropical'. Foram selecionadas ao acaso oito plantas decada sistema de plantio avaliado (semeadura em local definitivo e plantio de muda protegida), para realização das medidas biométricas: altura total (H), diâmetro superior (DS), diâmetro inferior (DI), diâmetro da copa na linha (DCL) e diâmetro da copa na entrelinha (DCE), e a partir destas medidas calculou-se, o volume da copa (VC), índice de vigor vegetativo (IVV), taxa de cobertura da copa na linha (TCCL) e na entrelinha (TCCE). Para o pomar com 31 meses de formação, o plantio da muda protegida favoreceu o maior desempenho horticultural da cultura. Resultado que contradiz os preceitos da semeadura em local definitivo.

PALAVRAS-CHAVE: biometria, volume de copa, índice de vigor vegetativo.

PERFORMANCE OF 'PERA' ORANGE CULTIVATED BY SOWING IN DEFINITIVE PLANT SITE AND PROTECTED CHANGE PLANT

ABSTRACT: The 'Pera' orange is the most widespread cultivar and produced in the Brazilian citriculture, being the formation of the seedling the main factor in the implantation of an orchard. Therefore, it was sought to compare the performance of young 'Pera' orange plants submitted to different sowing systems, aiming to gather information that may help in future management practices. The experiment was conducted at the Lagoa do Coco Farm, Rio Real, Bahia, in a 'Pera CNPMF-D6' orange orchard grafted on 'Sunki Tropical' mandarin. Eight plants of each sowing system evaluated (sowing at definitive site and planting of protected seedlings) were selected at random to perform the biometric measurements: total height (H), upper diameter (DS), lower diameter (ID), diameter (VC), vegetative vigor index (IVV), canopy cover rate in the line (TCCL) and the crown diameter (DCE).) And in the interline (ECC). For the orchard with 31 months of training, the planting of the protected seedling favored the greater horticultural performance of the crop. Result that contradicts the sowing precepts in definitive place.

KEY-WORDS: biometrics, canopy volume, vegetative vigor index.

INTRODUÇÃO

A citricultura tem grande importância econômica no Brasil e no mundo, sendo responsável pela geração de empregos diretos e indiretos, contribuindo para o fortalecimento da economia dos países produtores (NEVES et al., 2010). Em 2014, o Brasil produziu pouco mais de 16.333.255 toneladas de laranja. A região Nordeste produziu em 2013, 1.686.670 toneladas de laranja. O estado da Bahia foi responsável pela produção de 994.817 toneladas desse total (IBGE, 2014).

Atualmente, pesquisas desenvolvidas junto à citricultura baiana tem se dedicado a semeadura do porta-enxerto no local definitivo, o qual tem proporcionado maior vigor as plantas, devido sua raiz pivotante intacta e vigorosa, possibilitando a exploração efetiva do solo, quando comparado ao processo de formação de mudas protegidas em viveiro (REZENDE, SHIBATA e SOUZA, 2015).

Outros benefícios dessa técnica são citados por Freire et al. (2001) e Sales et al. (2016) resultando em melhorias na fertilidade, resistência a penetração mecânica, porosidade e retenção de umidade do solo. Entretanto, esta é uma prática pouco aplicada à citricultura, cujo plantio é feito utilizando-se mudas cultivadas e enxertadas em viveiros.

Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de mudas de laranjeira ‘Pera’ cultivadas por semeadura no local definitivo e plantio de muda protegida.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em pomar jovem de laranjeira ‘Pera’ localizado na Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real – Bahia (latitude 11° 29’ S, longitude 37 ° 56’ W e altitude de 160,0 m), com área de 12.800 m², e plantas espaçadas de 6,0 mx 2,0 m, sob condições de sequeiro. Segundo a classificação de Koeppen, o município apresenta clima do tipo As, com temperatura média anual de 24°C. A pluviosidade média anual é de 1.000mm, com período chuvoso entre maio e julho e mais seco entre outubro e dezembro. O solo da região é o Latossolo Amarelo Distrófico argissólico, de Tabuleiros Costeiros.

O material propagativo (sementes, borbulhas e mudas protegidas) foi obtido da Embrapa Mandioca e Fruticultura, possuindo certificação. A semeadura no local definitivo foi realizada em maio de 2014, início do período chuvoso, visando o maior aproveitamento de água da chuva. Foram inseridas de 15 - 20 sementes no sulco de plantio e a partir do quinto mês foi realizado o desbaste, descartando os machinhos e as plantas menos vigorosas. Em junho de 2015, foram realizadas a enxertia dos cavalos e o plantio das mudas protegidas.

Para comparar o desempenho de plantas jovens de laranjeira ‘Pera CPMF-D6’ enxertada em tangerineira ‘Sunki Tropical’, submetidas a dois sistemas de semeadura (semeadura no local definitivo e plantio de muda protegida), foram selecionadas ao acaso 8 plantas para cada tipo de semeadura.

Em dezembro de 2016, foram realizadas as seguintes avaliações: altura total (H), diâmetro superior (DS), diâmetro inferior (DI), diâmetro da copa na linha (DCL) e diâmetro da copa na entrelinha (DCE), a partir destas medidas biométricas calculou-se, o volume da copa (VC), índice de vigor vegetativo (IVV) taxa de cobertura da copa na linha (TCCL) e na entrelinha (TCCE) conforme Portella et al. (2016).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O plantio da muda protegida (PM) favoreceu o crescimento em altura (H), diâmetro inferior (DI) do caule e o aumento do índice de vigor vegetativo (IVV) de plantas jovens de laranjeira ‘Pera’, em comparação a sementeira em local definitivo (SD) (Tabela 1). Resultados que não corroboram com os benefícios do plantio do porta-enxerto no local definitivo citado por Rezende et al. (2015), segundo os autores, pomares originários por esse sistema de sementeira, são mais precoces, vigorosos, produtivos e possivelmente mais longevos, devido à melhor e mais rápida adaptação das plantas às condições ambientais do que pomares originários do plantio de mudas formadas em viveiros, que passam por sucessivos estresses nas transplantações sementeira-viveiro-pomar, comprometendo assim seu desenvolvimento.

Tabela 1: Altura (H), Diâmetro inferior (DI) e Índice de Vigor Vegetativo (IVV) de Laranjeira ‘Pera’ cultivada por sementeira no local definitivo (SD) e plantio de muda (PM). Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real, Bahia, dezembro de 2016.

Sistemas de sementeira	H (m)	DI (cm)	IVV
SD	0,98 b	2,77 b	1,89 b
PM	1,18 a	4,27 a	2,59 a
Média geral	1,08	3,52	2,24
CV (%)	11,35	16,47	11,33

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

Para o volume de copa (VC), taxa de cobertura da copa na linha (TCCL) e na entrelinha (TCCE), o plantio da muda protegida também contribuiu de forma significativa para o maior desempenho em relação à sementeira no local definitivo (Tabela 2).

Tabela 2: Volume de Copa (VC), Taxa de cobertura da copa na linha (TCCL) e na entrelinha (TCCE) de Laranjeira ‘Pera’ cultivada por sementeira no local definitivo (SD) e plantio de muda (PM). Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real, Bahia, dezembro de 2016.C

Sistemas de sementeira	VC (cm ³)	TCCL (%)	TCCE (%)
SD	0,22 b	9,58 b	27,60 b
PM	0,59 a	14,16 a	44,80 a
Média geral	0,41	11,87	36,20
CV (%)	31,69	12,84	24,43

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

De acordo com Carvalho (2001) as podas de raízes ocorridas no processo convencional de formação das mudas, forçam a emissão de raízes secundárias propiciando maior desenvolvimento radicular. Fato que pode ser refletivo no maior desempenho da planta em campo, tal como observado neste experimento.

CONCLUSÕES

O plantio de muda protegida favoreceu o maior desempenho horticultural de plantas jovens de laranja 'Pera' em comparação a semeadura no local definitivo.

AGRADECIMENTOS

À Fazenda Lagoa do Coco pela possibilidade de condução do experimento e à Embrapa Mandioca e Fruticultura pelo fornecimento do material propagativo.

REFERÊNCIAS

BLUMER, S.; POMPEU JUNIOR, J. Avaliação de citrandarins e outros híbridos de trifoliata como porta-enxertos para citros em São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, p.264-267, 2005.

CARVALHO, S. A. de. Propagação dos citros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.209, p.21-25, 2001.

FREIRE, F. M.; VASCONCELLOS, C. A.; FRANÇA, GE de. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 49-62, 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Disponível em: <http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/...da.../lspa_201403.pdf>. Acesso em: 12/04/2017.

NEVES, M. F. (Org.). **O retrato da Citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: Markestrat, 2010. 138 p.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M. POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Campinas:FUNDAG, 2005, p. 63-104.

PORTELLA, C.R.; MARINHO, C. S.; AMARAL, B. D.; CARVALHO, W. S. G.; CAMPOS, G. S.; SILVA, M. P. S. da; SOUSA, M. C.de. Desempenho de cultivares de citros enxertadas sobre o trifolioteiro 'Flying Dragon' e limoeiro 'Cravo' em fase de formação do pomar. **Bragantia**, Campinas, SP, v.75, n.1, p.70-75, 2016.

REZENDE, J. de O.; SHIBATA, R. T.; SOUZA, L. de S. **Justificativa e recomendações técnicas para o "plantio direto" dos citros nos Tabuleiros Costeiros: ênfase na citricultura dos estados da Bahia e Sergipe**. Cruz das Almas, BA: UFRBA, 2015. 240 p.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.

FATOR DE DESACOPLAMENTO EM CULTIVO DE FEIJÃO-CAUPI IRRIGADO NO NORDESTE PARAENSE, BRASIL

Daniely Florencia Silva de Souza¹, Deborah Luciany Pires Costa², João Vitor de Nóvoa Pinto³, Vandeilson Belfort Moura⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁵

¹ Mestranda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Laboratório de Agrometeorologia, Belém, PA, E-mail: daniely.souza@ufra.edu.br; ² Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Laboratório de Agrometeorologia, Belém, PA, E-mail: deborahpires.agro@gmail.com; ³ Mestrando em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Laboratório de Agrometeorologia, Belém, PA, E-mail: jvitorpinto@gmail.com; ⁴ Mestrando em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Laboratório de Agrometeorologia, Belém, PA, E-mail: vandeilsonbelfort@hotmail.com; ⁵ Docente, Doutor em Agrometeorologia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Belém, PA, E-mail: paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: O feijão-caupi é uma cultura tolerante as mais diversas condições edafoclimáticas. Entretanto, o clima é um dos principais fatores limitantes a produtividade desta cultura. Poucos estudos são realizados a nível local para o caupi e por isso, este trabalho teve por objetivo determinar a que nível de disponibilidade hídrica as plantas terão maior controle biótico durante o período diurno e para a fase reprodutiva da cultura no nordeste paraense. O experimento foi realizado com a cv. BR3-Tracueteua em Castanhal, no Pará, de setembro a novembro de 2014. Foram estimadas as variáveis: condutância estomática, condutância aerodinâmica e déficit de pressão de vapor d'água. O fator de desacoplamento variou entre 0,38 e 0,64, para os tratamentos sem irrigação e irrigado com 100% da reposição da água perdida pela evapotranspiração, respectivamente. Esses resultados mostram que a evapotranspiração nesta fase é controlada pela resistência aerodinâmica e, portanto a cultura encontra-se desacoplada da atmosfera quando não está em condições de déficit hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., controles biofísicos.

Decoupling factor in irrigated cowpea in the Northeast of Pará, Brazil

ABSTRACT: Cowpea is a tolerant crop of the most diverse soil and climatic conditions. However, climate is one of the main factors limiting the productivity of this crop. Few studies are carried out at the local level for cowpea and therefore, this work aimed to determine to what level of water availability the plants will have greater biotic control during the daytime period and for the reproductive phase of the crop in northeast of Pará. The experiment was carried out with cv. BR3-Tracueteua in Castanhal, Pará, from September to November 2014. The following variables were estimated: stomatal conductance, aerodynamic conductance, and water vapor pressure deficit. The decoupling factor varied between 0.38 and 0.64, for the treatments without irrigation and irrigated with 100% of the water lost by evapotranspiration, respectively. These results show that evapotranspiration at this stage is controlled by aerodynamic resistance and, therefore, the crop is decoupled from the atmosphere when it is not in conditions of water deficit.

KEY-WORDS: evapotranspiration, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., biophysical controls.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), é uma das principais leguminosas cultivadas no Brasil, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste, onde é um dos principais componentes da dieta alimentar, principalmente, para as populações de baixa renda.

Excelente fonte de proteínas, o feijão-caupi apresenta todos os aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas e baixa quantidade de gordura (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002; FERREIRA FILHO et al., 2011).

Esta leguminosa é adaptada a diversas condições edafoclimáticas, por isso, é cultivada em várias regiões (EHLERS; HALL, 1997). Entretanto, o clima é um dos principais fatores que limitam a produtividade desta cultura (CONAB, 2016). Deste modo, conhecer os fatores que regem a evapotranspiração contribuirá como ferramenta de auxílio aos agricultores quanto ao manejo de irrigação da cultura, minimizando os custos com a reposição de água, bem como reduzir os impactos gerados pelo desperdício de água e aumentando, dessa forma, a eficiência na produção, pois viabilizará a produção de feijão-caupi durante todo o ano.

Contudo, poucos estudos são realizados a nível local para a cultura. Assim sendo, este trabalho teve por objetivo determinar a que nível de disponibilidade hídrica as plantas terão maior controle biótico durante o período diurno e para os estádios reprodutivos da cultura no nordeste paraense.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Escola de Castanhal (FEC) pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia, Castanhal, no nordeste do Estado do Pará, Brasil (1°19'24,48" S; 47°57'38,20" W). Os solos da área de estudo foram classificados como Latossolo Amarelo Distrófico (TENÓRIO, 1999). O clima da região foi classificado como "Am", segundo Köppen (ALVARES et al., 2013).

O ensaio foi conduzido no período de setembro a novembro de 2014 em uma área cultivada com feijão-caupi cv. BR3-Tracuateua. Os tratamentos foram iniciados no estádio reprodutivo do feijão-caupi; submetido a diferentes intensidades de déficit hídrico, que consistiam na reposição de diferentes percentuais da água perdida por evapotranspiração de cultura (ET_c). A evapotranspiração de referência (ET_o) utilizada para os cálculos foi calculada pela equação de Penman-Monteith, padrão FAO (ALLEN et al., 1998). Os tratamentos foram: T₁₀₀ – reposição de 100% da ET_c; T₅₀ – reposição de 50% da ET_c; T₂₅ – reposição de 25% da ET_c e T₀ – reposição de 0% da ET_c (sem irrigação). O estudo foi conduzido em campo, por isso, as plantas também receberam água proveniente de chuvas que ocorreram durante os experimentos.

Na área, foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica que foi instrumentada com sensores para a coleta de dados meteorológicos referentes à temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação. Os sensores foram conectados a um datalogger (CR1000, *Campbell Scientific*) que realizava gravação das médias e totais a cada 10 minutos.

O DPV foi determinado a partir da Equação 1.

$$DPV = e_s - e_a \quad (1)$$

em que, e_s é a pressão de saturação de vapor d'água (kPa) e, e_a a pressão real de vapor d'água (kPa).

A condutância estomática (g_s), em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, foi medida por um porômetro (AP4, *Delta-T Devices*) em dias pré-definidos nos estádios fenológicos, R5, R7, R8 e R9. As medidas foram realizadas diariamente de duas em duas horas entre 8:00h e 16:00h.

A condutância aerodinâmica (g_a), em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, foi obtida através das equações propostas por Allen et al. (1998) (Equações 2 e 3).

$$r_a = \frac{\ln\left[\frac{Z_m - d}{Z_{0m}}\right] \ln\left[\frac{Z_h - d}{Z_{0h}}\right]}{k^2 U_z} \quad (2)$$

$$g_a = \frac{1}{r_a} \quad (3)$$

em que, r_a é a resistência aerodinâmica ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Z_m é a altura de medição da velocidade do vento (m); d é deslocamento do plano zero do perfil do vento (m); Z_{0m} é parâmetro de rugosidade para momentum (m); Z_h é a altura de medição da umidade do ar (m); Z_{0h} é o parâmetro de rugosidade para calor sensível e vapor d'água (m); k é a constante de Von Kármán (0,41); e U_z é a velocidade do vento a uma altura Z (m s^{-1}).

O fator de desacoplamento (Ω) da atmosfera foi estimado pelo método descrito por Silva et al. (2012), a fim de avaliar a sensibilidade da evapotranspiração do feijão-caupi ao controle climático ou biológico para a região de estudo (Equação 4):

$$\Omega = \frac{\Delta + \gamma}{\Delta + \gamma * (1 + g_a / g_s)} \quad (4)$$

em que: Δ é a declividade da curva de pressão de saturação do vapor versus a temperatura ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); γ é o coeficiente psicrométrico ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$).

Quando o fator de desacoplamento for igual ou próximo a 0 (zero), o controle biótico predomina sobre a evapotranspiração, e quando próximo a 1 (um), as condições atmosféricas ou climáticas são determinantes no processo.

A análise do fator de desacoplamento foi feita utilizando estatística descritiva das amostras, por meio das médias e desvios padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O déficit de pressão de vapor (DPV) e a condutância estomática (g_s) são mostrados na Figura 1. Para a fase reprodutiva o DPV médio foi de $1,22 \pm 0,61$ e a g_s média de $595,08 \pm 0,07$; $538,97 \pm 0,01$; $598,45 \pm 0,05$ e $452,82 \pm 0,11$ para T_{100} , T_{50} , T_{25} e T_0 , respectivamente.

O desacoplamento da atmosfera, ou seja, o controle abiótico sobre a evapotranspiração foi observado em T_{25} , T_{50} e T_{100} , onde foram obtidos os valores médios de $0,61 \pm 0,05$; $0,52 \pm 0,01$ e $0,64 \pm 0,07$, respectivamente; enquanto que o acoplamento a atmosfera, isto é, o controle biótico sobre a evapotranspiração, sobretudo da condutância estomática, foi notado apenas em T_0 onde foram encontrados valores médios de $0,38 \pm 0,11$ (Figura 2). O desacoplamento da atmosfera observado nos tratamentos irrigados (T_{25} , T_{50} e T_{100}) esteve relacionado ao incremento hídrico recebido por estas plantas.

Observou-se, que os valores de Ω foram menores para o T_0 ($\Omega < 0,5$), indicando um acoplamento maior da cultura com a atmosfera (Figura 2), tendência que se deveu aos baixos valores de g_s em virtude do fechamento dos estômatos, nessas condições, o déficit de pressão de vapor é o fator predominante no processo de evapotranspiração, sendo que a vegetação pode exercer um controle efetivo sobre o fenômeno (Figura 1).

Para os tratamentos que receberam reposição hídrica (T_{100} , T_{50} e T_{25}) os valores de Ω foram altos ($\Omega > 0,5$), indicando que vegetação está isolada aerodinamicamente da atmosfera (Figura 2), isso ocorre quando a g_s é máxima (inexistência da resistência estomática), nestas condições, a evapotranspiração é predominantemente governada pela radiação líquida, e a cultura não controla o fenômeno (Figura 1).

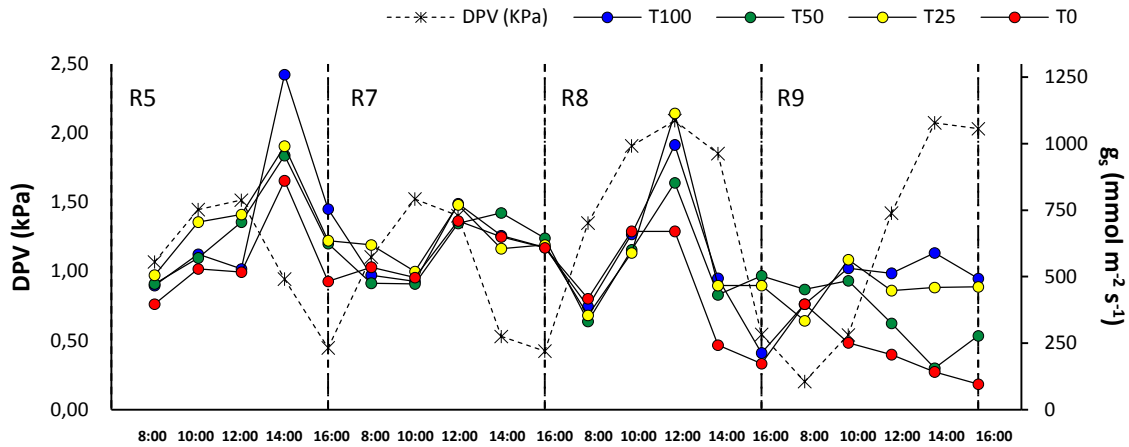


Figura 1. Déficit de pressão de vapor (DPV) e condutância estomática (g_s) durante o estágio reprodutivo do feijão-caupi irrigado, em Castanhal, PA.

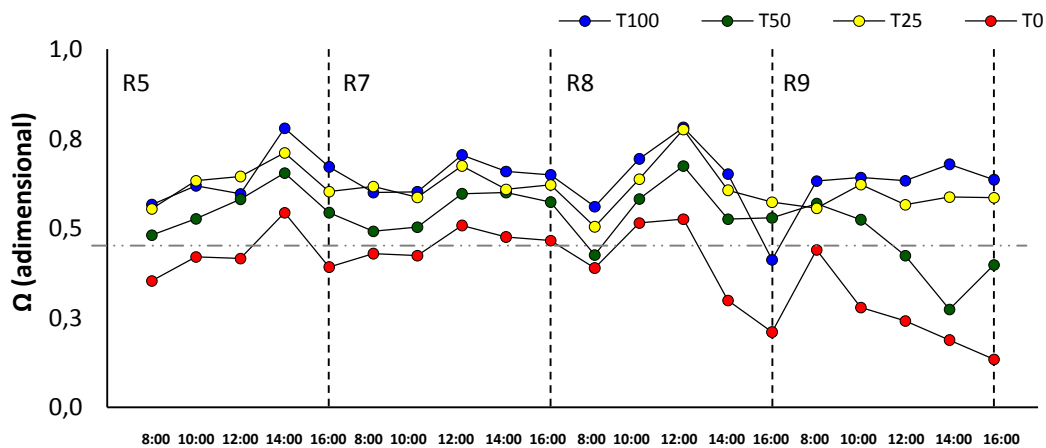


Figura 2. Fator de desacoplamento (Ω) durante o estágio reprodutivo do feijão-caupi irrigado, em Castanhal, PA.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com Farias et al. (2017), que em ensaio na mesma área deste estudo, encontraram valores médios de Ω para o ciclo do feijão-caupi irrigado, variando de 0,54 (2015), 0,72 (2013) e 0,74 (2014). Isso mostra que para as condições climáticas do Nordeste paraense a cultura do feijão-caupi estará desacoplada da atmosfera durante todo o ciclo quando houver reposição hídrica.

CONCLUSÕES

O nível de incremento hídrico necessário para que plantas tenham maior controle biótico do que físico, durante o período diurno e para os estádios reprodutivos da cultura, estiveram disponíveis a partir da reposição de 25% de água perdida pela evapotranspiração da cultura no nordeste paraense.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade do quinto autor (processo nº 311145/2013-2).

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climat e classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 108 p. (Sistemas de Produção: 2).
- CONAB – Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra agrícola de grãos**. v. 1, n. 3. Brasília, 2016.
- EHLERS, J. D.; HALL, A. E. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Fields Crop Research**, Amsterdã, v. 53, n. 1-3, p. 187-204. 1997.
- FARIAS, V. D. S. et al. Demanda hídrica, coeficiente de cultivo e fator de desacoplamento do feijão caupi na Amazônia. **Revista Caatinga [online]**. vol.30, n.1, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n121rc>.
- FERREIRA FILHO, F. R. et al. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.
- SILVA, T. G. F. et al. Fator de desacoplamento em um canavial irrigado no Submédio do Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 849–858, 2012.
- Tenório, A. R. M. et al. **Mapeamento dos solos da Estação de Piscicultura de Castanhal**. Belém: FCAP, 1999. p. 5-26. (FCAP. Informe técnico, 25).

VARIAÇÃO SAZONAL DOS FLUXOS DE ENERGIA EM CAATINGA PRESERVADA NO AGRESTE PERNAMBUCANO

Edevaldo Miguel Alves¹, Antonio Celso Dantas Antonino², José Romualdo de Sousa Lima³, Rodolfo Marcondes Silva Souza⁴, Manuella Virginia Salgueiro Gondim⁵

¹Professor, Centro Acadêmico do Agreste - UFPE, Caruaru, Pernambuco, edevaldofisica@gmail.com; ² Professor, Departamento de Energia Nuclear - UFPE, Recife, Pernambuco, acdantonino@gmail.com; ³Professor, Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE, Garanhuns, Pernambuco, romualdo_solo@yahoo.com.br; ⁴Pós-doutorando, Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UFRPE, Serra Talhada, Pernambuco, rodolfomssouza@gmail.com; ⁵Pós-doutoranda, Departamento de Energia Nuclear - UFPE, Recife, Pernambuco, manuellavirginia@yahoo.com.br

RESUMO: A atual instabilidade climática verificada através dos estudos dos impactos advindos de eventos extremos como secas e inundações, cujo tempo de recorrência vem sendo cada vez mais reduzido, associado ao aumento da temperatura do planeta, prenuncia um cenário de aumento da temperatura média global. As mudanças climáticas podem provocar uma redução no escoamento superficial e na disponibilidade de recursos hídricos, na qual os processos hidrológicos serão afetados e podem significar diferentes tipos de prejuízos para as comunidades que vivem nas regiões áridas e semiáridas, que são as mais expostas às mudanças climáticas, como por exemplo, o provável aumento da salinização das águas subterrâneas em virtude da elevação da evapotranspiração. No entanto, não são muitos os estudos medindo os fluxos de energia na caatinga. Desta forma, os objetivos do trabalho foram avaliar a variação sazonal dos fluxos de energia e evapotranspiração, em áreas de caatinga. Assim, foi instalada uma torre experimental compostas por sensores para mediar a velocidade e direção do vento, umidade relativa e temperatura do ar, saldo de radiação, precipitação pluvial e um sistema de medida da covariância dos vórtices turbulentos (*Eddy covariance*), que é um método que fornece alta resolução temporal de medições dos fluxos de energia entre a superfície e a atmosfera.

PALAVRAS-CHAVE: Calor Sensível, Calor Latente, Mudanças Climáticas

SEZONAL VARIATION OF ENERGY FLOWS IN CAATINGA PRESERVED AT AGRESTE PERNAMBUCANO

ABSTRACT: The current climatic instability verified by studies of the impacts of extreme events such as droughts and floods, whose recurrence time has been increasingly reduced, associated to the increase of the temperature of the planet, foreshadows a scenario of global average temperature increase. Climate change can lead to a reduction in runoff and availability of water resources, in which hydrological processes will be affected and can mean different types of damage to communities living in the arid and semi-arid regions that are most exposed to climate change, Such as the probable increase in salinization of groundwater due to the increase in evapotranspiration. However, there are not many studies measuring the energy fluxes in the caatinga. In this way, the objectives of the work were to evaluate the seasonal and interannual variation of energy flows and evapotranspiration, in caatinga areas. An experimental tower composed of sensors to measure wind speed and direction, relative humidity and air temperature, radiation balance, rainfall and a covariance system of eddy covariance (*Eddy covariance*) was used. A method that provides high temporal resolution of measurements of energy fluxes between the surface and the atmosphere.

KEY-WORDS: Sensitive Heat, Latent Heat, Climate Change.

INTRODUÇÃO

As últimas pesquisas alertam sobre o risco de ocorrer uma redução dos recursos hídricos com as mudanças climáticas, com potencial impacto negativos em vários setores, como na agricultura, na produção de energia, nos usos industriais e no consumo humano, que são basicamente responsáveis pela totalidade da demanda de água. O crescimento da população mundial e da demanda por alimentos também vem exercendo uma enorme pressão sobre os recursos naturais em particular a água.

Segundo Cirilo (2008), a redução dos recursos hídricos e o aumento da temperatura do ar, tendem a elevar a taxa de evaporação dos corpos d'água, reduzindo o volume neles escoado e diminuindo as recargas dos aquíferos. Neste contexto, as regiões áridas e semiáridas estão mais expostas aos impactos das mudanças climáticas, onde os processos hidrológicos serão afetados e provocando a tendência de “aridização” e de mudanças na vegetação nativa, a caatinga (SALAZAR et al., 2007, MELO et al., 2008, CIRILO, 2008).

A caatinga tem função importante para o clima regional. Contudo, informações sobre fluxos de energia na caatinga são ainda escassos, quando se trata de dados experimentais de longo prazo. Desta forma, o objetivo é analisar os fluxos sazonais de energia numa área de caatinga buscando a compreensão das interações entre a vegetação e a atmosfera, bem como das consequências de possíveis modificações que a caatinga possa sofrer, tais como: as variações climáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na fazenda Riacho do Papagaio, no município de São João, localizado na microrregião de Garanhuns, dentro da mesorregião do agreste meridional do estado de Pernambuco, com coordenadas geográficas de 8°48'30” de latitude sul e 36°24'00” de longitude oeste, com 687 m acima do nível do mar.

A caatinga é preservada e tem 4,0ha, com solo arenoso classificado como um Neossolo Regolítico Eutrofico típico (SANTOS et al., 2012). Na área de caatinga foi instalada uma torre experimental e equipada com sensores de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar. O saldo de radiação (Rn) foi medido com um NR Lite instalado 1,0 m acima da cobertura vegetal. Foi também instalado um sistema de medida da covariância dos vórtices turbulentos (eddy covariance), na qual foi medido os fluxos, de calor latente (LE) e calor sensível (H) entre a caatinga e atmosfera à 1,0 m acima da cobertura vegetal e orientado para direção predominante do vento, como recomenda a metodologia. Os sensores foram ligados à centrais de aquisição de dados na qual foram lidos a cada minuto e seus valores médios armazenados a cada 30 minutos.

Os cálculos dos fluxos de calor latente e sensível foram realizados utilizando a técnica da covariância dos vórtices turbulentos. Para tanto foi instalado no datalogger um programa desenvolvido pelo CPTEC/INPE (Open Basic), realizando as correções de Weber-Pearman-Lenhing (WPL) necessárias para a estimativa dos fluxos, conforme a metodologia sugerida por Aubinet et al. (2000). Próximo à torre foi instalado um fluxímetro, na profundidade de 5,0 cm, para medida do fluxo de calor do solo (Campbell, modelo HFP01) e seus dados foram armazenados a cada 30 minutos em uma central de aquisição de dados (CR 1000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos fluxos de energia foram realizadas com dados contínuos de aproximadamente um ano. Neste período a temperatura média do ar na caatinga variou entre 17,99°C e 30,20°C apresentando pequenas variações ao longo do período analisado. Em média, a temperatura da área da caatinga foi 23,05°C, que estão de acordo com Oliveira et al. (2006), que observaram temperaturas média na caatinga da ordem de 24°C e temperatura máxima acima dos 30°C. A Figura 1 ilustra o comportamento dos fluxos de energia.

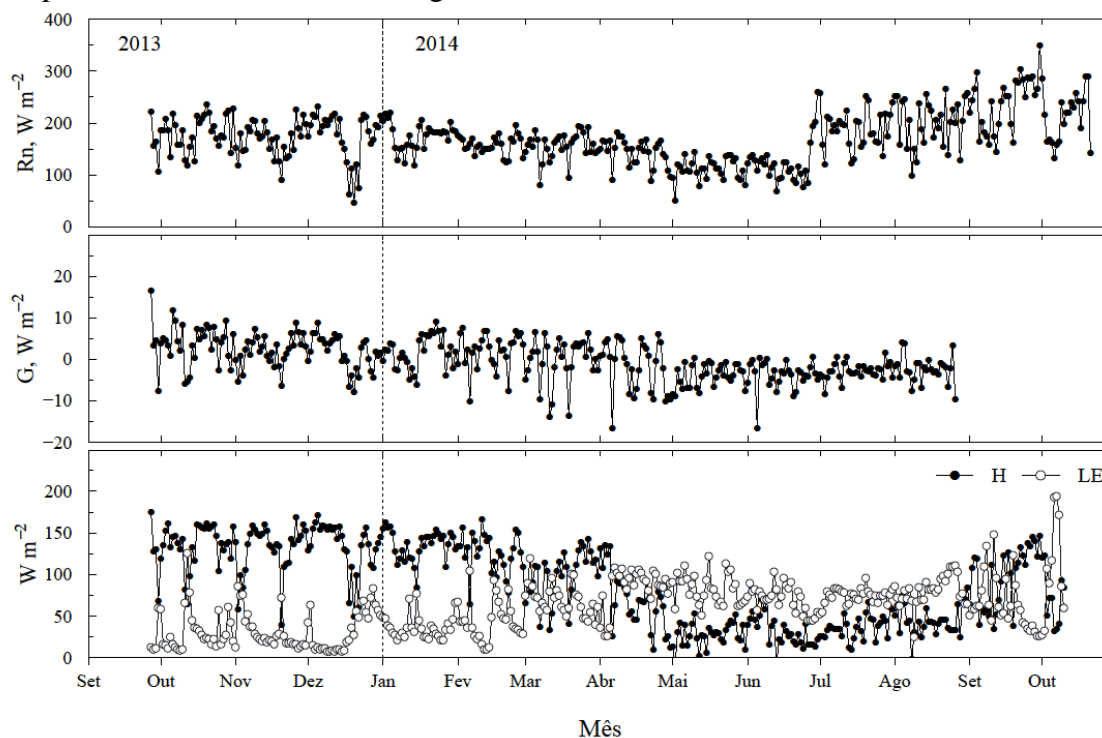


Figura 1. Variação sazonal dos fluxos de energia (saldo de radiação [Rn] e fluxos de calor latente [LE], sensível [H] e no solo [G]) na área de caatinga no período de outubro de 2013 para outubro de 2014.

O saldo de radiação variou entre 349,39 e 46,23 Wm^{-2} , respectivamente em 30/09/2013 e 19/12/2014. No período analisado, o fluxo de calor no solo (G) apresentou valor máximo de 16,5 Wm^{-2} , que é devido a uma parte significativa de Rn ser absorvida e/ou refletida pela vegetação, reduzindo a quantidade de energia que atinge a superfície do solo. O fluxo de calor no solo apresentou uma maior variabilidade no final de 2013 e início de 2014, período mais seco do conjunto de dados, como era esperado. Assim como o fluxo de calor sensível (H), indicando que a maior parte da energia absorvida é liberada na forma de calor sensível. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2012), que reflete bem a resposta da vegetação ao déficit hídrico, características marcantes das áreas de caatinga. À medida que começa a estação chuvosa, o fluxo de H diminuiu e o fluxo de calor latente (LE) aumenta, e G passou a ter valores sem muitas variações e próximo de zero.

O fluxo de H variou entre 174,69 e 5,80 Wm^{-2} , sendo que 49,29% de Rn foi direcionado ao fluxo de H. A fração H/Rn foi de apenas 0,227 no período úmido, que corresponde uma redução média de 61,1% quando comparado com a estação seca da série de dados. O fluxo de LE variou entre 130,61 e 7,67 Wm^{-2} , em que em média

35,2% de Rn (LE/Rn) foi utilizado para o processo de evapotranspiração. Na comparação do período úmido e seco para o mesmo ano, foi observada uma redução de aproximadamente 50% na fração LE/Rn. A média horária dos fluxos de energia na caatinga no período de outubro de 2013 até outubro de 2014, no período seco e úmido pode ser visto na Figura 3.

Os valores de Rn, tanto no período úmido, quanto no período seco, foram positivos das 5:00 até as 17:00 horas (horário local) e os valores máximos ocorreram entre 11:30 e 12:00 horas, variando entre 759,7 e 611,1 $W m^{-2}$ para os períodos seco e úmido, respectivamente.

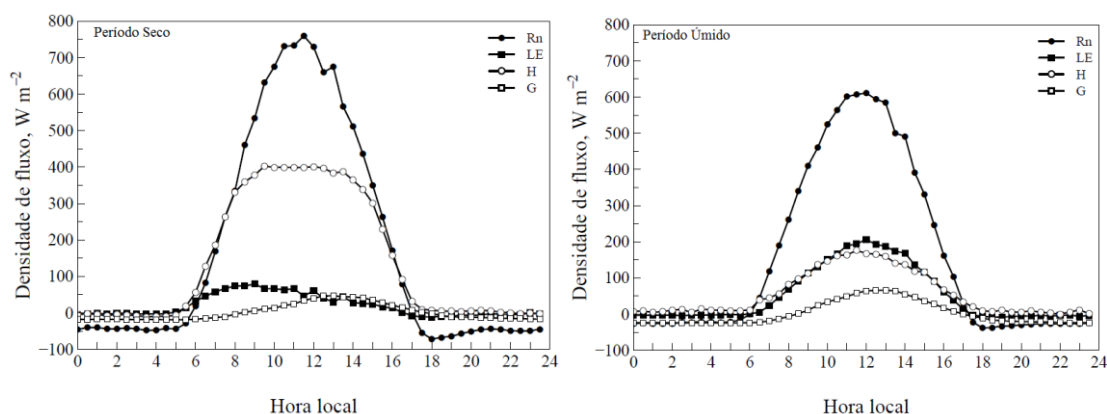


Figura 3. Média horária dos fluxos de energia na caatinga nos períodos úmidos e secos entre outubro de 2013 e outubro de 2014.

O fluxo de calor sensível horário (H) foi maior que o LE nos períodos secos, com valores máximos ocorrendo entre 10:00 e 14:00 horas, com intensidades de 189,6 e 389,5 $W m^{-2}$, para os períodos úmido e seco. No período úmido os maiores de LE valores foram registrados as 11:30 horário local e com média de 165,8 $W m^{-2}$, já no período seco, o fluxo de calor latente (LE) ficou abaixo dos a 100,0 $W m^{-2}$, com média máxima de 79,3 $W m^{-2}$ também as 11:30 horário local.

CONCLUSÕES

A variação sazonal dos fluxos de energia na caatinga se mostrou dentro da normalidade, em que na estação chuvosa há um aumento da LE devido aos processos fotossintéticos. Observou-se que, em média, 49,29% de Rn foi direcionado ao fluxo de calor sensível (H), enquanto 32,33% de Rn foi utilizado para o processo evaporativos (LE). 42,6% de Rn foi utilizada como fluxo de H, que esteve na maior parte do tempo, acima do fluxo LE.

AGRADECIMENTOS

À FACEPE pela concessão da bolsa e apoio no financiamento do projeto e ao Instituto ONDACBC pelo apoio técnico-científico.

REFERÊNCIAS

AUBINET, M. Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests: the euroflux methodology. **Advances in Ecological Research**, v. 30, p. 113-175, 2000.

- CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido brasileiro. **Estudos Avançados** (USP. Impresso), v.63, p. 61-82, 2008.
- MELO, J. G.; VASCONCELOS, M. B.; MORAES, F.; MORAIS, S. D. O; MEDEIROS, J. I.; Aspectos de salinização das águas subterrâneas na borda sul da bacia potiguar, RN. **Anais XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 2008.
- OLIVEIRA, M. B. L.; SANTOS, A. J. B.; MANZI, A. O.; ALVALA, R. C. S.; CORREIA, M. F.; MOURA, M. S. B. Trocas de energia e fluxo de carbono entre a vegetação de caatinga e atmosfera no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 378-386, 2006.
- SALAZAR, L. F.; NOBRE, C.A.; OYAMA, M. D. Climatic change consequences on the biome distribution in tropical South America. **Geophysical Research Letters**, v. 34, L09708, doi:10.1029/2007GL029695, 2007.
- SANTOS, S. A.; CORREIA, M. F.; ARAGÃO, M. R. S.; SILVA, P. K. O., Aspectos da variabilidade sazonal da radiação, fluxo de energia e CO₂ em área de caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v4, p. 761-733, 2012.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA BANANEIRA C.V 'Princesa' COM USO DO BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO EM LISÍMETROS DE DRENAGEM

Karine da Silva Santos¹, Eugênio Ferreira Coelho², Laina de Andrade Queiroz³
Benedito Rios de Oliveira⁴ Jorge Vieira da Silva⁵.

¹ Graduanda em Agronomia-UFRB, Rua Rui Barbosa, 710, Cruz das Almas-BA, E-mail: agro.kssantos@gmail.com; ² Doutor, Pesquisador, EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas – BA. Email. eugenio.coelho@embrapa.br; ³ Graduanda em Agronomia-UFRB, Rua Rui Barbosa, 710, Cruz das Almas-BA, E-mail: lainadandrad@hotmail.com. ⁴ Mestrando em Agronomia-UFRB, Rua Rui Barbosa, 710, Cruz das Almas-BA, E-mail: ⁵ Técnico, EMBRAPA, Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas-BA. E-mail: jorge.vieira@embrapa.br

RESUMO: O presente trabalho foi conduzido na área experimental da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura a fim de avaliar os coeficientes de cultura e a evapotranspiração da bananeira c.v 'Princesa' com uma planta produtiva por touceira com uso de dois lisímetros de percolação em um solo com textura argilo-arenosa em Cruz das Almas-BA a partir do balanço de água no solo, realizado com base nas entradas, saídas e armazenamento de água no volume de controle dos lisímetros. As entradas foram definidas pela irrigação e/ou precipitação e as saídas foram computadas pela evapotranspiração e drenagem. A irrigação das plantas foi realizada a partir de miniaspersores e o manejo de irrigação foi baseado em leituras de umidade do solo a com sondas de TDR instaladas em profundidades de 0,20 a 0,40m e à distância das plantas de 0,20, 0,40, 0,60 e 0,8m e a reposição, quando necessária, pela evapotranspiração calculada com base na evapotranspiração máxima e coeficientes de cultura tabelados. Os resultados: coeficientes de culturas foram submetidos à análise estatística pelo teste T (nível de 5% de probabilidade) e não apresentaram diferença significativa quando comparados aos valores de coeficiente de cultura tabelados e recomendados para a bananeira.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço de água no solo; TDR; Manejo de irrigação;

EVAPOTRANSPIRATION OF BANANA C.V 'Princesa' IN DRAINAGE LYSIMETERS IN SOIL ARENO-ARGILOSO

ABSTRACT: The present work was carried in the experimental area of EMBRAPA Mandioca e Fruticultura in order to evaluate the crop coefficients and the evapotranspiration of banana c.v 'Princesa' with an productive plant per bunch by using two drainage lysimeters in a soil with clay-sandy texture in Cruz das Almas-BA from the soil water balance based upon the inputs, outputs and water storage in the lysimeter control volume. The inputs were defined by irrigation and or precipitation and the outputs were computed by evapotranspiration and drainage. The irrigation of the plants was accomplished by using small sprinklers and the irrigation schedule was based on soil moisture readings with TDR probes installed at depths of 0.20 to 0.40 m and at the distance of the plants from 0.20, 0.40, 0.60 and 0.8m. Irrigation for soil water replenishment was based on crop evapotranspiration calculated by reference evapotranspiration and crop coefficients from tables. The results: crop coefficients and evapotranspiration were submitted to statistical analysis by T test (5% probability level)

and did not present significant difference when compared to the values of the crop coefficients recommended for the Banana crop.

KEY-WORDS: Water balance in soils; TDR; Irrigation management.

INTRODUÇÃO

A irrigação é o maior usuário de água no Brasil e a estimativa da área potencial irrigável no Brasil é de aproximadamente 29,6 milhões de hectares (CHRISTOFIDIS, 2013). Com as incertezas climáticas onde secas prolongadas tem sido cada vez mais frequentes, o uso racional de água é imprescindível para uma agricultura irrigada sustentável. O método do balanço hídrico consiste em uma ferramenta importante para o manejo racional dos recursos hídricos e auxilia no manejo das culturas (OLIVEIRA et al. 2010). Com o balanço de água no solo é possível acompanhar o comportamento das relações hídricas durante as distintas fases fenológicas da planta e avaliar as suas respostas aos níveis de armazenagem de água no solo. O balanço hídrico é determinado a partir do cálculo sistemático até a profundidade explorada pelas raízes todas as entradas e saídas de água no solo (CRUZ, 2003). O balanço de água no solo permite a obtenção da evapotranspiração que é fundamental para quantificar a necessidade de água das culturas e conseqüentemente o coeficiente de cultura (K_c) e os lisímetros de percolação constituem uma possibilidade para obtenção da evapotranspiração da cultura uma vez que nele estão envolvidas todas as variáveis do balanço de água no solo. (SILVA, 2013). Na cultura da bananeira, a evapotranspiração como os coeficientes de cultura (K_c) estão disponíveis principalmente para as c.v 'Grand Naine' e 'Prata Anã'. O presente trabalho objetiva avaliar os coeficientes de cultura e a evapotranspiração da bananeira cultivar 'Princesa' com uma planta ativa por touceira em lisímetro de percolação com solos argilosos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi executado no campo experimental da EMBRAPA/Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas-BA, em dois lisímetros de percolação construídos conforme SILVA (2013), com dimensões 2,0 m x 2,5 m x 1,0 m. Os dois lisímetros foram preenchidos com um solo classificado como Argilo - arenoso. A cultivar de bananeira foi a 'Princesa', com data de plantio no dia 17 de dezembro de 2014. A irrigação do experimento foi realizada com miniaspersores com vazão de 56 L h^{-1} , dispostos de forma a aplicar água ao solo numa intensidade de 16 mm h^{-1} . A irrigação foi realizada com base nos dados de umidade do solo estimado por meio das sondas de TDR. As sondas de TDR foram instaladas nas profundidades de 0,20 a 0,40m e à distância das plantas de 0,20, 0,40, 0,60 e 0,8 m. As irrigações foram feitas quando a umidade média do perfil estava abaixo da capacidade de campo e a lamina aplicada correspondeu a evapotranspiração da cultura desde a última irrigação (Allen et al., 1996). O balanço hídrico no solo foi realizado com base nas entradas, saídas e armazenamento de água no volume de controle dos lisímetros. As entradas foram definidas pela irrigação e/ou precipitação e as saídas foram computadas pela evapotranspiração e drenagem. Conforme equação $ET_c = I + P - D - \Delta A$, em que ΔA = variação do armazenamento (mm); I = irrigação (mm); P = Precipitação (mm); D = drenagem (mm); ET_c = Evapotranspiração da cultura (mm). O armazenamento de água no solo foi calculado para o plano correspondente às distâncias horizontais de (0,20; 0,40 0,60 e 0,80 m) e vertical de (0,20; 0,40 m), utilizando a média das umidades em

todas as posições do perfil e a profundidade do sistema radicular da bananeira sob irrigação de 0,40 m (Santana et al., 2012). A evapotranspiração da cultura foi obtida explicitando ETc por meio da equação 1 do balanço hídrico. O balanço de água do solo foi realizado de julho a novembro, correspondentes às fases fenológicas de floração, crescimento e maturação dos frutos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 mostram a ETc da cultura obtida pelo balanço de água e a calculada em função da evapotranspiração máxima e do coeficiente de cultura sugerido por Coelho et al.(2012), bem como as variáveis climatológicas referentes aos períodos de avaliação do balanço de água nos solos dos lisímetros 1 e 2, respectivamente. Considerando principalmente os dados de radiação solar, que tem maior peso na equação da ETo e que a umidade relativa que apresentou baixa variação na maioria das datas, os resultados da ETc do balanço são consistentes com essas variáveis em ambos os lisímetros. O teste t não detectou diferença entre as médias dos valores de ETc estimados a partir de valores de ETo e Kc e pelo balanço de água no solo. As diferenças entre as ETc por data indicaram uma variação de 7% a 35% entre os dois métodos, com apenas uma data com diferença discrepante. As diferenças entre as médias de ETc variaram de 0,4 mm a 2,1 mm, sendo que a diferença entre as médias das ETc de todas as datas no lisímetro 1 foi de 0,028 e no 2 de 0,069 mm para a ETc obtida pelo balanço de água no solo. Esse resultado indica uma diferença média no uso da estimativa pelo cálculo em função de ETo e kc de 280 a 690 L ha⁻¹ a menos em relação ao método do balanço de água no solo.

Tabela 1. Evapotranspiração da cultura pelo calculo ETo x kc (ETc Calc); pelo balanço de água no solo (ETc Bal); temperatura média (Tmed); umidade relativa (UR); radiação solar (Rad.); precipitação (Prec.); ETo (evapotranspiração de referência); Kc pelo balanço (Kc Bal.) e pela relação ETc/ETo (Kc Calc.), para o lisímetro 1 com textura argilo-arenosa em Cruz das Almas-BA, 2015.

AP	ETC Calc (mm)	ETC Dia (mm)	Tmed (°C)	UR (%)	Rad. (kJm ²)	Prec. (mm).	ETo FAO 56 (mm)	KC Bal.	KC Calc.
201	2,3	2,7	22,72	87,12	11822,31	3	2,52	1,075	0,9
275	2,6	3,8	22,99	77,96	11998,32	7,8	2,4	1,621	1,1
289	4,8	4,6	23,28	75,75	22054,11	0	4,44	1,044	1,1
292	5,0	2,9	25,01	73,08	21305,72	0	4,65	0,63	1,1
303	5,3	5,8	24,59	74,17	23696,46	0	4,85	1,204	1,1
341	3,6	3,2	26,28	71,08	15403,37	0	3,98	0,806	0,9
343	5,2	5,6	28,46	65	24334,26	0	5,76	0,987	0,9

Tabela 2: Evapotranspiração da cultura pelo cálculo $ET_o \times kc$ (ETc Calc); pelo balanço de água no solo (ETc Bal); temperatura média (Tmed); umidade relativa (UR); radiação solar (Rad.); precipitação (Prec.); ET_o (evapotranspiração de referência); Kc pelo balanço (Kc Bal.) e pela relação ETc/ET_o (Kc Calc.), para o lisímetro 2 com textura argilo-arenosa em Cruz das Almas-BA, 2015.

DAP	ETC Calc (mm)	ETC Dia (mm)	Tmed (°C)	UR (%)	Rad. (kJm ²)	Prec. (mm)	ET _o FAO 56 (mm)	KC Bal.	KC Calc.
275	4,8	3,802	22,99	77,96	22232,75	0	4,4	0,864	1,1
327	3,8	5,705	24,59	75,21	19388,63	1,4	4,2	1,348	0,9
329	4,3	3,185	25,08	73,79	22828,79	0	4,8	0,663	0,9

A Tabela 3 expressa para os dois lisímetros os coeficientes de cultura médios para os estádios de crescimento e maturação dos frutos, valores cujas médias considerando os dois lisímetros de mesmo tipo de solo e os dois estádios avaliados não diferem entre si pelo teste t. Entretanto o balanço de água no solo indicou em valores absolutos uma diferença, que resultou, conforme mencionado, em diferenças médias em relação ao uso do cálculo $ET_o \times kc$ de 280 a 690 Lha⁻¹, o que dependendo da área irrigada vai impactar no dispêndio de água e consumo de energia. Os coeficientes de cultivo obtidos estão dentro da possível faixa de kc obtidos por BASSOI et al. (2002) nas condições de Petrolina, PE para os mesmos estádios da cultura. Os resultados também foram próximos aos obtidos por MONTENEGRO et al. (2008), que situaram em 1,05 nos estádios avaliados, para condições de Paraipaba, CE.

Tabela 3: Valores médios de kc do balanço de água no solo determinados a partir dos dois lisímetros com solo de textura argilo-arenosa e determinados pela equação $ET_o \times kc$ (Coelho et al., 2012), Cruz das Almas-BA, 2015.

Estádio Fenológico	Lisímetro	Mês	Kc Balanço	kc calculado
Floração	1	Julho	1,07	0,85
Crescimento de frutos	1	Agosto a Outubro	1,12	1,1
Maturação dos frutos	1	Novembro	0,89	0,80
Crescimento de frutos	2	Agosto a Outubro	1,1	1,1
Maturação dos frutos	2	Novembro	0,9	0,80

CONCLUSÕES

Os valores de coeficientes de cultura e a evapotranspiração da bananeira cultivar ‘Princesa’ foram coerentes aos valores de kc tabelados e recomendados para a cultura da bananeira em diferença estatística, entretanto, o método do balanço de água no solo apresentou para as condições de Cruz das Almas variações, embora pequenas, mas que podem impactar no consumo de água pela bananeira dependendo da área irrigada.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO, irrigation and drainage paper, 56).

BASSOI, L.H.et. al. Coeficientes de cultura para a bananeira para dois métodos de determinação de evapotranspiração de referência. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/AH_Teixeira/publication/267788903_Coeficientes_de_cultura_para_a_bananeira_para_dois_metodos_de_determinacao_de_evapotranspiracao_de_referencia/links/54c7c1560cf289f0cecdbe82.pdf> Acesso em: 10 mai. 2017.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**. v. 22 n. 1, p. 155-127, 2013.

CRUZ, A. C. R. Consumo de água por cultura de citros cultivada em latossolo vermelho amarelo. 2003. 92 f. **Tese** (Doutorado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MONTENEGRO, A.A.T. et. al. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da bananeira para a região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 203-208, Abr.- Jun., 2008.

OLIVEIRA, N. T.; CASTRO, N. M. R.; GOLDENFUM, J. A. Influência da palha no balanço hídrico em lisímetros. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.15, p.93-103, 2010.

SILVA, A. J. P. Estimação da percolação em lisímetros de drenagem e evapotranspiração da bananeira usando TDR. 119f. **Tese** (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2013.

CRESCIMENTO DO ABACAXIZEIRO CV. 'IMPERIAL' COM E SEM COBERTURA DO SOLO SOB IRRIGAÇÃO

Karine da Silva Santos¹, Eugênio Ferreira Coelho², Rosiane Silva Vieira³, Fabiano Oliveira de Paula⁴, Aristóteles Pires de Matos⁵

¹Graduanda em Agronomia-UFRB, Rua Rui Barbosa, 710, Cruz das Almas-BA, E-mail: agro.kssantos@gmail.com; ²Doutor, Pesquisador, EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA. Email: eugenio.coelho@embrapa.br ^{3,4,5}Eng Agrônomo, Bioenergia Orgânicos, Lençóis, BA. .

RESUMO: As informações sobre o crescimento de cultivares do abacaxizeiro disponíveis na literatura referem-se a condições de sequeiro. Esse trabalho teve por objetivo avaliar variáveis de crescimento do abacaxizeiro, cultivar Imperial, sob condições de cobertura do solo e sob diferentes lâminas de irrigação. O experimento seguiu um modelo experimental em blocos casualizados em esquema fatorial de parcelas subdivididas 2 x 5, com sete repetições. Os níveis de cobertura foram com e sem cobertura sintética (mulch) e os níveis de irrigação constaram de frações da lamina calculada (LC) em função da evapotranspiração de referência e do coeficiente de cultura e eficiência de irrigação. Foram avaliadas em duas datas as variáveis de crescimento número de folhas, comprimento da folha D e área foliar da planta com base no comprimento e largura e número de folhas da planta. Os resultados indicaram que o efeito da cobertura foi mais relevante aos sete meses que aos doze meses do ano, no final do crescimento vegetativo. O coeficiente de cultura mais adequado para a fase de crescimento do abacaxizeiro cv. 'Imperial' está em 0,58 nas condições da Chapada Diamantina.

PALAVRAS-CHAVE: Área foliar, comprimento de folha, necessidade de água do abacaxizeiro.

GROWTH OF PINE APPLE CV. IMPERIAL WITH AND WITHOUT SOIL COVER UNDER IRRIGATION

ABSTRACT: The information about cultivars of pine apple growth that is available in the literature regards to non-raining conditions. This work had as objective to evaluate pine apple cv. Imperial growth variables under soil cover and under different irrigation levels. The experiment followed a statistical random block design in factorial 2 x 5 schemes Split-split plot with seven replications model. The soil cover levels consisted of using a synthetic material for soil covering and not using soil cover. The irrigation levels were based upon fractions of calculated water depth (CWD) as a function of reference evapotranspiration, crop coefficient and irrigation efficiency. Growth variables such as leaf number, leaf length and leaf area of pine apple plants based upon length and width of D leaf and leaf number. Results indicated that soil cover affected more significantly growth variables at seven months than at twelve, at end of growth. Crop coefficient of 0.58 was the one recommended for the pine apple cv. Imperial under Chapada Diamantina conditions.

KEY-WORDS: Leaf area, leaf length, pine apple 'Imperial' water needs.

INTRODUÇÃO

O abastecimento de água para os principais polos de irrigação se sustentam de alguns rios, como o São Francisco, o Parnaíba além de outros. As mudanças climáticas tem aumentado a frequência de vazões abaixo do normal nesses rios com reflexo nos demais consumidores da água. É necessário concentrar esforços em medidas de uso racional de água na agricultura, sendo que uma das principais estratégias é atuar no manejo da água do dia a dia do produtor irrigante. A cultura do abacaxi é uma das que menos consome água, e possui maior adaptação a condições de déficit hídrico, embora necessite de aporte hídrico em todo seu ciclo para garantir sua produção. Os trabalhos de pesquisas relativos ao uso de água pelo abacaxizeiro são escassos, com indefinições e controvérsias da necessidade real de água quando se avalia os resultados disponíveis na literatura. Essas controvérsias são apontadas por Carr em 2012 e justificadas pelas características morfofisiológicas da cultura, pelas suas relações hídricas, pela baixa transpiração do abacaxizeiro (SCHAFFER E ANDERSEN, 1994) e pela alta capacidade de armazenamento de água no tecido da hipoderme foliar dentre outros. Informações sobre o crescimento do abacaxizeiro, sob irrigação, com uso de cobertura do solo (mulch) são escassas, principalmente quando se considera a área foliar dessas plantas, que oferecem dificuldades nas medições. O trabalho objetiva avaliar variáveis de crescimento do abacaxizeiro, cultivar Imperial, sob diferentes lâminas de irrigação em solo com e sem cobertura sintética (mulch).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Bioenergia Orgânicos, localizada em Lençóis-BA, na Chapada Diamantina. O solo da área experimental tem classificação argilo-arenosa com água disponível de 9 mm na profundidade de 0-0,20 m e de 5 mm de 0,20 – 0,40 m. A cultura do abacaxizeiro cultivar Imperial foi plantada no espaçamento 0,90 m x 0,40 m x 0,40 m em canteiros. A irrigação foi por gotejamento com um emissor para duas plantas, sendo uma linha lateral por duas fileiras de plantas. O delineamento experimental foi blocos casualizados com sete repetições, em esquema de parcelas subdivididas 2 x 5, com dois níveis de cobertura do solo (solo sem cobertura e com cobertura) nas parcelas e cinco lâminas de água aplicadas em cada parcela (0; 0,33LC; 0,66LC; 1,0LC; 1,20LC) sendo LC a lâmina tomada como referência equivalente a calculada com base na evapotranspiração de referência, no coeficiente de cultura tomado conforme Azevedo et al. (2007). As irrigações foram realizadas numa frequência de dois dias. A diferenciação dos níveis de irrigação ocorreu nas linhas laterais por meio de gotejadores autocompensantes de vazões: 2, 4, 6 e 8 Lh⁻¹. A avaliação do crescimento das plantas foi após o pegamento das mudas em março/2015 a janeiro/2016 com a floração numa frequência de 60 dias. O crescimento e avaliação dos tratamentos foi a partir de medidas do número de folhas, comprimento e largura máxima da folha D da planta. As avaliações consideradas foram as do mês de julho/2016 (180 dias após o plantio) e uma em janeiro/2016 (365 dias após o plantio).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira data avaliada o número de folhas não foi influenciado pelas lâminas de água, apenas pela cobertura, sendo que as médias de número de folhas das plantas com cobertura do solo foram superiores as das plantas sem cobertura para todas as lâminas aplicadas, exceto a condição não irrigada (Tabela 1). O comprimento das folhas D foi influenciado aos sete meses do plantio pela cobertura e pelos níveis de irrigação.

O efeito da cobertura foi semelhante ao do número de folhas, a presença da cobertura ocasionou maior comprimento médio da folha D, exceto para o nível zero (sem irrigação). A influência dos níveis de irrigação foi significativa apenas na condição sem cobertura, onde não houve ajuste com precisão, mas ocorre elevação dos valores do comprimento médio da folha D com o aumento do nível de irrigação (Tabela 1). Esse resultado indica que dois fatores podem ter causado esse comportamento: a cobertura, por conservar água no solo, pela exclusão da evaporação e a provável baixa demanda hídrica da cultura nessa fase vegetativa. A área foliar teve o mesmo comportamento do comprimento da folha D, isto é, foi influenciada pela cobertura e pelos níveis de água, sendo que as médias das áreas das folhas D das plantas com cobertura foram superiores às das plantas sem cobertura (Tabela 1) e a lâmina influenciou de modo significativo devido principalmente à condição sem cobertura (Figura 1).

Tabela 1: Número de folhas, comprimento da folha D e área foliar do abacaxizeiro ‘Imperial’ sob cinco lâminas de irrigação aos sete meses do plantio. Lençóis, 2015

Variável de crescimento.	Cobertura	Níveis de irrigação (fração de LC)				
		0,0	0,33	0,66	1,00	1,33
Número folhas	com	32,0 a	31,5 a	29,0 a	30,1 a	32,5 a
	sem	34,2 a	39,1 b	37,0 b	37,8 b	38,3 b
Comp. Folha D (cm)	com	55,3 a	56,1 a	53,2 a	54,6 a	61,6 a
	sem	56,5 a	61,9 b	57,7 b	60,5 b	66,5 b
Área foliar	com	0,68 a	0,68 a	0,66 a	0,68 a	0,77 a
	sem	0,69 a	0,76 b	0,74 b	0,74 b	0,82 b

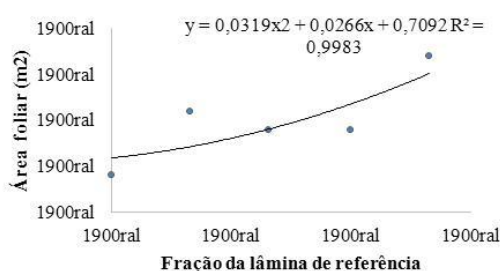


Figura 1: Área foliar médias das plantas do abacaxizeiro ‘Imperial’ em função dos níveis de água aplicados.

Na segunda data de avaliação das plantas, aos 12 meses do plantio, o número de folhas foi influenciado apenas pela cobertura (Tabela 2) e houve influência da lâmina na condição sem cobertura, sem ajuste de modelos, mas com indicação de elevação do número de folhas com a lâmina nessa condição (Tabela 2).

Tabela 2: Número e comprimento de folhas e área foliar do abacaxizeiro ‘Imperial’ sob cinco lâminas de irrigação aos sete meses do plantio. Lençóis, 2015.

Variável de crescimento	Cobertura	Níveis de irrigação (fração de LC)				
		0,0	0,33	0,66	1,00	1,33
Número folhas	com	32,0 a	31,5 a	29,0 a	30,1 a	32,5 a
	sem	34,2 a	39,1 b	37,0 b	37,8 b	38,3 b

O comprimento médio da folha D foi influenciado apenas pelos níveis de água aplicados, não tendo havido efeito da cobertura nessa variável. Os níveis de irrigação que condicionaram máximos comprimentos da folha D corresponderam a faixa de

aplicação de água de 0,66 a 1,0 da LC, onde os comprimentos médios das folhas D não diferem entre si (Figura 2).

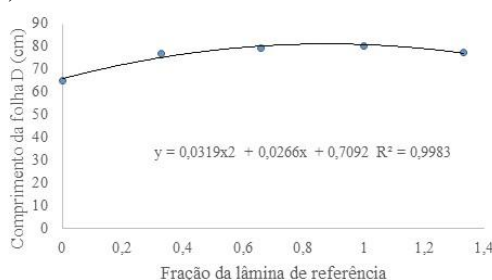


Figura 2: Comprimento médio da folha D em função dos níveis de irrigação aplicados ao abacaxizeiro cv. Imperial aos sete meses do plantio.

A área foliar, semelhante ao comprimento da folha D também foi influenciada apenas pelos níveis de irrigação (Figura 3) sendo que o comportamento foi o mesmo do de cinco meses anteriores, com valores máximos na faixa de 0,66 LC a 1,0 LC. Esses resultados mostram que o crescimento das plantas do abacaxizeiro ‘Imperial’ é influenciado pelos níveis de água de irrigação até 0,66 LC, considerando a evapotranspiração máxima e os coeficientes de cultura de Azevedo et al. (2007) que foram tomados como 0,88, os coeficientes para o abacaxizeiro Imperial nas condições da Chapada Diamantina fica em 0,58, próximo aos recomendados pela FAO para o abacaxizeiro sem cobertura e discordantes dos sugeridos por San-José et al. (2007); Souza e Reinhardt (2007); Almeida (2001).

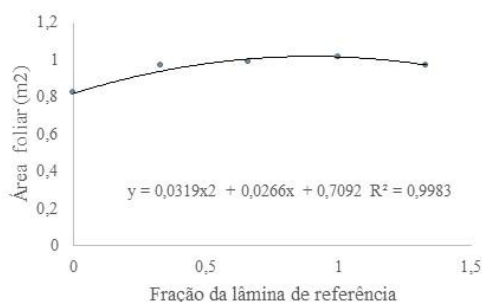


Figura 3: Área foliar em função dos níveis de irrigação aplicados ao abacaxizeiro cv. Imperial aos doze meses do plantio.

CONCLUSÕES

A cobertura do solo influencia o crescimento do abacaxizeiro ‘Imperial’ aos sete meses de forma mais relevante que na fase final do crescimento vegetativo e indução floral. Os níveis de água influenciam mais o crescimento do abacaxizeiro ‘Imperial’ na fase final do crescimento vegetativo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O. A. Irrigação da cultura do abacaxi. Aspectos técnicos e econômicos. Cruz das Almas, Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2001. 35p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. **Circular Técnica 41.**)

AZEVEDO, P. V. et.al. Water requirements of pineapple crop grown in a tropical environment. **Agricultural Water Management** v.88, p. 201–208. 2007

BARTHOLOMEW, D.P; MALEZEUX, E.P. Pineapple. Chapter 11.In: **Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops -Sub Tropical and Tropical Crops**. (ed. SCHAFFER, B & ANDERSEN, P.C.). Boca Raton, FL: CRC Press. v.2, p. 243-291. 1994.

CARR, M.K.V.The water relations and irrigation requirements of pineapple (*Ananas comosus* var. *Comosus*): a review **Expl Agric.**: v.48, p.1 – 14. 2012

REINHARDT, D.H.R. et. al. (Ed.) Abacaxi produção. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência Tecnológica, p. 9. (**Frutas do Brasil, 7**). 2000

SOUZA, L.F. DA S. & REINHARDT, D.H. (2007) Pineapple. In: *Tropical Fruits of Brazil*. (ed. A.E. Johnston), p. 179-201. International Potash Institute, Horgen, Switzerland.

SAN-JOSÉ, J., MONTES, R. and NIKONOVA, N. Seasonal patterns of carbon dioxide, water vapour and energy fluxes in pineapple. **Agricultural and Forest Meteorology** v. 147, p.16–34. 2007.

POTENCIAL EROSIVO DA CHUVA EM CINCO CIDADES DE MINAS GERAIS, DE 1961 A 2015

Daniel Dantas¹, Maria José Hatem de Souza², Fúlvio Cupolillo³, Ricardo Andrade Generoso⁴

¹Mestrando em Engenharia Florestal, UFLA, Lavras, Minas Gerais, dantasdaniel12@yahoo.com.br;

²Eng. Agrícola, Prof. Associada, Departamento de Agronomia, UFVJM, Diamantina-MG, mariahatem@ufvjm.edu.br; ³Geógrafo, Prof. D1 de Climatologia do IFMG, Campus Santa Luzia – MG, fulvio.cupolillo@ifmg.edu.br; ⁴Estudante de graduação em Ciência e tecnologia; UFVJM, Diamantina-MG, ricardo.a.generoso@gmail.com.

RESUMO: Objetivou-se com o este trabalho estimar a erosividade média mensal (Ei30) e anual (fator R) e comparar a variação destes fatores nos períodos de 1961 a 1990 e 1991 a 2015, para os municípios de Aimorés, Araxá, Bambuí, Barbacena, Belo Horizonte, em Minas Gerais. Foram utilizados dados mensais de precipitação de séries históricas pluviométricas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional das Águas (ANA), para avaliar a variação da erosividade ao longo do tempo. Para a determinação do índice de erosividade médio mensal, calculou-se a precipitação média mensal em cada período. O índice de erosividade média anual das chuvas (fator R) foi obtido somando-se os valores mensais do EI30. O índice de erosividade (EI30) está estreitamente relacionado com o volume precipitado, com destaque para os meses de janeiro e dezembro que apresentaram os maiores valores médios de precipitação e, conseqüentemente, os maiores valores de erosividade média mensal da chuva. Os valores de erosividade média anual encontrados indicaram alta erosividade para as cidades de Araxá, Bambuí e Belo Horizonte, em ambos os períodos. Sendo BH, a cidade com os maiores valores do fator R, sendo 8469 e 9227 MJ.mm/ha.h.ano, nos períodos 1 e 2, respectivamente. A cidade de Aimorés apresentou um moderado índice de erosividade anual, enquanto em Barbacena verificou-se um aumento da erosividade de moderada para alta, entre os dois períodos.

PALAVRAS-CHAVE: erosividade, precipitação, erosão hídrica

EROSIVE POTENTIAL OF RAIN IN FIVE CITIES, IN MINAS GERAIS, IN THE PERIOD 1961-2015

ABSTRACT: The objective of this study was to estimate monthly erosivity (Ei30) and annual erosivity (R factor) and to compare the variation of these factors in the two periods from 1961 to 1990 and from 1991 to 2015 for the municipalities of Aimorés, Araxá, Bambuí, Barbacena and Belo Horizonte, in Minas Gerais state. Were used monthly rainfall data from historical pluviometric series belonging to the National Institute of Meteorology (INMET) and to the Hydrological Information System of the National Water Agency (ANA), to evaluate the variation of erosivity over time. For the determination of the monthly average erosivity index, the average monthly precipitation was calculated in each period. The annual mean rainfall erosivity index (R factor) was obtained by adding the monthly EI30 values. The erosivity index (EI30) is closely related to the precipitation volume, especially in the months of January and December, which presented the highest average values of precipitation and, consequently, the highest values of monthly rainfall erosivity. The values of annual mean erosivity found indicated high erosivity for the cities of Araxá, Bambuí and Belo Horizonte, in both

periods. Being BH, the city with the highest values of factor R, being 8469 and 9227 MJ.mm/ha.h.year, in periods 1 and 2, respectively. The city of Aimorés presented a moderate annual erosivity index, while in Barbacena there was an increase of moderate to high erosivity between the two periods.

KEY-WORDS: erosivity, precipitation, water erosion

INTRODUÇÃO

A degradação do solo se dá principalmente pelo arraste das partículas menores e mais ricas em nutrientes, culminando no decréscimo da fertilidade e, conseqüentemente, na redução das produções ou crescentes necessidades da reposição de fertilizantes e corretivos. Na maioria dos casos, as perdas de solo causadas pela erosão hídrica reduzem a espessura do solo, diminuindo a capacidade de retenção e redistribuição da água no perfil, gerando, como consequência, maiores escoamentos superficiais e, por vezes, maiores taxas de erosão do solo (SANTOS et al., 2010). Em suma, a erosão hídrica apresenta elevado potencial de redução na capacidade produtiva dos solos e pode comprometer os recursos hídricos superficiais (MELLO et al., 2007).

A associação de características como relevo movimentado, uso e manejo do solo inadequados e características físico-hídricas adversas com precipitações pluviométricas de maior intensidade e frequência elevam o risco de ocorrência de erosão (SANTOS et al., 2010). No processo erosivo, dentre os diversos fatores relacionados à ocorrência de erosão, a erosividade das chuvas é um dos mais importantes (MELLO et al., 2007). O fator R, denominado erosividade da chuva, que compõe a equação universal de perdas de solo e é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, esperada em dada localidade, de causar erosão hídrica em uma área sem proteção (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1993). E pode ser expresso por meio de índices que se baseiam nas características físicas das chuvas de cada região (CABRAL et al., 2005).

A determinação dos valores da erosividade permite identificar os meses nos quais os riscos de perdas de solo e água são mais elevados, razão pela qual exerce papel relevante no planejamento de práticas conservacionistas fundamentadas na máxima cobertura do solo nas épocas críticas de maior capacidade erosiva das chuvas (WISCHMEIER & SMITH, 1978; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1993; HUDSON, 1995). Muitos estudos têm sido realizados a fim de definir a distribuição espacial da erosividade da chuva em regiões de Minas Gerais, como Aquino (2005), para a região Sul de Minas Gerais; e Mello et al. (2007), para o Estado de Minas Gerais.

Diante do exposto, objetivou-se estimar a erosividade média mensal (EI30) e anual (fator R) e comparar a variação desses fatores na série temporal de 1961 a 2015, em cinco cidades de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados mensais de precipitação de séries históricas pluviométricas obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional das Águas (ANA). As cinco cidades analisadas estão localizadas no estado de Minas Gerais: Aimorés, pertencente à Mesorregião do Vale do Rio Doce e Microrregião de Aimorés; Araxá, localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba; Bambuí, localizada no centro-oeste mineiro, próximo à Serra da Canastra; Barbacena, localizada na mesorregião Campo das Vertentes; e Belo Horizonte, da mesorregião metropolitana de Belo Horizonte.

Informações sobre as estações meteorológicas das respectivas cidades consideradas neste estudo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Estações meteorológicas do INMET envolvidas neste estudo, número na Organização Meteorológica Mundial (OMM), coordenadas geográficas, situação de operação e quando foi aberta, e número de anos envolvidos no estudo

Estação	Latitude (graus)	Longitude (graus)	Altitude (metros)
Aimorés (OMM: 83595)	-19,49	-41,07	82,74
Araxá (OMM: 83579)	-19,6	-46,94	1023,61
BambuÍ (OMM: 83582)	-20,03	-45	661,27
Barbacena (OMM: 83689)	-21,25	-43,76	1126
Belo Horizonte (OMM: 83597)	19,93	43,93	915

Os dados utilizados neste estudo se referem aos anos de 1961 a 2015, tendo sido divididos em dois períodos: 1961 a 1990 e 1991 a 2015, com o intuito de analisar o comportamento da precipitação e, conseqüentemente, da erosividade da chuva ao longo dos anos.

Foi aplicado o teste estatístico t de student, bilateral, para testar se há ou não diferença significativa entre as médias de volumes anuais precipitados dos períodos 1 e 2.

Para a determinação do potencial erosivo das chuvas são utilizados índices, tais como o índice de erosividade padrão, denominado EI₃₀, descrito por Wischmeier & Smith (1978), que representa o produto da energia cinética com que a gota de chuva atinge o solo pela sua intensidade máxima. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1993), esse produto representa um termo de interação que mede o efeito de como a erosão por impacto, salpico e turbulência se combina com a enxurrada para transportar as partículas de solo desprendidas.

Para a determinação do índice de erosividade médio mensal (EI₃₀), calculou-se a média mensal para cada um dos cinco períodos avaliados, e foi utilizada a equação 1, proposta por Wischmeier & Smith (1978):

$$EI_{30} = 67,355 \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,85} \quad (1)$$

Sendo:

r: precipitação média mensal (mm)

P: precipitação média anual (mm)

O índice de erosividade anual das chuvas (R) é o somatório dos valores mensais desse índice, conforme equação 2:

$$R = \sum_1^{12} EI_{30} \quad (2)$$

Os valores encontrados para o EI_{30} e para o fator R foram comparados a fim de verificar as mudanças ocorridas na série temporal estudada. Foi aplicado o teste estatístico t de student, bilateral, para testar se há ou não diferença significativa entre os índices de erosividade da chuva mensais e anuais dos períodos 1 e 2, de cada cidade analisada neste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as cinco cidades analisadas, em três delas, Araxá, Bambuí e Belo Horizonte, verificou-se um aumento na média de precipitação do período 1 (1961 a 1990) para o período 2 (1991 a 2015) (Tabela 1). Belo Horizonte foi a cidade que apresentou a maior variação do volume precipitado entre os dois períodos: no período 1 a média anual da precipitação foi de 1480 mm, já no período 2 este valor foi de 1608 mm, um aumento de 8,6%. Em Bambuí, a precipitação média anual apresentou um aumento de 1398 mm para 1481 mm, 5,9%. E Araxá apresentou uma variação de 1500 mm de volume anual médio precipitado no período 1 para 1558 mm no período 2, um aumento de 3,9%.

Tabela 1. Precipitação média mensal e fator R em cada período avaliado

Cidade	Precipitação média anual	
	(mm)	
	1961-1990	1991-2015
Aimorés	1007	979
Araxá	1500	1558
Bambuí	1398	1481
Barbacena	1365	1267
Belo Horizonte	1480	1608

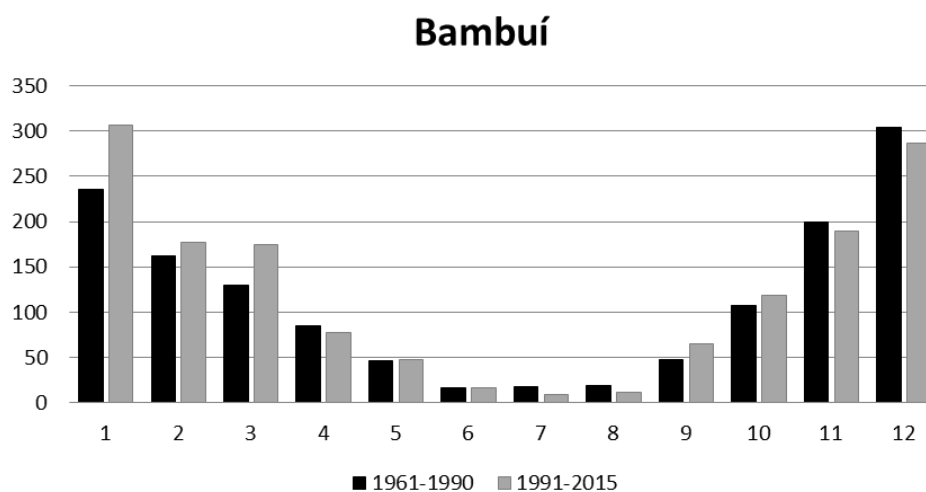
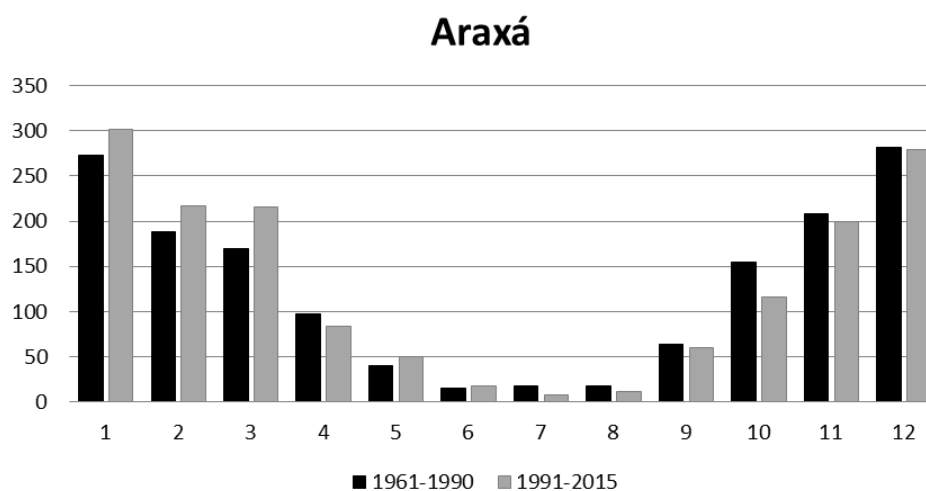
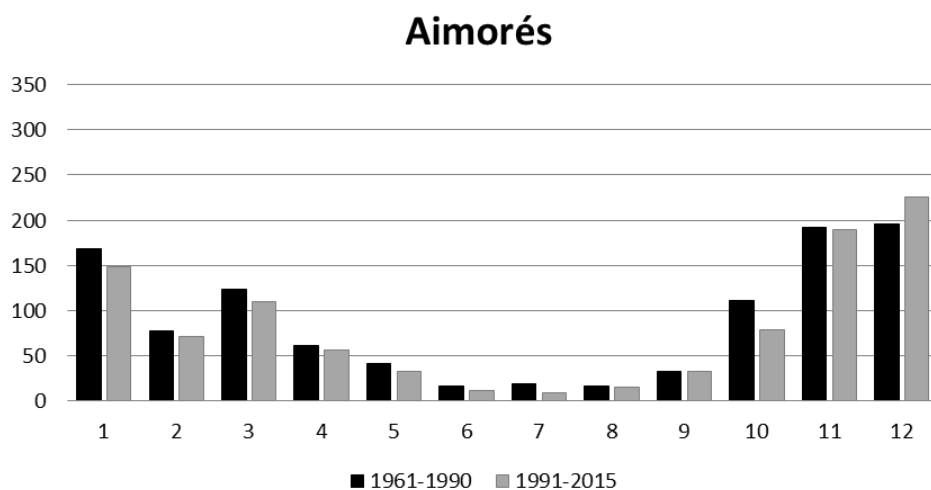
Já as cidades que apresentaram uma redução do volume precipitado médio anual, em Aimorés a redução foi de 1007 mm no período 1 para 979 mm no período 2, uma diferença percentual de 2,8%; e para Barbacena a redução foi de 1365 mm no período 1 para 1267 mm no período 2, 7,2%.

Estatisticamente, não foi verificada diferença significativa entre os volumes anuais de precipitação entre os períodos 1 e 2 para nenhuma cidade, de acordo com o teste t de student, realizado a um nível de confiança de 95%. Indicando que embora tenham sido verificadas diferenças entre as médias de precipitação anual, essas diferenças não se mostraram significativas, não sendo possível afirmar que há uma tendência para aumento ou decréscimo dos volumes precipitados anualmente ao longo do período estudado, para as cinco cidades. Vale destacar, no entanto, que este estudo analisa o volume precipitado ao longo de todo o ano, e não a dinâmica da chuva ao longo do ano e seus eventos isolados.

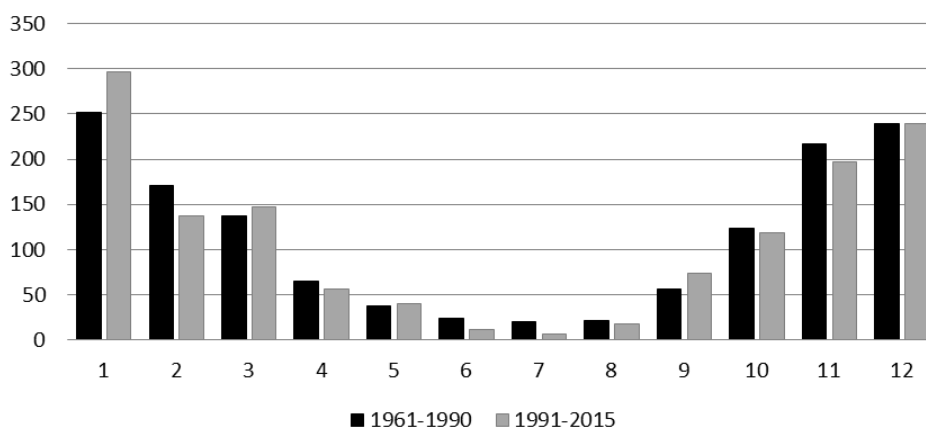
As cidades consideradas neste estudo apresentam estação seca e chuvosa bem definidas em que, o trimestre mais seco compreende os meses de junho, julho e agosto e o trimestre com maior precipitação vai de novembro a janeiro. Destacam-se os meses de

janeiro e dezembro, pois os mesmos apresentaram os maiores valores de precipitação média

O comportamento da precipitação média mensal (mm) para as cinco cidades analisadas, em toda a série temporal estudada, para os períodos 1 e 2, está apresentado na Figura 1.



Barbacena



Belo Horizonte

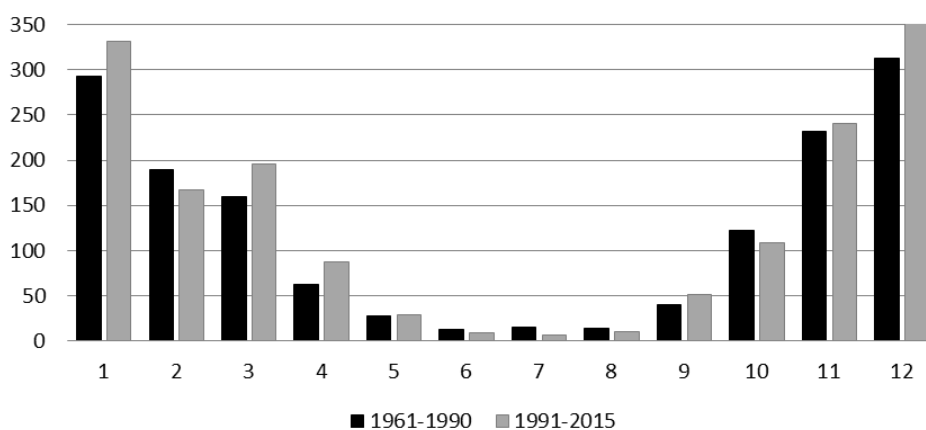
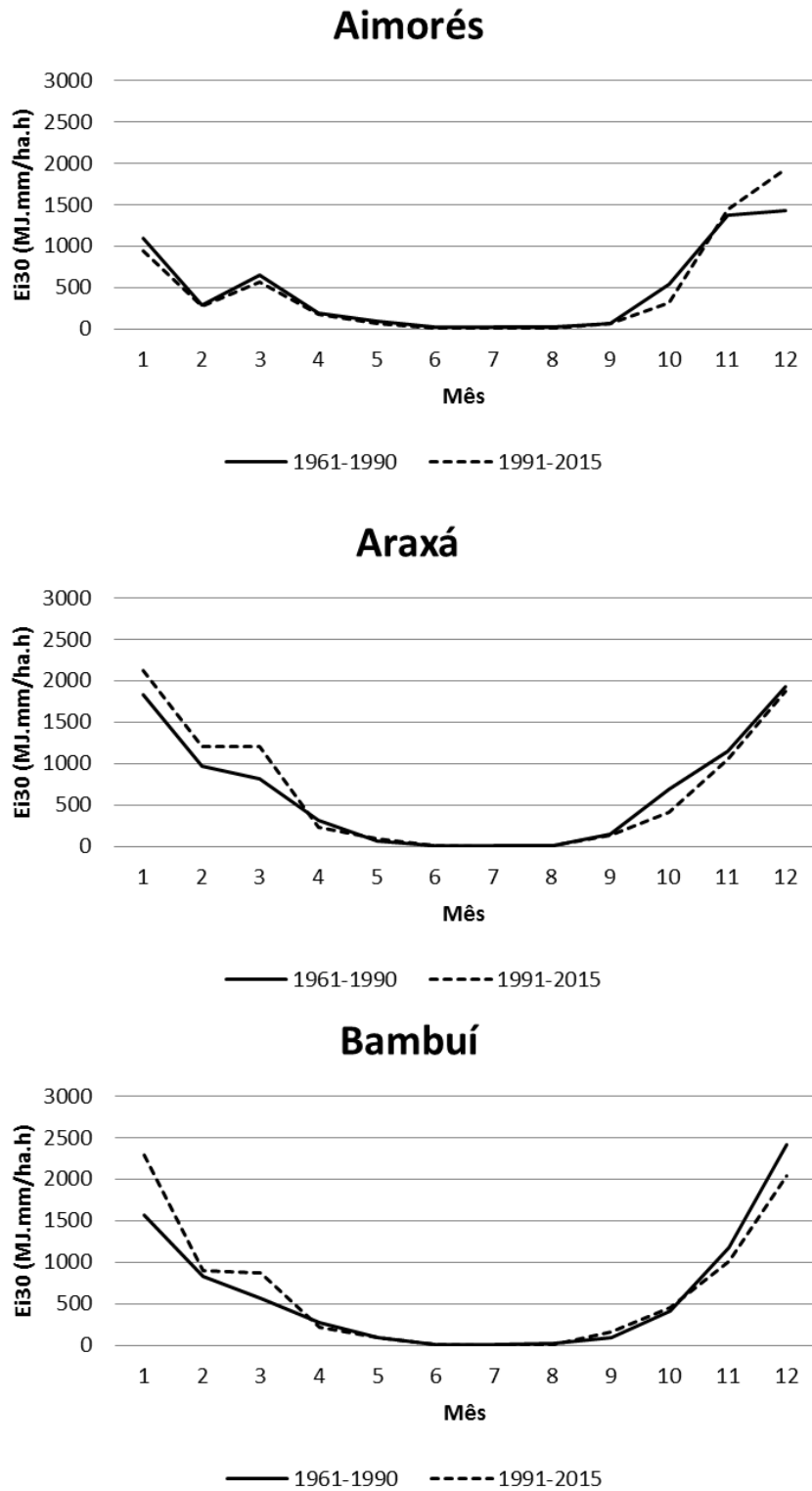


Figura 1. Comportamento da precipitação média mensal (mm), nos períodos estudados, para as cidades de Aimorés, Araxá, Bambuí, Barbacena e Belo Horizonte, em Minas Gerais.

Verifica-se, de acordo com as figuras apresentadas acima, que, em geral, os volumes médios mensais de precipitação mantiveram seus valores muito próximos, em todos os meses, em ambos os períodos analisados. Em Aimorés, vale destacar a redução do volume médio de precipitação no mês de outubro de 111 mm no período 1 para 79 mm, ao passo que em dezembro houve um aumento desse volume, que passou de 196 mm para 225 mm. Nas cidades de Araxá e Bambuí, verifica-se um aumento da precipitação média mensal nos meses de janeiro, fevereiro e março, o que influenciou no aumento da precipitação média anual, verificada para essas cidades.

Para a cidade de Barbacena, verifica-se um aumento da precipitação média mensal no mês de janeiro, de 252 mm no período 1 para 297 mm no período 2 e uma redução do volume precipitado médio em 9 meses do ano, com exceção apenas de janeiro, março e setembro. Já em Belo Horizonte verifica-se um aumento do volume médio mensal da precipitação em 7 meses do ano, sendo o maior deles em dezembro, no qual os valores foram de 312 mm no período 1 e 356 mm no período 2.

O comportamento anual do índice de erosividade médio mensal (MJ.mm/ha.h), para as cinco cidades, em toda a série temporal estudada, está diretamente relacionado com a variação do volume precipitado ao longo dos meses do ano (Figura 2).



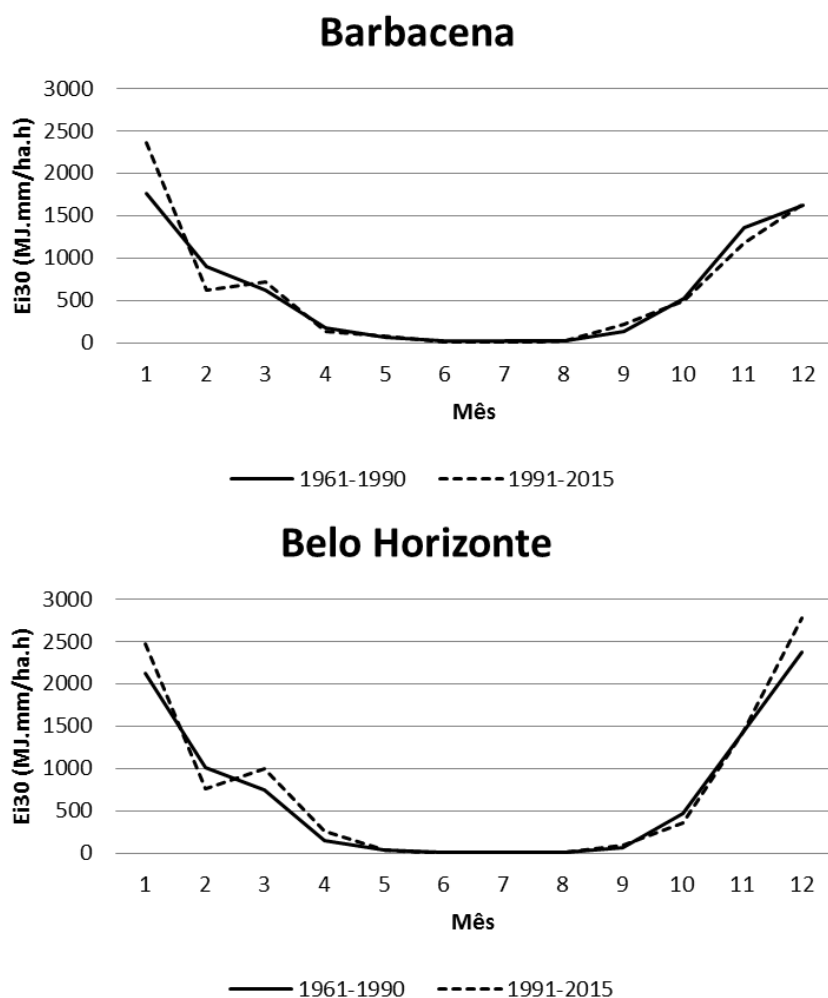


Figura 2. Comportamento do índice de erosividade médio mensal – Ei30 (MJ.mm/ha.h) nos períodos estudados, para as cidades de Aimorés, Araxá, Bambuí, Barbacena e Belo Horizonte, em Minas Gerais.

Verifica-se, em todas as cidades, índices de erosividade praticamente nulos entre os meses de maio e agosto, havendo um aumento do Ei30 a partir do mês de setembro, com decréscimo a partir de janeiro e até o mês de abril, com o fim do período chuvoso.

Na cidade de Aimorés, o maior de valor de Ei30 foi verificado no mês de dezembro, em ambos os períodos, sendo 1434 MJ.mm/ha.h no período 1 e 1930 MJ.mm/ha.h no período 2. Em Araxá, o maior valor de Ei30 foi verificado no mês de dezembro no período 1, com um valor de 1936 MJ.mm/ha.h, e em janeiro no período 2, com um valor de 2133 MJ.mm/ha.h. Em Bambuí, também, ocorreu o mesmo, no período 1 o índice de erosividade médio foi maior no mês de dezembro, enquanto no período 2, o maior valor foi verificado no mês de janeiro, 2295 MJ.mm/ha.h. Para a cidade de Barbacena, os índices de erosividade médios mensais mantiveram seus máximos níveis no mês de janeiro, sendo 1766 MJ.mm/ha.h no período 1 e 2364 MJ.mm/ha.h no período 2. Belo Horizonte o mês de maior índice de erosividade mensal foi dezembro, em ambos os períodos, com valor de 2371 MJ.mm/ha.h no período 1 e 2782 MJ.mm/ha.h no período 2.

Os valores de erosividade média anual (Fator R) para as cidades e períodos em estudo estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Precipitação média mensal e fator R em cada período avaliado

Cidade	Fator R	
	(MJ.mm/ha.h.ano)	
	1961-1990	1991-2015
Aimorés	5837	5854
Araxá	8012	8418
BambuÍ	7507	8105
Barbacena	7272	7500
Belo Horizonte	8469	9227

Belo Horizonte apresentou os maiores índices de erosividade anual da chuva (Fator R) dentre as cidades analisadas, sendo 8469 MJ.mm/ha.h.ano no período 1 e 9227 MJ.mm/ha.h.ano no período 2. Já os menores valores foram observados na cidade de Aimorés, que se mantiveram bastante próximos em ambos os períodos, consequência da pouca variação da precipitação média anual entre os períodos, sendo o fator R igual a 5837 MJ.mm/ha.h.ano para o período 1 e 5854 MJ.mm/ha.h.ano para o período 2.

Considerando os parâmetros apresentados na Tabela 3, conforme classificação de Foster et al. (1981), o índice de erosividade anual da chuva se manteve na classe de Alta erosividade em Araxá, Bambuí e Belo Horizonte, em ambos os períodos. Em Aimorés o fator R se manteve na classe de Moderada erosividade nos períodos 1 e 2.

Tabela 3. Classes de interpretação do índice de erosividade médio anual (R)

Erosividade (MJ.mm/ha.h.ano)	Classes de Erosividade
$R \leq 2452$	Baixa
$2452 < R \leq 4905$	Média
$4905 < R \leq 7357$	Moderada
$7357 < R \leq 9810$	Alta
$R > 9810$	Muito Alta

Fonte: (CARVALHO, 2008; FOSTER et al., 1981).

Em Barbacena houve uma mudança na classe de erosividade, que foi de Moderada para alta, uma vez que os valores de fator R observados foram de 7272 MJ.mm/ha.h.ano no período 1 e 7500 MJ.mm/ha.h.ano no período 2. Apesar da mudança na classificação, vale destacar que não houve uma variação significativa nos

valores de erosividade anual para Barbacena, que pode ser comprovado estatisticamente pelo teste t, aplicado a um nível de confiança de 95 %, entre ambos os períodos. O mesmo foi observado para as outras cidades, que estatisticamente não apresentaram variação significativa ($p\text{-valor} > 0,05$) nos índices de erosividade anual entre os períodos 1 e 2.

CONCLUSÕES

Os meses de maior precipitação média nas cidades de Aimorés, Araxá, Bambuí, Barbacena e Belo Horizonte, em Minas Gerais, são janeiro e dezembro e, conseqüentemente, são também os meses que apresentam maiores valores do índice de erosividade médio. O que indica a necessidade de uma maior atenção nestes períodos de maior volume precipitado com as práticas de manejo de solo que visem a redução da erosividade da chuva.

Apesar do aumento da média de volume precipitado em três cidades e, conseqüentemente, aumento do índice de erosividade anual da chuva, não foram observadas diferenças estatísticas significativas ($p\text{-valor} > 0,05$), em nenhuma cidade, entre o período de 1961 a 1990 e 1991 a 2015.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de amparo à pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo apoio financeiro pela concepção da bolsa de iniciação científica do terceiro autor, o que permitiu que os dados fossem processados. Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados disponibilizados.

REFERÊNCIAS

AQUINO, R. F. **Padrões de chuva e variabilidade espacial da erosividade para o sul do Estado de Minas Gerais**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2005. 98p. (Tese de Mestrado)

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, Ícone, 1993. 355p.

CABRAL, J.B.P.; BECEGATO, V.A.; SCOPEL, I. & LOPES, R.M. Estudo da erosividade e espacialização dos dados com técnicas de geoprocessamento na carta topográfica de Morrinhos-Goiás/Brasil para o período de 1971 a 2000. *GeoFocus*, 5:1-18, 2005.

FOSTER, G. R.; MCCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conservation of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.36, p. 355-359, 1981.

HUDSON, N. **Soil conservation**. 2.ed. Ithaca, Cornell University Press, 1971. 320p.

LUCIO, P. S.; ABREU, M. L.; TOSCANO, E. M. M. **Caracterização de séries climatológicas em Belo Horizonte - MG. PARTE I, II,III, IV.:**, X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília – DF, 1998.

MELLO, C.R.; SÁ, M.A.C.; CURI, N.; MELLO, J.M. & VIOLA, M.R. Erosividade mensal e anual da chuva no estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.4, p.537-545, abr. 2007.

MELLO, C. R. de & SILVA, A. M. da. Modelagem estatística da precipitação mensal e anual e no período seco para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n.1, p68-74, 2009

PINHEIRO, M. M. G. & BAPTISTA, M. B. Análise regional de frequência e distribuição temporal das tempestades na região metropolitana de Belo Horizonte – RMBH, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** 3(4): 73-88, 1998.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.2, p. 155-123, 2010.

SILVA, A. M. da; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M. de; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.40, p. 1223-1230, 2005.

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses:** a guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agriculture Hand-Book, 537).

FLUXO DE CO₂, TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO EM ÁREA DE CAATINGA

Jorge Bernardo Araújo Ferraz Santos¹, Eduardo Silva dos Santos², Eduardo Soares de Souza³, João Cláudio Rodrigues Torres⁴, Deyziane Kelly Silva Barros⁵

¹Mestrando em Produção Vegetal, UFRPE-UAST, Serra Talhada –PE, jorgeferraz@agronomo.eng.br; ²Pesquisador/PNPD, UFRPE-UAST, Serra Talhada - PE, silvaufupe@yahoo.com.br; ³Professor, UFRPE-UAST, Serra Talhada - PE, eduardo.souza.rd@gmail.com; ⁴ Agrônomo, UFRPE-UAST, Serra Talhada – PE, joaoctrtores@gmail.com; ⁵ Graduanda, UFRPE-UAST, Serra Talhada –PE, deyziane.barros123gmail.com

RESUMO: O principal fluxo de carbono no ecossistema terrestre para atmosfera é a respiração do solo, controlado por fatores bióticos e abióticos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento do fluxo de CO₂, da temperatura e da umidade do solo no período diurno em uma área de caatinga com predominância de angico (*Anadenanthera macrocarpa*) localizada no município de Serra Talhada, sertão de Pernambuco. O fluxo de CO₂ foi medido com um sistema formado por um analisador de gás por infravermelho – IRGA. Os resultados revelaram que a umidade do solo na camada de 0 – 0,10 m, durante as 11 horas não variou, não apresentando diferença entre os períodos (manhã e tarde) tão pouco entre as horas avaliadas, obtendo-se um valor médio de 0,074 cm³ cm⁻³. Para a temperatura, houve diferença durante os períodos, com um aumento de 2 °C. O fluxo de CO₂, não apresentou diferença entre os períodos, com valor médio de 3,25 ± 0,2 CO₂ (μmol m⁻²s⁻¹).

PALAVRAS-CHAVE: Dióxido de carbono, *Anadenanthera macrocarpa*, semiárido.

SOIL CO₂ FLUX, TEMPERATURE AND MOISTURE IN CAATINGA AREA

ABSTRACT: The main carbon flux in the terrestrial ecosystem to atmosphere is soil respiration, controlled by biotic and abiotic factors. The objective of this work was to evaluate the behavior of CO₂ flow, soil temperature and soil moisture in a caatinga area with predominance of angico (*Anadenanthera macrocarpa*) located in the municipality of Serra Talhada, sertão de Pernambuco. The CO₂ flux was measured with a system consisting of an infrared gas analyzer (IRGA). The results showed that soil moisture in the 0 - 0.10 m layer did not change during the 11 hours, with no difference between the periods (morning and afternoon) and between the hours evaluated, obtaining an average value of 0.074 cm³ cm⁻³. For the temperature, there was difference during the periods, with an increase of 2 °C. The CO₂ flux did not present any difference between the periods, with an average value of 3.25 ± 0.2 CO₂ (μmol m⁻²s⁻¹).

KEY-WORDS: Carbon dioxide, *Anadenanthera macrocarpa*, semiarid.

INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste é composta por um dos principais ecossistemas nacionais, denominado Caatinga (ALBUQUERQUE et al., 2012). O corte dessa vegetação e sua substituição por pastagens e campos agrícolas, aliados a longos períodos de estiagem, provocam acentuada degradação do solo, deixando-o exposto à ação dos agentes climáticos, reduzindo seu potencial produtivo e causando danos, muitas vezes, irreversíveis ao meio (SOUTO et al., 2009).

Estas mudanças no uso da terra alteram os fluxos de trocas gasosas pela aceleração ou retardamento dos processos de formação e/ou decomposição da matéria orgânica, entre estes fluxos, a respiração do solo para a atmosfera é um processo sensível a variações dos fatores ambientais, e pode ter efeito sobre a mudança climática global por sua contribuição no aumento da concentração de CO₂ atmosférico (PANOSSO et al., 2012).

O fluxo de CO₂ do solo, também denominado de respiração do solo, é emanado da respiração autotrófica e heterotrófica que responde pelo principal fluxo de carbono de ecossistemas terrestres para a atmosfera. Em escala temporal, a temperatura e a umidade do solo são os principais fatores abióticos que controlam a respiração do solo (SMITH et al., 2003; RYAN e LAW 2005).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento do fluxo de CO₂, da temperatura e da umidade do solo no período diurno em uma área de caatinga.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no município de Serra Talhada no sertão de Pernambuco, na microrregião do Vale do Pajeú, com predomínio da vegetação de caatinga de angico (*Anadenanthera macrocarpa*), localizada entre as coordenadas 7° 56' 55" S e 38° 23' 33,54" W. O solo da área, que de acordo com a EMBRAPA (2013), é classificado como Luvisolo Crômico. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo BShw' semiárido, quente e seco, com chuvas ocorrendo entre os meses de dezembro a maio e, com maiores valores que ocorrem em março e média anual de 642 mm.

O fluxo de CO₂ foi medido por um sistema fechado formado por um analisador de gás por infravermelho – IRGA (modelo LI-6400, LI-COR, Lincoln, NE, USA) e uma câmara de fluxo (modelo LI-6400-09, LI-COR, Lincoln, NE, USA) com volume interno de 991 cm³ e área exposta para o solo de 71,6 cm². A câmara foi acoplada a um sistema portátil de fotossíntese (modelo LI-6400, LI-COR, Lincoln, NE, USA), o qual analisa a concentração de CO₂ no seu interior por meio da espectroscopia de absorção ótica.

Para as medidas de fluxo o IRGA foi posto sobre anéis de PVC (10,3 cm de diâmetro interno x 4,4 cm de altura), sendo alocado 4 colares permanentemente a uma profundidade de 1,4 cm no solo.

As leituras foram realizadas no dia 15 de março de 2017, iniciando as 7:00 até as 17:00 horas, com intervalo de leituras de 1 hora. Assim foi possível avaliar dois períodos manhã e tarde. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado com dois fatores (período e horas do dia).

Na avaliação do fluxo de CO₂, o IRGA era calibrado 10 minutos antes de ser realizado as leituras, para verificar o CO₂ de referência (CO₂ do ambiente) próximo ao local das medições, sendo este valor um parâmetro de entrada. Outro parâmetro informado antes das leituras foi o delta, que para todas as medidas foi de -1, devido ao IRGA está a 1 cm acima da superfície do solo, com isso o volume total da câmara foi recalculado automaticamente na programação do IRGA, passando a ser de 1091 cm³.

Para medir a temperatura do solo utilizou um sensor de temperatura, parte integrante do sistema ao LI- 6400-09. Tal sensor consisti de uma haste de 0,20 m, que foi inserida no interior do solo, o mais perpendicular possível em relação à superfície, ao lado da câmara de fluxo a uma profundidade de 0,10 m.

Após as leituras de fluxo de CO₂ realizou-se coletas de solo na profundidade de 0,10 m, em três replicas a uma distância de 0,20 m dos colares de PVC para determinação da umidade do solo pelo método gravimétrico.

Os dados foram analisados no sistema computacional SAS (1998) e interpretados com base nas significâncias das análises de variância, pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação a umidade do solo na camada de 0 – 0,10 m, durante as 11 horas de avaliação, a mesma não variou, não havendo diferença significativa dentro dos períodos (manhã e tarde) e nas horas avaliadas, observando-se um valor médio de 0,074 cm³ cm⁻³. Esse comportamento pode ser explicado pela proteção do solo devido às copas das árvores, que diminuem a incidência direta dos raios solares no solo, bem como a presença de uma camada de serapilheira, galhos e folhas secas, que é depositada naturalmente sobre a superfície do solo contribuindo para um maior tempo de armazenamento da umidade.

De acordo com a análise estatística foi verificado efeito significativo para a temperatura do solo tanto para os períodos, quanto para as horas do dia. Na Figura 1A, observa-se a diferença da temperatura do solo para os períodos da manhã (M) e tarde (T), com valores médios de 27 e 29 °C, respectivamente. Durante as horas do dia, verifica-se na Figura 1B que, no horário da tarde (12, 13, 14, 15, 16, 17 horas) não houve diferença da temperatura do solo, existindo uma estabilização da temperatura com valores médios de 29 °C. Entretanto, para as horas da manhã (7, 8, 9, 10 e 11 horas) verifica-se diferença da temperatura, com médias de 26 °C (7 hs), 27 °C (8, 9 e 10 hs) e 28 °C (11 hs) °C. Assim, durante a primeira hora do trabalho (7 hs), até a última hora (17 hs), houve um aumento de 11,54% na temperatura do solo.

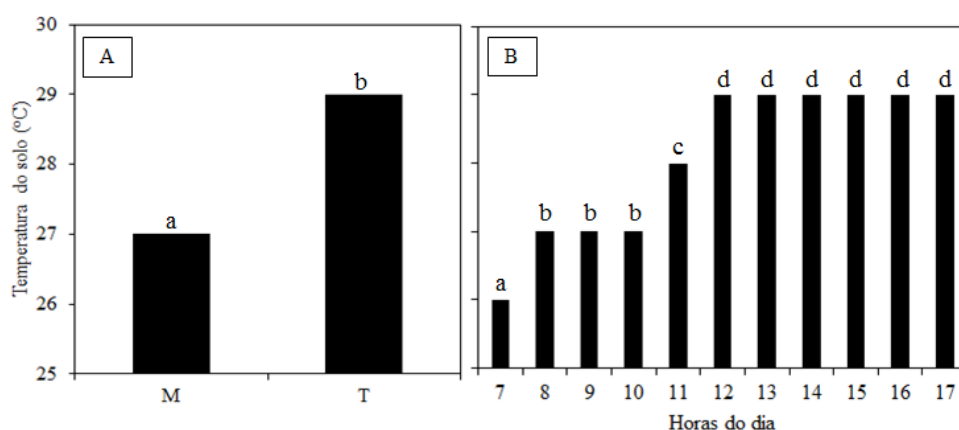


Figura 1. Avaliação da temperatura do solo no período da manhã (M) e tarde (T) (A) e nas horas do dia (B) na área de caatinga de angico.

Com relação ao fluxo de CO₂ do solo na área de caatinga de angico, só foi observado diferença significativa entre o período da manhã e da tarde (Figura 2), com média de 2,96 e 3,21 μmol m⁻² s⁻¹, respectivamente. O fluxo de CO₂ sofre influência da umidade e temperatura do solo. Entretanto, como não foi verificada alteração no teor de umidade, a temperatura do solo foi a variável monitorada que explica a alteração do fluxo de CO₂ do solo, uma vez que houve um aumento significativo da temperatura.

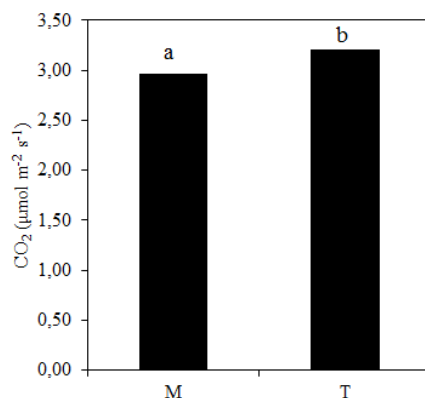


Figura 2. Fluxo de CO₂ do solo no período da manhã (M) e da tarde (T) na área de caatinga de angico.

CONCLUSÕES

O fluxo de CO₂ não foi influenciado pelo teor de umidade em escala diurna de avaliação, e sim pela variação da temperatura.

Avaliações temporais do fluxo de CO₂ na área de caatinga de angico devem ser realizadas em um período preestabelecido, manhã ou tarde.

AGRADECIMENTOS

Ao Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga (ONDACBC-INCT), aprovado na chamada pública MCTI/CNPq/CAPES/FAPS N° 16/2014 PROGRAMA INCT e financiado pela FACEPE, CAPES (processo N° 88887.136369/2017-00) e CNPq (processo N° 465764/2014- 2). Ao CNPq (processo N° 485086/2013-1).

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, U. P. et al.. Caatinga revisited: ecology and conservation of an importante seasonal dry forest. **Scientific World Journal** 2012:1–18p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 4ª edição, 2013. 376 p.

PANOSSO, A. R. et al.. Soil CO₂ emission and its relation to soil properties in sugarcane áreas under slash-and-burn and green harvest. **Soil tillage Research**, v. 111, p. 190-196, 2012.

RYAN, M. G.; LAW, B. E. Interpreting, measuring, and modeling soil respiration. **Biogeochemistry**, v. 73, p. 3-27, 2005.

SOUTO, C. et al.. Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos no semiárido da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 22, n. 3, p. 52-58, 2009.

SAS. **The SAS System for windows**: Release version: 6.8. 3. ed. Cary, 1998. 1 CD-Rom.

SMITH, K. et al.. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. **European Journal of Soil Science**. v. 54, p. 779–791, 2003.

BALANÇO HÍDRICO EM CAATINGA E PASTAGEM NO AGRESTE PERNAMBUCANO

José Romualdo de Sousa Lima¹, Thyago Rodrigues do Carmo Brito², Edevaldo Miguel Alves³, Rodolfo Marcondes Silva Souza⁴, Antonio Celso Dantas Antonino⁵

¹ Professor Associado, UAG/UFRPE, Garanhuns, PE, romualdo.lima@ufrpe.br; ² Estudante de Mestrado, UAG/UFRPE, Garanhuns, PE, thyagorodrigues@agronomo.eng.br; ³ Professor Adjunto, CAA/UFPE, Caruaru, PE, edevaldofisica@gmail.com; ⁴ Pós-Doutorando, DEN/UFPE, Recife, PE, rodolfomssouza@gmail.com; ⁵ Professor Titular, DEN/UFPE, Recife, PE, acdantonino@gmail.com;

RESUMO: A substituição da Caatinga por áreas de pastagens pode afetar os componentes do balanço hídrico na região semiárida. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os componentes do balanço hídrico em áreas com Caatinga e pastagem no agreste de Pernambuco. Para tal, instalou-se sensores para medir a umidade e a precipitação pluvial. O experimento foi realizado na Fazenda Riacho do Papagaio, em São João (8° 52' 30'' S, 36° 22' 00'' O e 705 m), durante o período de 20 de Setembro de 2013 a 26 de agosto de 2014. Para a determinação dos componentes do balanço hídrico foram instalados sensores para medir a umidade volumétrica do solo nas profundidades de 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50 m e um pluviógrafo. Além disso, foram realizados ensaios de infiltração, para determinação da condutividade hidráulica saturada do solo, bem como determinação da curva de retenção da água no solo, em laboratório. Observou-se que os períodos com elevadas pluviosidades resultaram em maior armazenamento de água no solo e em maiores valores de ET, sendo a ET da Caatinga maior que a da pastagem. A retirada da Caatinga para a implantação de pastagem afetou diretamente os componentes do ciclo hidrológico, reduzindo a evapotranspiração, o que pode ocasionar mudanças no clima regional.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração; semiárido; mudança no uso da terra.

WATER BALANCE IN CAATINGA AND GRASSLAND IN AGRESTE REGION OF PERNAMBUCO

ABSTRACT: The replacement of the Caatinga by grasslands areas can affect the components of the water balance in the semi-arid region. Thus, the objective of this study was to assess the soil water balance components of the Caatinga and grasslands in the Agreste region, Pernambuco State. The study was carried out in an experimental area located at the "Riacho do Papagaio" farm (8° 52' 30'' S, 36° 22' 00'' W and 705 m), county of São João, from 20/09/2013 to 26/08/2014. TDR probes to measure the soil water content were installed at depths of 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 and 0.50 m. Rainfall was monitored with rain gauge. For the determination of drainage and capillary rise, infiltration tests were performed in field to obtain the saturated hydraulic conductivity. The soil water retention curve was determined in laboratory. It was observed that substantial soil water storage and ET values occurred in the high rainfall periods. The ET of Caatinga was higher than grasslands. Thus the removal of the Caatinga for pasture implantation directly affected the components of the hydrological cycle, reducing evapotranspiration, which can lead to changes in the regional climate.

KEY-WORDS: Evapotranspiration; semiarid, land use changes.

INTRODUÇÃO

Alterações na Caatinga, segundo Andrade et al. (2005), tiveram início com o processo de colonização do Brasil, inicialmente como consequência da pecuária bovina, associada a práticas agrícolas rudimentares. E, ao longo do tempo, outras formas de uso da terra foram adotadas, como a diversificação da agricultura e da pecuária, aumento da extração de lenha para produção de carvão e caça dentre outras, descaracterizando essa vegetação e acentuando o processo de desertificação.

A retirada da caatinga para implantação de áreas de pastagens certamente irá afetar os componentes do balanço hídrico nessa região. No entanto, ainda não se tem conhecimento aprofundado como essa mudança no uso da terra irá afetar esses componentes. Para isso, são necessários estudos que determinem simultaneamente os fluxos de água no solo, por meio da medição do balanço hídrico, tanto em áreas de Caatinga, quanto em áreas de pastagens.

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo determinar os componentes do balanço hídrico no solo (variação do armazenamento de água no solo, drenagem profunda, ascensão capilar e evapotranspiração,) em áreas com Caatinga e pastagem, em condições de sequeiro na bacia hidrográfica do Rio Mundaú, Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

As medidas para a realização do balanço hídrico foram efetuadas em uma área 16 ha cultivada com capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) e numa área contígua (4 ha) de Caatinga, ambas localizadas na fazenda Riacho do Papagaio, no município de São João, PE (8° 52' 30" S e 36° 22' 00" O, altitude de 705 m). O clima predominante na região é o As', que equivale a um clima quente e úmido, conforme classificação de Köppen. De acordo com dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC, 2016), a precipitação pluvial anual média é de 782 mm, sendo o quadrimestre mais chuvoso constituído dos meses de maio a agosto. O solo da área é classificado como Neossolo Regolítico (SANTOS et al., 2012).

O estudo dos componentes do balanço hídrico foi realizado no período de 20 de setembro de 2013 a 26 de agosto de 2014, totalizando 341 dias, o qual foi dividido em 22 subperíodos. Esse período de monitoramento compreendeu a estação mais seca da área (setembro a abril) e a mais chuvosa (maio a agosto).

O balanço hídrico em determinado volume de solo, num certo período de tempo (SILVA et al., 2014), é descrito pela equação (1):

$$\Delta A = P + I \pm Q - ES - ET \quad (1)$$

sendo ΔA a variação de armazenamento de água no solo; P a precipitação; I a irrigação; Q o fluxo total de drenagem (-Q) ou ascensão capilar (+Q); ES o escoamento superficial; e ET a evapotranspiração, todos expressos em mm. Conhecendo-se todos os componentes do balanço hídrico, a ET é obtida como termo residual da equação (1).

O termo irrigação (I) foi nulo, pois o trabalho foi em condições de sequeiro. Considerou-se que não ocorreu escoamento superficial de água (ES), em razão de o solo ter declividade inferior a 5% e elevada drenagem (SILVA et al., 2014). A precipitação pluvial foi monitorada por meio de um pluviógrafo automatizado, instalado numa torre no centro da área. A variação no armazenamento de água no perfil de solo (ΔA) foi determinada pela diferença dos valores nos tempos inicial (A_i) e final (A_f) de cada período considerado, sendo expressa pela seguinte equação:

$$\Delta A = [\theta_{(f)} - \theta_{(i)}]L = A_f - A_i \quad (2)$$

sendo L a profundidade e θ_f e θ_i as umidades volumétricas final e inicial, respectivamente.

Para as determinações da θ , em ambas as áreas, foram instalados sensores automatizados tipo TDR (modelo CS 616 da Campbell Scientific Inc., USA) nas profundidades de 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50 m.

O fluxo total de água (Q), ou seja, as perdas por drenagem (-Q) ou os ganhos por ascensão capilar (+Q), foram determinados a partir da equação (3), de acordo com Silva et al. (2014):

$$Q = \int_0^t q dt = q \int_0^t dt = q(t - 0) = q\Delta t \quad (3)$$

sendo q (mm d⁻¹) a densidade de fluxo de água no limite inferior do volume de solo delimitado pela zona radicular e dt o intervalo de tempo de estudo do balanço hídrico.

As densidades de fluxo q foram estimadas com base na equação de Darcy-Buckingham:

$$q = -K(\theta) \frac{\Delta \psi_t}{\Delta z} \quad (4)$$

sendo K(θ) (mm d⁻¹) a condutividade hidráulica não saturada e $\frac{\Delta \psi_t}{\Delta z}$ o gradiente de potencial total em z = 0,40 m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação diária da precipitação pluvial e do armazenamento de água no solo na camada de 0,0-0,50 m durante o período de estudo é apresentada na Figura 1. Observa-se que a precipitação pluvial apresentou valores mais elevados e com maior frequência no período de abril a agosto, sendo que no período de setembro a março, as chuvas foram de menor intensidade e menos frequente. A precipitação pluvial atingiu seus maiores valores (45,6 e 47,1 mm) nos dias 05/04 e 06/04/2014. No período do experimento a precipitação total foi de 688,8 mm, sendo que de setembro a dezembro de 2013 choveu 107,3 mm e de janeiro a agosto de 2014 choveu 581,5 mm, estando de acordo com a Normal Climatológica da região (APAC, 2016).

Verificou-se que o armazenamento de água no solo foi sempre maior na área com pastagem (Armz_pasto), que na área com Caatinga (Armz_caat). O Armz_pasto variou de 29 a 76 mm, com valor médio de 42 mm; enquanto o Armz_caat variou de 11 a 42 mm, com média de 19 mm. Assim sendo, em média, a pastagem armazenou 23 mm a mais de água. Esse menor valor de Armz_caat deve estar relacionado com uma provável maior retirada de água pelas plantas da Caatinga, que possuem sistema radicular mais profundo que a pastagem. Pinheiro et al. (2013) mediram a profundidade efetiva do sistema radicular de uma Caatinga no Ceará e encontraram valores variando de 0,60 a 0,78 m. Já em pastagens, Silva et al. (2014) encontraram valores de 0,10 a 0,30 m.

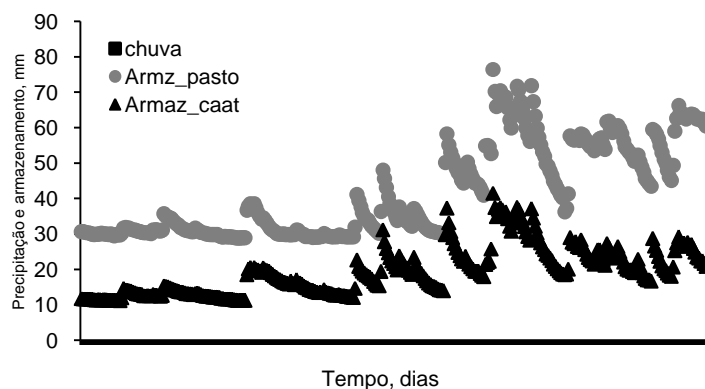


Figura 1. Precipitação pluvial e armazenamento de água no solo na camada de 0,0-0,50 m em Caatinga e pastagem, durante o período de 20 de setembro de 2013 a 26 de agosto de 2014 no município de São João – PE

A evolução dos componentes do balanço hídrico durante o período de 20/09/2013 a 26/08/2014 é apresentada na Figura 2. Tanto para a área de caatinga, quanto para a área de pastagem, a \square A acompanhou as variações da precipitação pluvial, sendo seu valor total para a área de Caatinga de 9,1 mm e para a área de pastagem de 29,8 mm. Em relação ao fluxo de água no solo (Q), observou-se para a área de pastagem (Q_pasto) que somente ocorreu drenagem (-Q), com valor total de -13,64 mm (2% do total precipitado); já para a área de caatinga (Q_caat) o Q foi praticamente nulo em todos subperíodos, com valor total de 0,03 mm. Isso ocorreu devido aos menores valores de armazenamento de água no solo na Caatinga (Figura 1). Silva et al. (2014) realizaram o balanço hídrico em pastagens e obtiveram valores de drenagem mais elevados (23% do total de chuvas) que os dessa pesquisa, devido, aos maiores valores de pluviosidade.

Em relação à ET, observou-se sazonalidade de seus valores, com variação de 1,4 a 114,0 mm por subperíodo. Essa sazonalidade pode ser explicada, além da diferença de vegetação, pela própria variação da precipitação pluvial, que afetou a umidade do solo (Figura 1) e, conseqüentemente, a ET. Nos períodos de maior precipitação pluvial (maio a agosto de 2014) ocorreram os maiores valores de ET, sendo o inverso observado nos outros períodos. A ET_Caat foi, na maioria dos subperíodos, maior que a ET_pasto, com valor total para ET_caat de 679,7 mm e 645,4 mm para ET_pasto, uma diferença de 34,3 mm. Dividindo-se esse total pelo número de dias, obtém-se a ET diária, que foi de 1,9 mm d⁻¹ para a pastagem e de 2,0 mm d⁻¹ para a Caatinga. O valor mais elevado de ET_Caat deve ser devido ao maior sistema radicular da Caatinga (PINHEIRO et al., 2013), fazendo com que a mesma retire água de camadas mais profundas.

A sazonalidade da ET e os valores totais e médios da ET_Caat e ET_pasto estão de acordo com os obtidos por Souza et al. (2015), para Caatinga em Petrolina, e Silva et al. (2014) para pastagem, na mesma região de estudo dessa pesquisa.

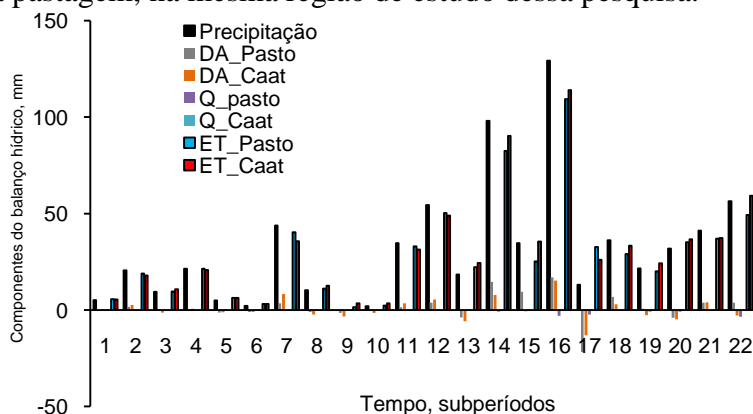


Figura 2. Componentes do balanço hídrico em Caatinga e pastagem, durante o período de 20 de setembro de 2013 a 26 de agosto de 2014 no município de São João – PE

CONCLUSÕES

A retirada da Caatinga para a implantação de pastagem afetou diretamente os componentes do balanço hídrico, reduzindo a evapotranspiração, o que pode ocasionar mudanças no clima regional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia: Observatório Nacional da Dinâmica da Água e do Carbono no Bioma Caatinga (INCT-ONDACBC), aprovado na chamada pública MCTI/CNPq/CAPES/FAPS N° 16/2014 Programa INCT, financiado pela Facepe, Capes (processo N° 88887.136339/2017-00) e CNPq (processo N° 465764/2014-2).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. A. et al. Análise da vegetação sucessional em campos abandonados no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.2, p.135-142, 2007.
- APAC - **Agência Pernambucana de Águas e Clima**. <http://www.apac.pe.gov.br> >. 5 Abr. 2016.
- PINHEIRO E. A. R.; COSTA, C. A. G.; ARAÚJO, J. C. Effective root depth of the Caatinga biome. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 89, p. 1-4, 2013.
- SANTOS, J. C. B. et al. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 683-695, 2012.
- SOUZA, L. S. B. et al. Balanço de energia e controle biofísico da evapotranspiração na Caatinga em condições de seca intensa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, p. 627-636, 2015.
- SILVA, R. A. B. et al. Balanço hídrico em Neossolo Regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria Decumbens* Stapf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 1, 147-157, 2014.

MÉTODO DE DISSIPACÃO TÉRMICA PARA ESTIMATIVA DO FLUXO DE SEIVA EM MULUNGU

Thaine Teixeira Silva¹, Lucas Melo Vellame², Oswaldo Palma Lopes Sobrinho³

¹Graduanda em Bacharelado em Engenharia Florestal pela UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: thaine_17teixeira@hotmail.com

²Professor da UFRB, Cruz das Almas-BA. Doutor em Irrigação e Drenagem pela [ESALQ]. E-mail: lucasvellame@gmail.com

³Engenheiro Agrônomo pelo IFMA-Campus Codó, Mestrando em Engenharia Agrícola pela UFRB, Cruz das Almas-BA. E-mail: oswaldo-palma@hotmail.com

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo avaliar o método da sonda de dissipação térmica (SDT) ou método de Granier na estimativa do fluxo de seiva em mulungu (*Erithryna vetulna* Willd.) com base em medidas lisimétricas. O experimento foi conduzido em estufa agrícola na área experimental do Núcleo de Engenharia da Água e do Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (NEAS/UFRB), em Cruz das Almas-BA. O mulungu foi plantado em dois vasos que depositados sobre plataformas de pesagens funcionaram como lisímetros. Estimou-se o fluxo de seiva pela sonda de dissipação térmica. Foram instaladas sondas com 1 cm de comprimento na área do caule. Houve boa correlação entre os valores de fluxo de seiva e transpiração. Os resultados demonstram que o fluxo de seiva estimado pela equação de Granier subestima quando comparados aos valores de transpiração sendo necessária calibração.

PALAVRAS-CHAVE: *Erithryna vetulna* Willd, Método de Granier, Transpiração.

METHOD OF THERMAL DISSIPATION FOR ESTIMATION OF THE SEIVA FLOW IN MULUNGU

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the thermal dissipation probe (SDT) or Granier method in the estimation of sap flow in mulungu (*Erithryna vetulna* Willd.) based on lysimeter measurements. The experiment was conducted in an agricultural greenhouse in the experimental area of the Water and Soil Engineering Nucleus of the Federal University of the Recôncavo of Bahia (NEAS/UFRB), in Cruz das Almas-BA. The mulungu was planted in pots that were deposited on weighing platforms and functioned as lysimeters. The flow of sap was estimated by the thermal dissipation probe. Probes with 1 cm length were installed in the stem area. The sap flow was estimated by the thermal dissipation probe. There was a good correlation between the values of sap flow and transpiration. The results demonstrate that the flow of sap estimated by the Granier equation underestimates when compared to the transpiration values making calibration necessary.

KEY-WORDS: *Erithryna vetulna* Willd, Granier Method, Transpiration.

INTRODUÇÃO

Tendo em vista a dificuldade de se quantificar o consumo de água individual de plantas perenes, têm surgido métodos para estimativa do fluxo de seiva baseados em fornecimento de calor ao caule, o qual é relacionado diretamente com a transpiração.

Granier (1985) propôs o método de dissipação térmica (MDT) que consiste em sondas termoelétricas que são inseridas no tronco para a medição do fluxo de seiva. Segundo Braun (1997), a grande vantagem do método de Granier é a facilidade de confecção e instalação do sensor, quando comparado com outros métodos térmicos. Entretanto, apesar da simplicidade de confecção e instalação dos sensores do MDT, há a necessidade de estudá-lo mais profundamente, principalmente no que diz respeito à sua calibração para cada espécie de planta estudada, assim como a maneira de minimizar os potenciais erros mencionados na literatura (DELGADO-ROJAS et al., 2007).

Não foi encontrado na literatura estudos de estimativa de fluxo de seiva para *Erythrina*. Tendo em vista essa carência de informação, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o método da sonda de dissipação térmica (SDT) ou método de Granier na estimativa do fluxo de seiva em mulungu (*Erithryna vetulna* Willd.) com base em medidas lisimétricas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa agrícola na área experimental do Núcleo de Engenharia da Água e do Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (NEAS/UFRB), em Cruz das Almas-BA, a 225,87 m de altitude, com coordenadas geográficas de 12°40'39" latitude sul e 39°06'23" longitude oeste de Greenwich. O clima da região é classificado como úmido a sub-úmido, com uma pluviosidade média anual de 1.143 mm. Com temperatura média mensal de 23,7°C e umidade relativa do ar média anual de 81% (D'ANGIOLELLA et al., 1998).

O fluxo de seiva foi estudado pelo método da sonda de dissipação térmica (SDT) em duas plantas de mulungu. Esta espécie foi plantada em dois vasos que depositados sob plataformas de pesagens funcionaram como lisímetros.

As sondas foram construídas com 1 cm de comprimento utilizando-se termopares de cobre "constantan" de 0,5 mm de diâmetro, inseridos em agulhas de 1,0 mm, preenchidas com resina para fixação. Para instalação das sondas foram feitos dois furos no caule de diâmetro igual ao da cápsula que será inserida. A cápsula de aço inox tem comprimento igual ao da sonda e diâmetro interno ligeiramente superior a sonda 1,5 mm. As sondas foram revestidas de pasta térmica para uma melhor condução do calor, e inseridas na cápsula. Após a instalação das sondas, para minimizar o efeito dos gradientes térmicos naturais, foi colocado no local do sensor uma proteção com papel laminado no formato de saia (VELLAME et al., 2011).

Granier (1985) desenvolveu uma relação empírica (K) entre a densidade de fluxo de seiva (Js) e a diferença de temperatura (DT) entre as duas sondas. Esta equação foi validada para algumas espécies em sua grande maioria florestais. A equação é dada por:

$$K = \frac{(DT_m - DT)}{DT} = 0,0206 J_s^{0,8124} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que, DT_m= diferença de temperatura entre as duas sondas, na situação de fluxo nulo (°C); e Js= Densidade do fluxo de seiva.

Para o cálculo do fluxo de seiva (F) foi considerado a área da secção efetiva do xilema que conduz a seiva bruta (AS), ou seja:

$$F = 0,00011899k^{1,231} AS \quad (\text{Eq. 2})$$

Como a aplicação do método de Granier para a estimativa do fluxo de seiva pressupõe o conhecimento da área condutora do caule, procedeu-se à sua determinação, através do método destrutivo. Para estimativa da AS foram cortados segmentos de caule

de uma planta adulta, as imagens foram digitalizadas e gerada uma equação de estimativa da área do xilema em função do diâmetro médio externo.

Efetuar-se medidas lisimétricas nas duas plantas de mulungu a fim de calibrar a equação para estimativa do fluxo de seiva (Eq. 2). Cobriu-se a superfície do solo do lisímetro com papel alumínio e sobre ela, utilizou-se plástico transparente, evitando as perdas por evaporação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área do xilema, utilizada para estimativa do fluxo de seiva, pode ser estimada por uma relação quadrática com o diâmetro médio externo do caule com boa precisão. O coeficiente de determinação para essa relação foi de 0,9998 (Figura 1).

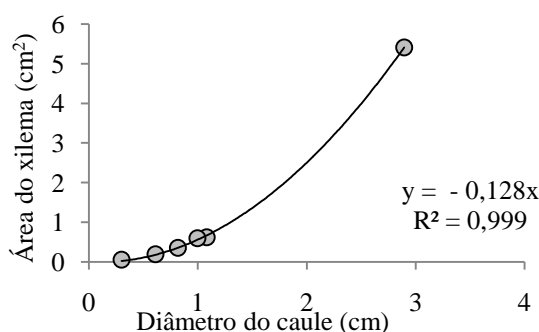


Figura 1. Relação entre diâmetro médio externo do caule e área do xilema.

Utilizando os dados de dias que o solo apresentava boa disponibilidade de água relacionou-se a transpiração medida pelo lisímetro e o fluxo de seiva. Foi constatado que o método da sonda de dissipação térmica, utilizando-se coeficientes da equação de Granier (1985), subestima os valores de fluxo de seiva em 33% (Figura 3). Resultados semelhantes a esta pesquisa foram encontrados por diversos autores (Cabidel; Do, 1991; Delgado-Rojas et al., 2007; Vellame, 2009) que trabalhando com métodos térmicos observaram subestimativa do fluxo de seiva pelo método da sonda de dissipação térmica. A relação entre a transpiração e o fluxo de seiva obteve um coeficiente de determinação de 0,8386 (Figura 2).

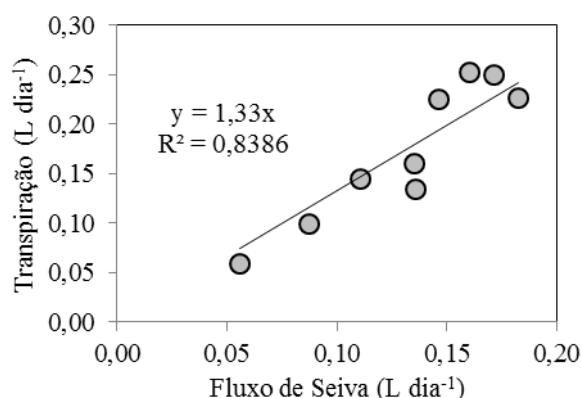


Figura 2. Relação entre a Transpiração e Fluxo de Seiva em plantas de mulungu.

Na Figura 3 são apresentados os dados da transpiração medida pelo lisímetro e fluxo de seiva medido pela SDT em condições de secamento do solo. Observou-se que

o fluxo de seiva estimado pela equação de Granier apresenta valores inferiores ao de transpiração em todo o período estudado. É possível observar ainda que os valores de fluxo de seiva para as plantas de mulungu apresentaram menores variações diárias quando comparado às medidas de transpiração por gravimetria em todo o período estudado.

As diferenças entre transpiração e fluxo de seiva são observadas por alguns autores em intervalos horários. Nas primeiras horas da manhã ocorre transpiração da água armazenada nos tecidos vegetais e, ao final do dia, quando a transpiração tende a cessar, o fluxo de seiva continua a ocorrer a fim de repor a água dos tecidos perdida durante o dia (COELHO FILHO, 2002). Com base nos resultados é possível inferir que se depender da disponibilidade de água no solo essa defasagem entre transpiração e fluxo de seiva pode ocorrer também em intervalos de tempo na escala diária.

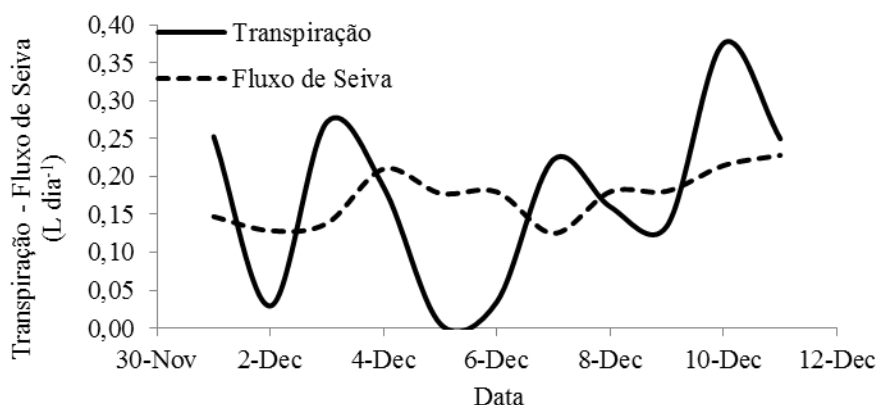


Figura 3. Transpiração medida por lisímetro e fluxo de seiva pela sonda de dissipação térmica em plantas de mulungu.

CONCLUSÕES

Em dias com boa disponibilidade de água no solo existe boa correlação entre os valores de fluxo de seiva e transpiração. Os resultados demonstram que o fluxo de seiva estimado pela equação de Granier subestima em 33% a transpiração diária. Em condição de baixa disponibilidade de água no solo os valores de transpiração e fluxo de seiva diários não apresentam boa correlação.

REFERÊNCIAS

BRAUN, P. Sap flow measurements in fruit trees - Advantages and shortfalls of currently used systems. *Acta Horticulturae*, n. 449, p.267-272, 1997.

CABIBEL, B.; DO. D. Mesures thermiques des flux de seve dans les troncs et les racines et fonctionnement hydrique des arbres: I. analyse théorique des erreurs sur la mesure des flux et validation des mesures en présence de gradients thermiques extérieurs. *Agronomie*, v.11, p.669–678, 1991.

COELHO FILHO, M. A. **Determinação da transpiração máxima em um pomar jovem de lima ácida “Tahiti” (*Citrus latifolia* Tan.) e sua relação com a evapotranspiração de referência.** 2002. 91f. Tese – Doutorado- ESALQ/USP, 2002.

D'ANGIOLELLA, G. L. B.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F. Tendências Climáticas para os Tabuleiros Costeiros da região de Cruz das Almas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas: **Anais...** Universidade Federal de Lavras, v. 1, p.43-45. 1998.

DELGADO-ROJAS, J. S.; ANGELOCCI, L. R.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO FILHO, M. A. Desempenho da sonda de dissipação térmica na medida da transpiração de plantas jovens de lima ácida. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.2, p.404-413, 2007.

GRANIER, A. Une nouvelle methode pour la mesure du flux de seve brute dans le tronc des arbres. **Annales Sciences Forestieres**, Versailles, v.42, n. 2, p.193-200, 1985.

OLIVEIRA, G. X. S. **Determinação da transpiração em mangueiras (*Mangifera indica* L.), através do fluxo de seiva, sua relação com a evapotranspiração e área foliar**. 2005. 40 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2005.

VELLAME, L.M.; COELHO FILHO, M.A.; PAZ, V.P.S.; COELHO, E.F. Gradientes térmicos naturais na estimativa do fluxo de seiva pelo método Granier. **Revista Caatinga**, v.24, p.116-122, 2011.

MODELAGEM DA INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA E MAPEAMENTO POR SENSORIAMENTO REMOTO EM VEGETAÇÃO DE CAATINGA

Eduardo Soares de Souza¹, Rafael José Gomes², Erison Martins Amaral³, Rodolfo Marcondes Silva Souza⁴, Antonio Celso Dantas Antonino⁵

¹Professor associado, UFRPE/UAST, Serra Talhada-PE, Email: eduardo.ssouza@ufrpe.br; ²Doutorando em Tecnologias Energéticas e Nucleares, UFPE/DEN, Recife-PE, E-mail: engenheirofael@gmail.com; ³Graduando em Bacharelado em Agronomia, UFRPE/UAST, Serra Talhada-PE, Email: erison.martins@ufrpe.br; ⁴Pós-doutorando do Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga, UFPE/DEN, Recife-PE, E-mail: rodolfo.marcondes@ufpe.br; ⁵ Professor Titular da UFPE/DEN, Recife-PE, E-mail: acdantonino@gmail.com;

RESUMO: A interceptação da chuva e a capacidade de armazenamento de água pelo dossel são componentes importantes no controle da evaporação na caatinga. Há poucas áreas preservadas de caatinga no Nordeste do Brasil e vastas áreas com diferentes tipos e estágios de sucessão ecológica. Por esta razão, são escassos os trabalhos que avaliam a interceptação e a capacidade de armazenamento de água no dossel na caatinga. O objetivo do estudo foi apresentar um método baseado em informações de satélite para estimar os valores das perdas de chuva por interceptação em vegetação de caatinga. O sítio de observações está localizado no município de Serra Talhada – PE. A pesquisa baseou-se na seleção de quatro parcelas (400 m², cada) para acompanhamento das imagens do satélite Landsat 8 e para monitoramento das chuvas acima e abaixo do dossel da caatinga. Constatou-se que a estimativa de interceptação máxima (S_{max}) variou de 6,62 a 17,31 mm entre as parcelas, justificado pela variação da cobertura vegetal em cada parcela. Foi encontrado uma boa relação entre N' (ponto médio do intervalo entre os valores de NDVI médio e máximo) e a interceptação máxima na caatinga, que possibilitou realizar estimativas confiáveis de interceptação da água da chuva em vegetação de caatinga na bacia de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: semiárido, armazenamento de água no dossel, NDVI.

MODELING OF RAIN INTERCEPTION AND MAPPING BY REMOTE SENSING IN CAATINGA VEGETATION

ABSTRACT: Rainfall interception loss is an important component of hydrological processes in the dry environmental and the capacity of canopy water storage is a key factor in controlling the loss of water balance this water-limited semiarid ecosystems. There are few preserved areas of Caatinga in Northwestern of Brazil and vast areas are occupied by different types and stages of ecological succession. There are still scarce regarding on rainwater storage capacity by canopy of Caatinga. The objective of our study is to present and test a model extended for trees approach to analyze of the canopy storage capacity in a area of Brazilian dry tropical forest. Throughfall and rainfall interception were measured during a 12-months period on four plots of 400 m². The rainfall interception data were collected continuously during intensive campaigns at different seasons. The maximum canopy storage capacity (S_{max}) ranges 6,62 from 17,31 mm, because of the monthly variation of canopy structure between the four plots. The S_{max} is related to canopy surface and therefore to normalized difference vegetation index (NDVI), can then perform reliable estimates of rainwater interception in Caatinga vegetation.

KEY-WORDS: Semi-arid, canopy water storage, NDVI.

INTRODUÇÃO

Em regiões com grande escassez de água e alta insolação durante a maior parte do ano, como no semiárido brasileiro, a manutenção de áreas vegetadas é imprescindível por melhorar as capacidades de infiltração e de armazenamento da água da chuva no solo (BORGES et al., 2014). A vegetação reduz a intensidade da precipitação interna e do escoamento pelo tronco, fazendo com que a água, ao atingir o solo, seja facilmente infiltrada e contribua para o abastecimento do lençol freático. Além disso, tal interceptação pode influenciar na regulação dos processos hídricos, na diminuição do escoamento superficial no solo e no controle da erosão (RODRIGUES et al., 2015).

A duração e a intensidade da chuva (KURAJI & TANAKA, 2003), a morfologia da vegetação e as características das folhas (CARLYLE-MOSES, 2010), são fatores que influenciam para um menor ou maior volume de chuva efetiva, que transpassa a vegetação e atinge o solo (LOURENÇÃO & HONDA; OLIVEIRA JUNIOR & DIAS, 2005). A medição da interceptação requer a instalação de pluviômetros internos. A análise dessas medidas permitem a obtenção de parâmetros de modelos que descrevem a interceptação da vegetação (SÁ, 2015; MOURA et al., 2009) e que podem ser empregadas com as devidas adaptações para os diferentes ecossistemas.

Novas ferramentas e técnicas têm sido empregadas para o conhecimento da interceptação, como exemplo a utilização de imagens de satélites com o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), permitindo mapear quantitativamente a vegetação e posteriormente estimar a interceptação (MIRALLES et al., 2010; JONG & JETTEN; CUI & JIA, 2014), no entanto, para uma estimativa a nível regional é necessário obter mais conhecimentos da interceptação local.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi apresentar um método baseado em informações de satélite para estimar os valores das perdas de chuva por interceptação em vegetação de caatinga no município de Serra Talhada – PE, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Buenos Aires, no município de Serra Talhada (7°59'31" S e 38°17'59" O), Microrregião do Vale do Pajeú, no Estado de Pernambuco, no nordeste do Brasil (Figura 1). O clima é BShw', semiárido, quente e seco, com precipitação média anual de aproximadamente 642 mm. Os solos predominantes são Neossolo Litólico e Luvisolo Crômico (SANTOS et al., 2013). O experimento de campo para a obtenção dos dados de interceptação da chuva foi conduzido no período de novembro de 2014 a julho de 2015.

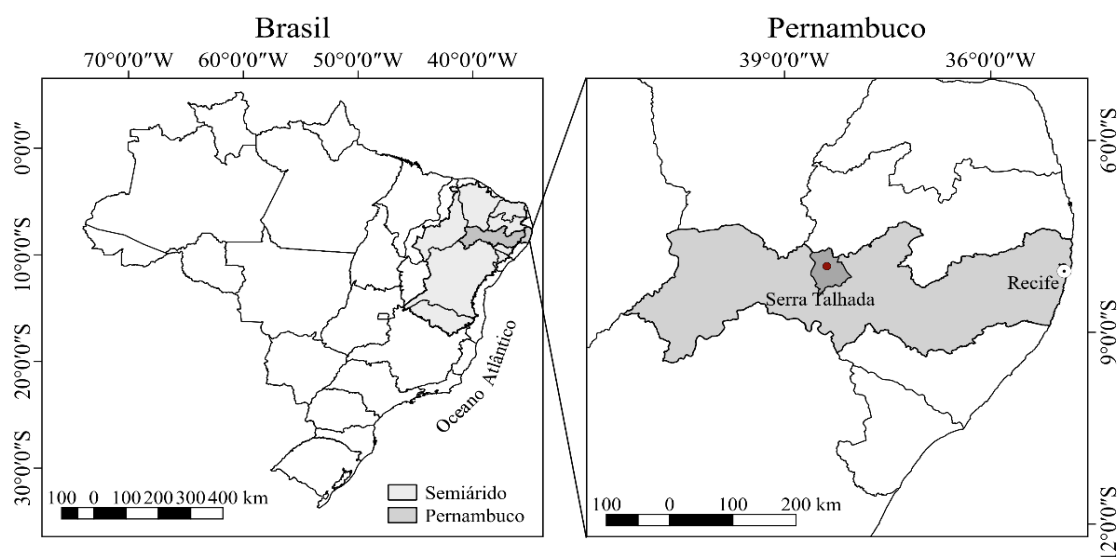


Figura 1. Localização da área experimental, Serra Talhada-PE.

As avaliações foram realizadas em uma área de caatinga onde não ocorre exploração de madeira há pelo menos 20 anos, porém é utilizada para pastejo de ovinos e bovinos durante a estação chuvosa e possui uma diversidade na vegetação com predominância de: Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), Jurema (*Mimosa tenuiflora*) e Marmeleiro (*Cydonia oblonga*), além de outros gêneros em menor ocorrência como, Angico (*Anadenanthera colubrina*), Baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), Mandacaru (*Cereus jamacaru*) e Imburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*) e Imburana-de-cheiro (*Amburana*).

Foram coletados dados do índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI) de agosto de 2014 a julho de 2015, em intervalos de 16 dias, obtidos a partir do Landsat 8. A chuva acima do dossel foi medida com pluviômetro eletrônico (TR52SUW, Texas Eletronics), instalado a 10 m de altura. A chuva abaixo do dossel foi obtida com 10 pluviômetros artesanais distribuídos em quatro parcelas de 400 m² (MOURA et al., 2009).

O monitoramento da chuva foi realizado em quatro parcelas retangulares de 400 m². Em cada parcela, foram instalados dez pluviômetros adaptados (MOURA, 2013) com reduções de PVC (15 cm de diâmetro), funis, telas, mangueiras de 1/2 e recipientes plásticos com capacidade de 10 litros cada. Os pluviômetros foram instalados a 0,90 m acima do nível do solo, espaçados aproximadamente, a cada 10 m. As coletas da chuva interna foram realizadas após os eventos de chuva, no dia seguinte, pela manhã.

A interceptação da chuva (I) foi determinada pela diferença:

$$I = R - R_{ef} \quad (1)$$

sendo R a chuva acima do dossel e R_{ef} a chuva que efetivamente chega ao solo.

A modelagem da interceptação foi obtida pela relação exponencial entre R e I (ASTON, 1979):

$$I = S_{max} \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-kR}{S_{max}}\right) \right) \quad (2)$$

sendo, I (mm) a interceptação, R (mm) o total de precipitação do evento, S_{max} (mm) a capacidade máxima de armazenamento de água pelo dossel da vegetação e k o fator de correção da abertura do dossel (adimensional).

O modelo (Eq. 2) foi ajustado à série de dados de cada parcela e permitiu obter os parâmetros S_{max} e k e correlacionados com os valores de NDVI das 4 parcelas. Foi delimitado 114 ha de caatinga, onde determinou-se os valores de NDVI médio e máximo para 1254 pixel (30 x 30 m, cada), calculou-se o N' ($[\text{NDVI}_{\text{médio}} + \text{NDVI}_{\text{máximo}}]/2$) e em seguida estimou-se o S_{max} . A partir dos 56 eventos de chuva registrados e da Eq. 2, calculou-se a interceptação para cada evento de chuva separadamente, obtendo-se 56 rasters que permitiram espacializar a interceptação para toda a área. A interceptação total foi obtida pela soma de todos os raster.

Foi realizado a estatística descritiva para a precipitação, a interceptação e o NDVI, assim como o teste de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade dos dados. O ajuste de S_{max} e k (Eq. 2) foi realizado pelo método dos mínimos quadrados. A qualidade dos ajustes foi avaliada pelo coeficiente de determinação (R^2) e pelo erro quadrático médio (RMSE). Todas as análises estatísticas e elaboração de gráficos foram realizadas no programa R (R CORE TEAM, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os nove meses de monitoramento a chuva total registrada foi igual a 486,9 mm acumulados em 76 registros de chuvas diárias. Os registros pluviométricos acima do dossel da caatinga apresentaram valores que variaram de 0,33 até 93,98 mm. Com o descarte das chuvas inapreciáveis ($< 1,0$ mm) do conjunto de dados original, restaram 54 anotações de chuvas diárias: sendo 41 abaixo de 10 mm, 8 entre 11 e 20 mm, 4 entre 21 e 30 mm e apenas 1 registro maior do que 31 mm, que acumularam um total de 472,5 mm no período estudado (Figura 2).

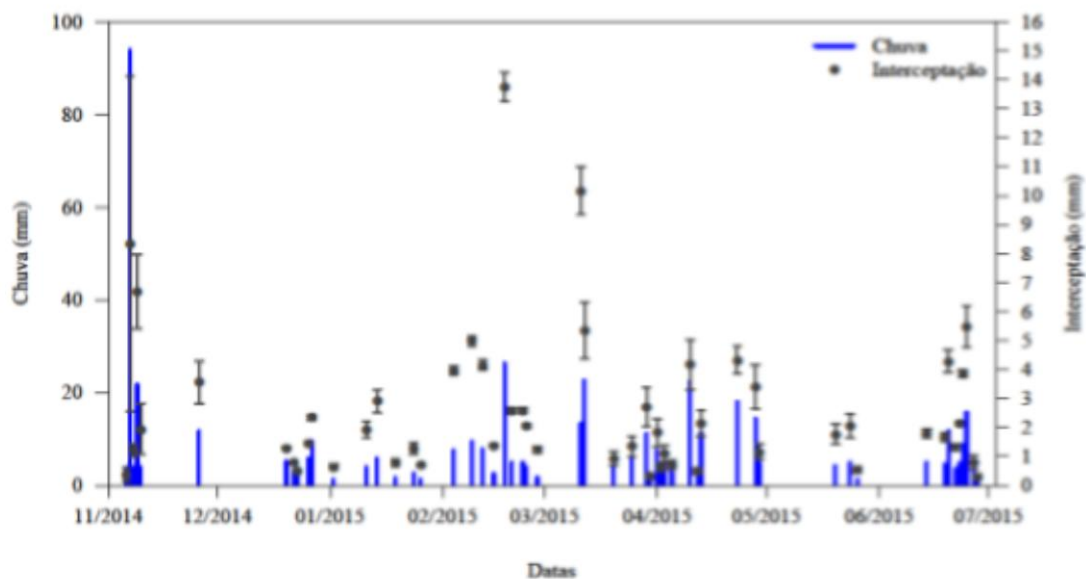


Figura 2. Medidas de chuva e de interceptação em área de caatinga em Serra Talhada-PE

Aproximadamente 54% dos dias de chuva acumularam menos que 5 mm, enquanto que pouco mais de 9% foram maiores do que 20 mm. Foi registrado apenas uma chuva acima de 60 mm, no dia 17/11/2014, que correspondeu a 1,85% do total das chuvas diárias. No geral, os valores de chuvas do presente estudo estão em equivalência com o que ocorre na região, com as chuvas mais intensas concentradas nos meses de novembro a março (Figura 2).

Os principais parâmetros estatísticos para a chuva total, a interceptação e o NDVI da área de estudo são apresentados na Tabela 1. A menor interceptação nas parcelas foi de 27,4% e a maior foi de 31,7% da chuva total. Apesar da variabilidade natural da vegetação da caatinga, a variação da interceptação total entre as parcelas foi baixa, com diferença máxima de 20,2 mm, o que representa apenas 4,3% da chuva total. A porcentagem de água interceptada por evento de chuva variou entre 2,8 até 82,6%, com média geral de 35,5% de chuva interceptada. Esse percentual médio interceptado é considerado alto quando comparado aos reportados por Medeiros et al. (2009) e Izidio et al. (2013), que ao estudarem interceptação em caatinga, encontraram valores iguais a 13,0% e 17,9%, respectivamente.

Tabela 1. Estatística descritiva para a chuva, a interceptação e o NDVI no período de estudo, para área de Caatinga, Serra Talhada-PE.

Estatística descritiva	Chuva (mm)	Interceptação (mm)				NDVI			
		Parcelas				Parcelas			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Mínimo	1,31	0,11	0,24	0,20	0,26	0,20	0,21	0,12	0,24
Máximo	93,98	13,78	13,70	14,39	15,23	0,56	0,58	0,59	0,61
Média	8,75	2,40	2,53	2,69	2,77	0,32	0,38	0,31	0,41
Mediana	4,93	1,60	1,70	1,88	1,81	0,28	0,40	0,28	0,40
Somatório	472,59	129,5	136,5	145,1	149,7	-	-	-	-
Erro padrão	1,81	0,32	0,36	0,34	0,42	0,04	0,04	0,05	0,04
Variância	176,23	5,69	7,04	6,37	9,42	0,02	0,02	0,02	0,02
Desvio padrão	13,28	2,39	2,65	2,52	3,07	0,13	0,14	0,15	0,13

Conforme constatado pelo teste de Shapiro-Wilk, pode-se admitir que o conjunto de dados de NDVI tem distribuição normal, pois a significância obtida é maior do que 0,05. Por outro lado, um baixo valor de significância ($p < 0,01$) indica que os dados de chuva e de interceptação diferem significativamente de uma distribuição normal.

O modelo de Aston (1979) (Eq. 2) foi ajustado aos dados de interceptações obtidos para as quatro parcelas, apresentando um ajuste adequado nas estimativas dos parâmetros de interceptação (S_{max} e k) de acordo com os valores de R^2 e o erro quadrático médio (RMSE)(Figura 3). As parcelas 2 e 4 (Figura 3B e 3D) apresentaram os melhores ajustes para o conjunto de dados. Os ajustes para a parcela 1 e 3 (Figura 3A

e 3C) foram semelhantes, assim como para as parcelas 1 e 4 (Figura 3A e 3D). A parcela 1 e 3 (Figura 3A e 3C) encontram-se na parte de maior altitude da área de estudo, sendo distantes aproximadamente 150 m e possuem uma densidade de vegetação similar. O mesmo acontece com as parcelas 2 e 4 (Figura 3B e 3D), no qual encontram-se na parte inferior da área de estudo e distantes aproximadamente de 200 m.

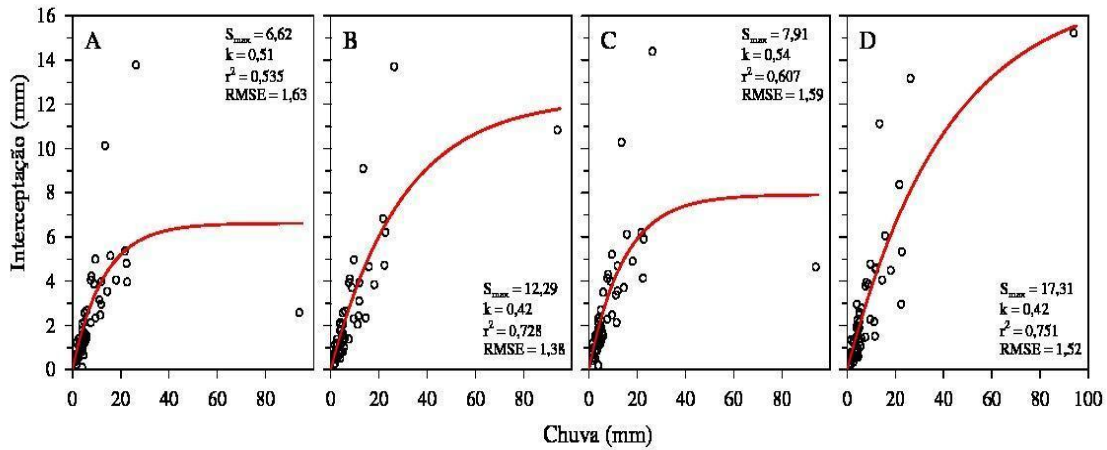


Figura 3. Precipitação versus interceptação e modelo ajustado para as parcelas de estudo em área de caatinga: A – Parcela 1, B – Parcela 2, C – Parcela 3 e D – Parcela 4.

A parcela 4 (Figura 3D) apresentou incrementos de 119 e 161% na capacidade de armazenamento de água (S_{max}) pelo dossel, quando comparada com as parcelas 3 e 1; e um incremento de 41 % em S_{max} , quando comparada com a parcela 2 (Figura 3B). Isso se deve ao fato da parcela 4 (Figura 3D) apresentar maior densidade de vegetação, justificado pela maior média do NDVI (0,41)(Tabela 1). A pouca variação nos valores do parâmetro k indica que a estrutura organizacional das assembleias de plantas proporcionam praticamente as mesmas aberturas de dossel para as parcelas 1 e 3 (Figura 3A e 3C), e as mesmas para as parcelas 2 e 4 (Figura 3B e 3D). O parâmetro k representa a drenagem do dossel antes do S_{max} ser atingido, ou seja, quanto menor for o valor de k , mais água é necessário para que o dossel atinja S_{max} (Figura 3).

Como a resposta da vegetação só acontece dias após a chuva, a associação do armazenamento máximo no dossel (S_{max}) com o NDVI máximo não evidencia uma boa correlação, o que justifica a sua associação com o ponto médio do intervalo entre os valores de NDVI médio e o máximo ($N' = [NDVI_{medio} + NDVI_{max}]/2$) para todo o período analisado (Figura 4).

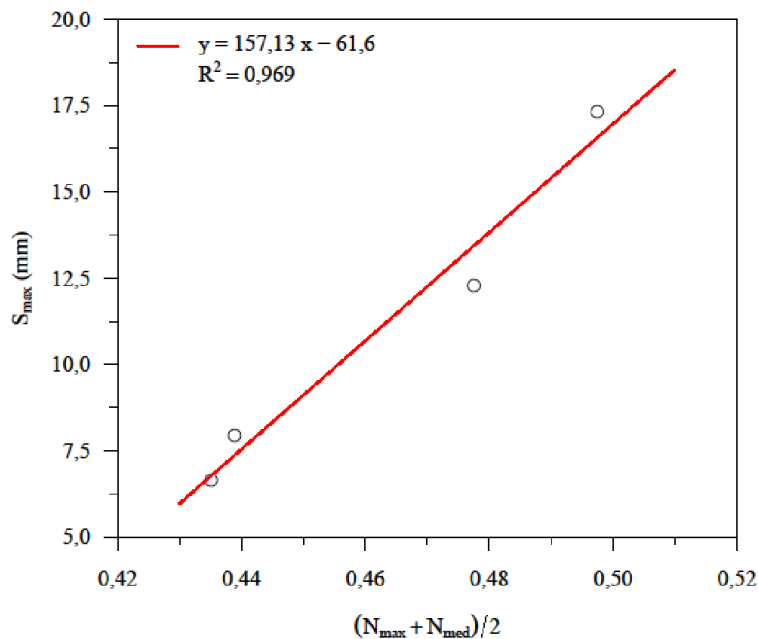


Figura 4. Correlação entre o parâmetro S_{\max} e o N' e para a Caatinga no município de Serra Talhada- PE.

Foi obtida uma correlação significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre o S_{\max} e o N' (Figura 4). Como a resposta da vegetação só acontece dias após a chuva, a associação do armazenamento máximo no dossel (S_{\max}) com o NDVI máximo não evidencia uma boa correlação, o que justifica a sua associação com o ponto médio do intervalo entre os valores de NDVI médio e o máximo ($N' = \text{NDVI}_{\text{med}} + \text{NDVI}_{\text{max}}/2$) para todo o período analisado (Figura 4).

A alta correlação para o parâmetro S_{\max} e o N' está associada a fenologia da caatinga, uma vez que as parcelas de estudo possuem uma variação na densidade da vegetação. Sendo assim, nas parcelas em que a vegetação estava mais densa foram encontrados maiores valores para S_{\max} e conseqüentemente foram observados maiores valores de N' (Figura 4). As diferenças de cotas e de textura do solo entre parcelas foram essenciais para identificar diferenças no comportamento fenológicos das espécies predominantemente. As parcelas localizadas nas cotas mais elevadas e com textura argilosa apresentam maior disponibilidade hídrica, o que proporcionaram uma maior longevidade foliar e maior interceptação de água pela caatinga. Boas correlações também foram encontradas para duas florestas com estruturas diferentes na China ($R^2=0,82$ e $R^2=0,91$) entre os dados observados e os estimados pelo modelo RS-Gash, no qual utiliza-se de imagens de satélite e considera a vegetação (floresta) para estimar a interceptação (CUI & JIA, 2014).

A modelagem permitiu extrapolar a variação do S_{\max} e da interceptação para uma área de 114 ha na microbacia de estudo e seus mapas são apresentados na Figura 5. Apenas 16,45% da área tem uma capacidade de armazenamento máxima do dossel menor do que 8,28 mm, 38,81 % entre 8,28 – 12,0 mm e 42,67% entre 12,0 -19,3 mm e apenas 2,05% ficou acima de 19,3 mm, com o maior valor de 23,22 mm (Figura 5A). Nas regiões com S_{\max} maior do que 12 mm, a interceptação total foi em torno de 172 mm (maior classe de interceptação total).

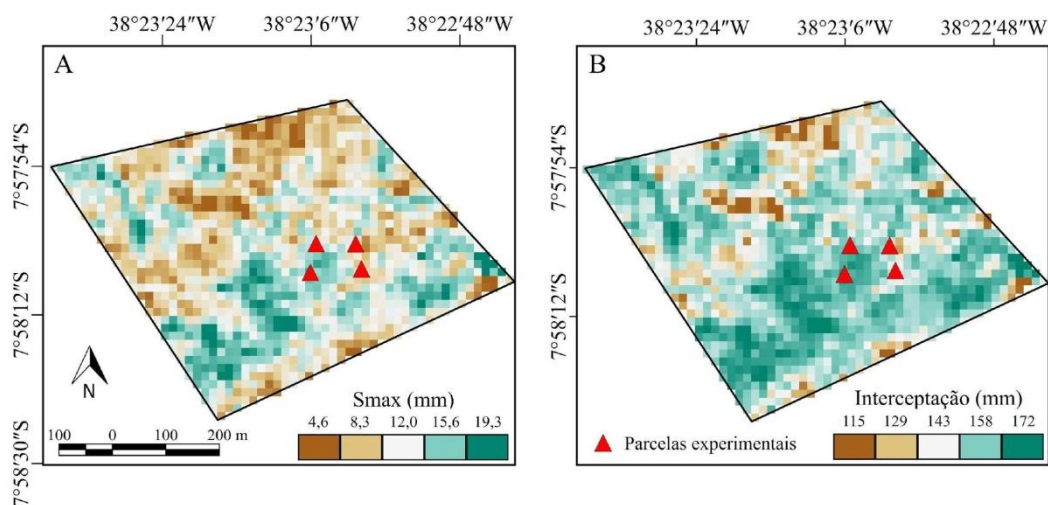


Figura 5. Capacidade de armazenamento do dossel (S_{\max}) e interceptação total (I) em área de caatinga de microbacia localizada na Fazenda Buenos Aires, Serra Talhada-PE.

Os valores de S_{\max} acima de 12,0 mm (Figura 4A), corresponderam a 44,72% da área extrapolada, o que aproxima mais dos valores experimentais encontrados nas parcelas 2 e 4 (Figura 3B e 3D). Os solos dessas parcelas estão em regiões de maior depressão e normalmente possuem maior concentração de argila, o que proporciona maior captação e maior retenção de água nesses solos. Já os valores de S_{\max} entre 4,6 – 12 mm corresponderam a 55% da área, valores próximos aos encontrados em campo nas parcelas 1 e 3 (Figura 3A e 3C).

Durante o experimento, a maior parte da área de caatinga (74,29%), delimitada por uma vegetação com estrutura de dossel similar, apresentou valores totais de interceptação entre 143 e 172 mm (Figura 5B). A menor interceptação total modelada para o período estudado foi 44,17 mm e a maior 178,10 mm, sendo que apenas 1,97% da área apresentou interceptação menor do que 115 mm e 2,44% da área a interceptação foi maior do que 172 mm. As regiões com valores de S_{\max} de 12,0 e 19,3 mm apresentaram interceptação total semelhantes (Figura 5A). Essas regiões compreendem 74,4% da área de estudo e a interceptação total foi entre 143 e 172 mm (Figura 5B).

A interceptação modelada variou de 24,33 a 36,40%, o que corresponde a um valor médio de 30,37% desse intervalo. Esse valor médio diferiu apenas 5,13% da porcentagem da interceptação observada para as quatro parcelas (35,5%). As regiões com baixas interceptações estão relacionadas com a espécie de plantas que ocorrem nessas localidades.

CONCLUSÕES

1. Foi possível realizar a modelagem da interceptação para área estudada utilizando um modelo exponencial para estimativa da interceptação da chuva em área de caatinga.
2. A capacidade de armazenamento máximo (S_{max}) apresentou uma boa correlação com o NDVI, o que possibilitou espacializar a interceptação da água da chuva na área estudada.
3. A interceptação modelada foi similar aos valores da interceptação observada em campo, sendo assim, recomenda-se a aplicação do método para a estimativa da interceptação em áreas de caatinga.

AGRADECIMENTOS

Ao Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga (ONDACBC-INCT), aprovado na chamada pública MCTI/CNPQ/CAPES/FAPS N° 16/2014 PROGRAMA INCT e financiado pela FACEPE, CAPES (processo N° 88887.136369/2017-00) e CNPq (processo N° 465764/2014- 2).

REFERÊNCIAS

- ASTON, A. R. Rainfall interception by eight small trees. **Journal of hydrology**, v. 42, n. 3, p. 383-396, 1979.
- BORGES, T. K. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, T. E. M.; SILVA, D. D.; SILVA Jr, V. P. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1862:1873, 2014.
- CARLYLE-MOSES, D. E.; PARK, A. D.; CAMERON, J. L. Modelling rainfall interception loss in forest restoration trials in Panama. **Ecohydrology**, v. 3, n. 3, p. 272-283, 2010.
- CUI, Y.; JIA, L. A modified Gash model for estimating rainfall interception loss of forest using remote sensing observations at regional scale. **Water**, v. 6, p. 993-1012, 2014.
- IZIDIO, N. S. C. de; PALÁCIO, H. A. Q. de; ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO NETO, J. R. de; BATISTA, A. A. Interceptação da chuva pela vegetação da caatinga em microbacia no semiárido cearense. **Revista Agroambiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 44-52, 2013.
- JONG. S. M.; JETTEN, V. G. Estimating spatial patterns of rainfall interception from remotely sensed vegetation indices and spectral mixture analysis. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 21, n. 5, p. 529-545, 2007.
- KURAJI, K.; TANAKA, N. Rainfall Interception Studies in the Tropical Forests. **journal of the japanese forestry society**, v. 85, n. 1, p. 18-28, 2003.

LOURENÇÃO, A.; HONDA, E.A. Influência do reflorestamento com essências nativas sobre a infiltração da água e a velocidade do escoamento superficial. **Revista do Instituto Florestal Série Registros**, n.31, p. 33-37, 2007.

MEDEIROS, P. H. A.; ARAÚJO, J. C.; BORNSTERT, A. Interception measurements and assessment of Gash model performance for a tropical semiarid region. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 165-174, 2009.

MOURA, A. E. S.; CORREA, M. M.; SILVA, E. R.; FERREIRA, R. L. C.; FIGUEIREDO, A. C.; POSSAS, J. M. C. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da mata atlântica na bacia do Prata, Recife-PE. **Revista Árvore**, v. 33, p. 461-469, 2009.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 9–15, 2005.

PRANCE, G.T. 1987. Vegetation. In: WHITMORE. T. C. & PRANCE. G. T. (eds.). Biogeography and Quaternary history in tropical America. **Oxford Science Publications**, Oxford, Reino Unido. p. 28-45.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015.

RODRIGUES, V. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; TARJUELO, J. M.; SARTORI, M. M. P.; CANALES, A. R. Avaliação do escoamento e interceptação da água das chuvas. **Revista Irriga**, Botucatu-SP, Edição especial, 50 anos Irriga + 50 anos FCA, , v. 1, n. 1 p. 1-13, 2015.

SÁ, J. H. M. Monitoramento e modelagem do processo de interceptação da chuva de uma bacia coberta por floresta ombrófila mista. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3ª ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, p. 353, 2013,

SOUZA, R.; FENG, X.; ANTONINO, A.; MONTENEGRO, S.; SOUZA, E.; PORPORATO, A. Vegetation response to rainfall seasonality and interannual variability in tropical dry forests. **Hydrological Processes**, AGU Fall Meeting, v. 30, n. 20, p. 3583-3595, 2016.

MONITORAMENTO DE UMIDADE DO SOLO EM BANANEIRA UTILIZANDO TENSIOLOGIA

Jucicléia Soares da Silva ¹, Luís Fernando de Souza Magno Campeche ²,
Vital Pedro da Silva Paz ³, Dayanne Kelly Soares Santana ⁴,
Willian Fernandes de Almeida ⁵

¹ Pós-doutoranda, Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia, E-mail: jucicleiass@gmail.com;

² Professor, IF Sertão Pernambucano, Petrolina – Pernambuco. Email: lfsmcamp@gmail.com;

³ Professor Titular, NEAS, UFRB, Cruz das Almas - Bahia. Email: vpspaz@gmail.com;

⁴ Graduanda, IF Sertão Pernambucano, Petrolina-Pernambuco. Email: dayannekss2@hotmail.com;

⁵ Pós-doutorando, NEAS, UFRB, Cruz das Almas – Bahia. Email: wifatec@yahoo.com.br.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi determinar a umidade, utilizando a técnica de monitoramento por tensiometria de punção digital. O experimento foi conduzido na área agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão Pernambucano), no Campus Petrolina Zona Rural, situado no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho em Petrolina – PE. Foram considerados 1,1 hectares da área de produção de banana, variedade Pacovan, com 2 anos de idade. Foram realizadas na área coletas de solo indeformadas, para obtenção da curva de retenção da água pelo solo. Para tanto, foram instaladas duas baterias de tensiômetros de punção digital para acompanhar a umidade de solo nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 m. Concluiu-se que a umidade do solo nas camadas mais inferiores obteve valores maiores que nas camadas superficiais.

PALAVRAS-CHAVE: Potencial matricial, tensiômetros, banana.

SOIL MOISTURE MONITORING USING BANANA TENSIOLOGY

ABSTRACT: The objective of this work was to determine the humidity, using the technique of monitoring by digital puncture tensiometry. The experiment was conducted in the agricultural area of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Sertão Pernambucano (IF Sertão Pernambucano), in the Petrolina Rural Campus, located in the Irrigated Perimeter Senator Nilo Coelho in Petrolina - PE. 1.1 hectares of banana production area, Pacovan variety, at the age of 2 years were considered. Unformed soil samples were collected in the area to obtain the soil water retention curve. For this, two batteries of digital puncture tensiometers were installed to monitor soil moisture at depths of 0-0.2 and 0.2-0.4 m. It was concluded that the soil moisture in the lower layers obtained higher values than in the superficial layers.

KEY-WORDS: matric potential, tensiometer, banana.

INTRODUÇÃO

O estudo do ambiente físico no qual a planta se desenvolve, particularmente o solo, poderá trazer técnicas de manejo mais apropriadas para a racionalização do uso da água, para minimizar o impacto ambiental e para a obtenção de frutos com a qualidade desejada.

Uma das maiores dificuldades na utilização de tensiômetros no manejo da irrigação é a variabilidade espacial do solo. As diferentes curvas de retenção da água dentro de uma mesma área irrigada em solos diferentes demonstram que uma mesma leitura no tensiômetro ou qualquer outro equipamento poderá indicar diferentes níveis de umidade no solo, o que expõe a verdadeira magnitude do problema. Identificar esta variação espacial nas áreas irrigadas é fundamental e permitirá utilizar de maneira mais racional estes equipamentos.

Diferentes curvas de retenção permitirão estabelecer diferentes turnos de rega e volumes de água aplicados por irrigação numa mesma propriedade.

No entanto, ao realizar o manejo da irrigação pelo monitoramento da tensão da água no solo, a fim de maximizar a eficiência de uso da água e o rendimento da cultura, é necessário conhecer a faixa de tensão que pode ser mantida no solo, sem comprometer o desenvolvimento e a produção da cultura.

O objetivo deste trabalho foi determinar a umidade, utilizando a técnica de monitoramento por tensiometria de punção digital.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão Pernambucano), no Campus Petrolina Zona Rural, situado no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho em Petrolina – PE, com as seguintes coordenadas geográficas: 9°20' latitude sul e 40°41' longitude oeste e aproximadamente 418m. Segundo a EMBRAPA (1999) o solo do local é classificado como Podzólico vermelho amarelo distrófico típico com profundidade média do perfil de 1,8 metro.

Foram considerados 1,1 hectares da área de produção de banana, variedade Pacovan, com dois anos de idade. O sistema utilizado na área é a micro aspersão, com microaspersores (Plastro, mod. Rondo) com vazão de 40 litros por hora e um emissor para cada duas plantas, no espaçamento de 3,5 x 2 m instalados na linha das plantas. A fertirrigação foi feita por um sistema de injeção de fertilizantes tipo “venturi”.

Foi realizada na área coleta para confecção da curva de retenção da água pelo solo. Os materiais utilizados foram uma enxada, uma par, uma marreta, uma sonda de amostragens de solo, quatro anéis de kopec, duas espátulas, um rolo de papel alumínio e uma bandeja de plástico. Foram realizadas nas áreas coletas de solo não deformadas nas profundidades de 0-30 e 30-60 cm, nos mesmos pontos de instalação dos tensiômetros, e foram enviadas para laboratório para análise.

A curva de retenção de água do solo relaciona valores de potencial matricial com a umidade do solo. Esta curva pode ser ajustada pelo modelo empírico de van Genuchten (DOURADO NETO, 1996).

$$U_a = U_r + \frac{U_s - U_r}{\left[1 + (P_m * a)^n\right]^m} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Em que,

U_a = umidade atual (cc/cc);

U_s = umidade de saturação (cc/cc);

U_r = umidade residual a -15000 cm.c.a. (cc/cc);

P_m = módulo do potencial matricial (cm.c.a.);

A , m e n = parâmetros empíricos determinados na análise de regressão.

Monitoramento por tensiômetro de punção digital este modelo de tensiômetro é semelhante ao com tensiômetro metálico, porém a tensão é registrada em um vacuômetro digital e o valor do potencial matricial é obtido utilizando a mesma expressão do tensiômetro de vacuômetro metálico, ou seja:

$$\Psi_m = -(LEITURA) + hc + z \quad [Eq. 01]$$

Em que,

Ψ_m = potencial matricial;

hc = a altura do tensiômetro digital em relação à superfície do solo;

z = profundidade da cápsula.

Foram utilizadas duas baterias de tensiômetros por área, totalizando quatro tensiômetros, nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade, até a profundidade efetiva do sistema radicular, como recomendada por Bassoi (2001) para esta cultura. Os tensiômetros tinham uma tampa de silicone na sua extremidade a qual podia ser lida a sua tensão por meio de um tensiômetro digital. As leituras foram feitas três vezes por semana preferencialmente no mesmo horário.

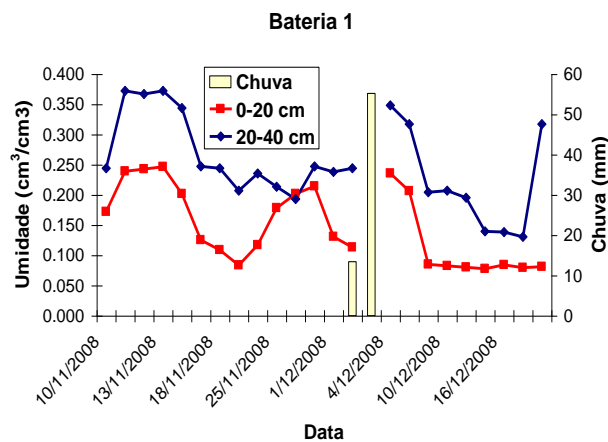
Utilizou-se o software SWRC v. 2.0 de Dourado Neto et al (2000) para ajuste da curva aos valores de umidade e potencial matricial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando a Figura 1, notou-se que a umidade do solo foi maior na profundidade de 0,20-0,40 m, em comparação com a camada de 0-0,20 m, para as duas baterias. Este fato pode ser explicado, pois as leituras eram tomadas sempre antes das irrigações, quando a camada superficial do solo se encontrava mais seca que as camadas mais profundas, visto que é na camada de 0-0,20 m que a variação de umidade era maior.

Observa-se também que logo após uma forte chuva (66 mm) entre os dias 2 e 30/12 a umidade aumenta nas duas baterias e nas duas profundidades. De modo geral, foi constatado que o solo se situou próximo à capacidade de campo durante o período de coleta, não tendo em nenhum período da cultura estresse hídrico (Tabela 1).

A.



B.

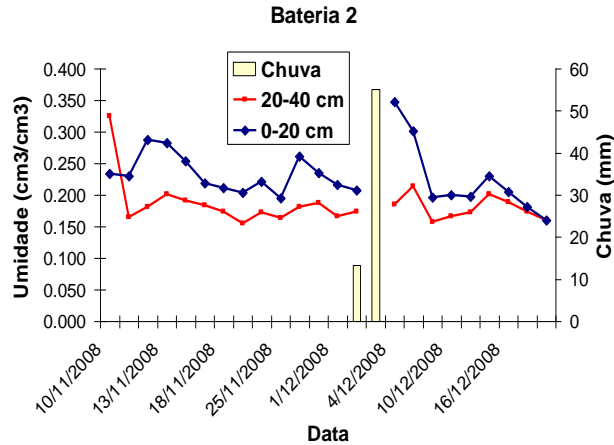


Figura 1. Valores de umidade e chuva para os dias coletados nas baterias de tensiômetros

Os resultados das análises da curva de retenção da água pelo solo, suas respectivas umidades (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de umidade e potencial matricial dos solos analisados.

Prof.	Saturado	6 kPa	10 kPa	30 kPa	50 kPa	100 kPa	500 kPa	1500 kPa
0-0,20 m	0,39	0,25	0,15	0,10	0,09	0,07	0,07	0,07
20-0,40 m	0,45	0,32	0,21	0,14	0,14	0,10	0,08	0,08

CONCLUSÕES

A umidade do solo nas camadas mais inferiores obteve valores maiores que nas camadas superficiais.

REFERÊNCIAS

BASSOI, L. H. et al. Grapevine root distribution for drip and microsprinkler irrigation. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.60, n.2, p.377-387, 2003.

DOURADO-NETO, D. et al. Curva de retenção: **SWRC** v.2.0. Piracicaba: FAPESP, 1996.

DOURADO-NETO, D. et al. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). *Scientia Agricola*, 57:191-192, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999.412p.

CARACTERÍSTICAS VOLUMÉTRICAS DO COLMO DA CANA-DE-AÇÚCAR CONFORME A POSIÇÃO DOS INTERNÓDIOS

Carlos André Alves de Souza¹, Kaique Renan da Silva Salvador², Luciana Sandra Bastos de Souza³, Magna Soelma Beserra de Moura⁴, Thieres George Freire da Silva³
¹Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, carlosandre08_@msn.com, ²Graduando, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, kaiquesalvador@gmail.com, ³Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, sandrabastos@yahoo.com.br, thieres_freire@yahoo.com.br, ⁴Pesquisadora, Agrometeorologia, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, magna.moura@embrapa.br

RESUMO: Objetivou-se identificar as características volumétricas dos colmos da cana-de-açúcar irrigada cultivada em sistema de cultivo sem e com a manutenção da palhada. O período experimental foi de 21 de agosto de 2015 a 28 de julho de 2016, em uma área de cana-de-açúcar com dois talhões, um sem a manutenção da palhada e o outro com 100% de cobertura, no município de Juazeiro, BA. Cinco plantas por talhão foram coletadas e os colmos separados para a contabilização das seguintes variáveis: número (NI, unidades), comprimento (CI) e largura (LI) dos internódios. A partir destes dados foi calculado o volume individual de cada internódio (VI). O colmo da cana-de-açúcar variou mais em comprimento do que largura nas diferentes posições dos internódios. Várias posições dos internódios revelaram os efeitos da palhada em campo sobre o CI, LI e VI ($p < 0,05$). Quanto ao VI não houve efeito significativo nos sistemas de plantio. Os maiores valores de VI ocorreram entre a 3ª e a 13ª posição. De modo geral, o volume total do internódio do sistema de cultivo com palha foi 12% menor em relação ao sistema de cultivo sem palha. Conclui-se que, o efeito da manutenção da palhada em campo foi evidenciada nas características volumétricas do colmo de cana-de-açúcar a depender da posição do internódio.

PALAVRAS-CHAVE: Diâmetro do colmo, Internódio, Manutenção da palhada.

VOLUMETRIC CHARACTERISTICS OF THE SUGARCANE STALK ACCORDING TO THE POSITION OF THE INTERNODES

ABSTRACT: The objective was to identify the volumetric characteristics of the stems of the irrigated sugar cane cultivated in a system of cultivation without and with the maintenance of the straw. The experimental period was from August 21, 2015 to July 28, 2016, in an area of sugarcane with two plots, one without the maintenance of straw and the other with 100% coverage, in the municipality of Juazeiro, BA. Five plants per plot were collected and the stems separated to account for the following variables: number (NI, units), length (CI) and width (LI) of internodes. From these data the individual volume of each internode (VI) was calculated. The height of the sugarcane varied more in length than width in the different positions of the internodes. Several internodes positions revealed the effects of field straw on IC, IL and IV ($p < 0.05$). As for VI, there was no significant effect on planting systems. The highest VI values occurred between the 3rd and 13th position. In general, the total volume of the internode of the straw-growing system was 12% lower than the straw-free system. It is concluded that the effect of straw maintenance was evidenced in the sugarcane stalk volumetric characteristics depending on the position of the internode.

KEY-WORDS: Stalk diameter, Internode, Straw maintenance.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura bastante relevante do agronegócio brasileiro, que apresenta alta capacidade de produção de colmos e de palhada (CONAB, 2016). Esta última pode ser mantida no campo, como cobertura morta, conservando a umidade do solo e melhorando o regime térmico, a microfauna e a disponibilização de nutrientes (SILVA et al., 2016).

O volume individual dos internódios é uma variável que possui relação com o rendimento final da cana-de-açúcar, podendo a mesma ser influenciada pela variedade e ambiente de cultivo (SINCLAIR et al., 2005; SILVA et al., 2012). Apesar disso, poucas são informações sobre o crescimento dos internódios ao longo da extensão do colmo. Logo, objetivou-se identificar as características volumétricas do colmo da cana-de-açúcar irrigada cultivada em sistema de cultivo sem e com a manutenção da palhada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Agroindústria do Vale do São Francisco S.A., localizada no município de Juazeiro, BA (9°29'47''S; 40°21'42''O, 400m de altitude), região semiárida do Nordeste Brasileiro. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo BSw^h, e solo é Vertissolo, de acordo com a Embrapa (2013).

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi VAT 90-212, conduzida durante o seu terceiro ciclo (ressoca), em fileiras duplas espaçadas em 0,7 x 1,30 m. O primeiro corte da cultura foi aos 18 meses e o segundo aos 12 meses, quando se iniciou o presente estudo. A irrigação foi realizada por gotejamento subsuperficial, com gotejadores enterrados a 0,20 m de profundidade e espaçados em 0,5 m, com vazão de 1,6 L h⁻¹.

A cultura foi imposta a dois sistemas de cultivo, cada um com 5,0 hectares, onde no primeiro, manteve-se a palhada como cobertura morta após o corte, e a outra com o corte seguido da queima. A cobertura do solo resultou em camada de 27,2 Mg ha⁻¹ de massa seca, formada por estruturas foliares (folhas e bainhas) e ponteiro (pseudocolmos e folhas emergentes). O experimento foi conduzido entre 21 de agosto de 2015 e 28 de julho de 2016, totalizando 342 dias.

Cinco plantas por talhão foram amostradas e conduzidas ao laboratório. Os colmos foram separados e as seguintes variáveis medidas: número (NI, unidades), comprimentos (CI, cm) e larguras (LI, mm) dos internódios. Todos os procedimentos biométricos seguiram a metodologia descrita por Silva et al. (2012).

A partir dos dados biométricos de comprimento (CI, cm) e largura do internódio (LI, mm) foi estimado o volume dos internódios da cultura (VI, cm³), assumindo cada internódio como um cilindro perfeito:

$$VI = (\pi.(LI/10)^2/4).CI \quad (1)$$

em que, 10 é o fator de conversão de mm para cm.

Os dados foram submetidos a testes de normalidade e como os seus resíduos apresentaram distribuição normal foram tratados pela ANOVA e teste F de Fisher. Todos os procedimentos estatísticos foram feitos no aplicativo XLSTAT v.2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores diferenças do CI e da LI entre os sistemas de cultivo foram verificadas nas primeiras posições dos colmos, embora em muitos casos não tenha sido significativa. Essas posições refletem o início do ciclo da cultura, quando possivelmente deve verificar as maiores discrepâncias (Figura 1 A e B). Constatou-se que a manutenção da palhada em campo reduziu o comprimento e a largura dos internódios da cultura. Segundo Alvarez et al. (1999), este resultado está relacionado com a redução de luminosidade promovido pela cobertura do solo na fase inicial de crescimento, o que torna os colmos mais finos. Além de efeitos no crescimento, Olivier e Singels (2015) também constataram a redução do desenvolvimento da cana-de-açúcar por causa da presença da palha no campo.

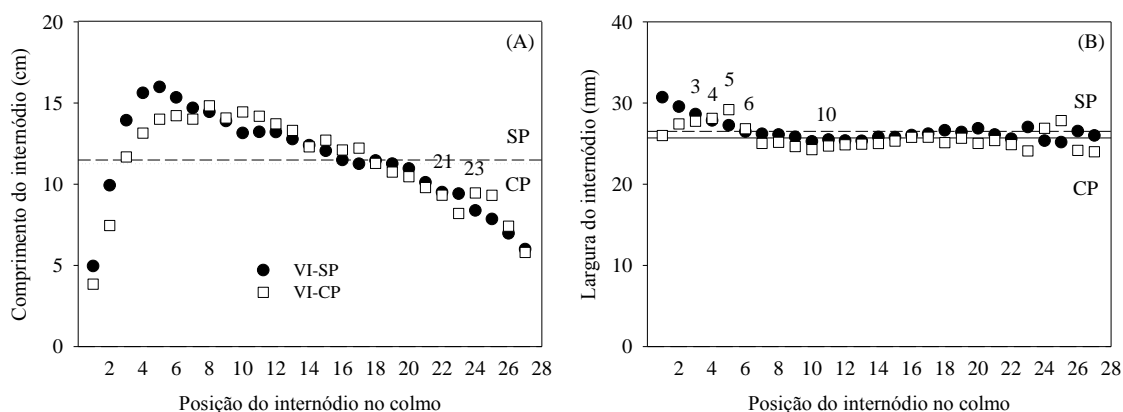


Figura 1. Comprimento e largura do internódio em relação a sua posição no colmo da cana-de-açúcar em sistemas de cultivo sem e com manutenção da palhada acima do solo, em Juazeiro, BA. Os números dentro dos gráficos indicam as posições que exibiram diferença significativa, ao nível de significância de 5% pelo teste paramétrico F de Fisher (comparação entre duas amostras). ns - diferença não significativa.

Como consequência dos efeitos da cobertura morta no CI e na LI, o volume dos internódios apresentaram diferenças entre os dois sistemas de cultivo em várias posições (Figura 2). Embora não significativas essas distinções são bem evidentes nas primeiras posições, sugerindo a limitações iniciais provocadas pela camada de cobertura do solo.

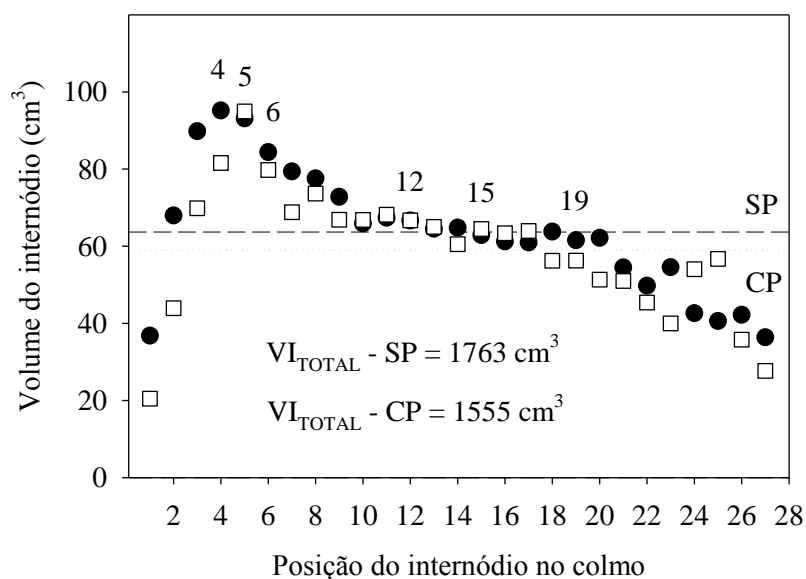


Figura 2. Volume do internódio em relação a sua posição no colmo da cana-de-açúcar em sistemas de cultivo sem e com manutenção da palhada acima do solo, em Juazeiro, BA. Os números dentro dos gráficos indicam as posições que exibiram diferença significativa, ao nível de significância de 5% pelo teste paramétrico F de Fisher (comparação entre duas amostras). ns - diferença não significativa.

As dimensões caulinares variaram mais em comprimento (CI) do que em largura (LI), diante das posições dos internódios. Enquanto, os maiores volumes individuais dos internódios ocorreram entre a 3ª e a 13ª posição (Figura 2). Segundo Silva et al. (2012), este aumento está relacionado a alta taxa de alongação da estatura dos colmos, a qual é bem superior a taxa de expansão do diâmetro durante o período de aparecimento destes internódios, o qual é caracterizado pela fase de maior desenvolvimento da cultura. De modo geral, o volume total do internódio do sistema de cultivo com palha foi 12% menor em relação ao sistema de cultivo sem palha.

CONCLUSÕES

O efeito da manutenção da palhada em campo foi evidenciada nas características volumétricas do colmo de cana-de-açúcar a depender da posição do internódio.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da Bolsa de pós-graduação; à Usina Agroindústria do Vale do São Francisco S.A, pela concessão da área experimento.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, I. A. et al. Crescimento da parte aérea de cana crua e queimada, **Scientia Agrícola**, Fortaleza, v. 56, n. 4, p. 1069-10799, 1999.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar. Safra 2015/16. Quarto Levantamento.** Brasília: CONAB, abril/2016. <<http://www.conab.gov>.

br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_14_09_06_31_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_15-16.pdf>. Acesso em: 26 de Abril de 2017. Abr. 2016.

OLIVIER, F. C.; SINGELS, A. Increasing water use efficiency of irrigated sugarcane production in South Africa through better agronomic practices. **Field Crops Research**, v. 176, p. 87-98, 2015.

SILVA, N. F. da et al. Cana-de-açúcar cultivada sob diferentes níveis de palhada. **Global Science Technology**, Rio Verde, v. 10, n. 1, p.159-168, 2016.

SILVA, T. G. F. da et al. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco, **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 500-509, 2012.

SINCLAIR, T. R.; GILBERT, R. A.; PERDOMO, R. E.; SHINED, J.M.; POWELL, G.; MONTES, G. Volume of individual internodes of sugarcane stalks. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 91, n. 1, p. 207-215, 2005.

EFEITO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS NO CRESCIMENTO DO SORGO IRRIGADO COM ÁGUA SALINA

Samy Herbet Mendes Tavares¹, Robson Alexsandro de Sousa², Virgínia Cláudia de Lima Menezes³, Damiana Cleuma de Medeiros⁴, Sidney Carlos Praxedes⁵

¹Estudante Curso Técnico em Agropecuária, Escola Agrícola de Jundiá - UFRN, Macaíba, RN, E-mail: shmrep@yahoo.com.br; ²Professor Doutor, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: rasousaufn@gmail.com; ³Engenheira Agrônoma, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: virginia.menezes@gmail.com; ⁴Professora Doutora, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: damianacm@hotmail.com; ⁵Professor Doutor, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: sidneypraxedes@gmail.com

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação e de compostos orgânicos sobre o crescimento do sorgo cv BRS Ponta Negra. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 23 kg de solo arenoso, em casa de vegetação. Os níveis de salinidade foram 0,2; 2,0; 4,0; e 6,0 dS m⁻¹. Os compostos orgânicos foram o esterco bovino curtido e o biofertilizante Ative®. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições, em esquema fatorial 4 x 3. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de planta e diâmetro do colmo. A salinidade da água de irrigação influenciou negativamente as variáveis avaliadas. Em contraste, o esterco bovino apresentou efeito positivo sobre as variáveis biométricas.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse salino, biofertilizante, esterco bovino.

EFFECT OF ORGANIC COMPOUNDS ON THE GROWTH OF IRRIGATED SORGHUM WITH SALINE WATER

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effects of salinity of irrigation water and organic compounds on the growth of sorghum cv BRS Ponta Negra. The plants were cultivated in pots containing 23 kg of sandy soil in a greenhouse. The salinity levels were 0.2; 2.0; 4.0; And 6.0 dS m⁻¹. The organic compounds were the tanned cattle manure and biofertilizer Ative®. The experimental design was completely randomized with five replicates, in a 4 x 3 factorial scheme. The following variables were evaluated: plant height and stem diameter. The salinity of irrigation water had a negative influence on the evaluated variables. In contrast, the cattle manure had a positive effect on the biometric variables.

KEY-WORDS: salt stress, biofertilizer, cattle manure.

INTRODUÇÃO

A água utilizada na irrigação, independente da fonte em que foi obtida, apresenta determinada concentração de sais; assim, o uso contínuo de áreas sob irrigação acarreta acúmulo desses sais no solo (MEDEIROS, GHEYI, NASCIMENTO, 2012). Alternativas vêm sendo utilizadas para minimizar os efeitos deletérios da salinidade sobre o solo e as plantas, como o uso de biofertilizantes e esterco bovino. Cavalcante et al. (2010) verificaram que houve efeito positivo no crescimento de mudas de goiabeira, em altura e diâmetro do caule, na presença de esterco bovino, mesmo sendo irrigadas com água salina. Sousa et al. (2014) observaram que o biofertilizante de caranguejo enriquecido atenua com mais eficiência o estresse salino sobre a altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar do feijão-caupi.

Apresentando uma moderada resistência à seca, o sorgo, uma planta C4, possui uma característica bromatológica semelhante ao milho, o que favorece ao processo de silagem (TABOSA et al., 2012). Em comparação com o feijão-de-corda, o sorgo mostrou-se mais tolerante ao ser submetido ao estresse salino (TRINDADE et al., 2006).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de dois compostos orgânicos sobre o crescimento de plantas de sorgo cv BRS Ponta Negra irrigado com água salina.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Escola Agrícola de Jundiá – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, pertencente à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, localizada no município de Macaíba –RN. Utilizou-se a cultura do sorgo cv. BRS Ponta Negra, classificada na categoria forrageiro de pequeno porte. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições no esquema fatorial 4 x 3, totalizando doze tratamentos. Foram estudados quatro níveis de salinidade da água de irrigação (0,2; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹); e, dois compostos orgânicos: sem composto orgânico (testemunha), esterco bovino curtido (20 t ha⁻¹) e biofertilizante Ative[®] (50 L ha⁻¹),

Para o preparo das soluções salinas, foram utilizados os sais de NaCl, dissolvidos em água de açude, obedecendo-se à relação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e sua concentração (mg L⁻¹ = 640 x CE). Na Tabela 1, observa-se a composição química das águas utilizadas para a irrigação no experimento.

Tabela 1. Composição química das águas de irrigação usadas no experimento.

Água	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	pH	CEa (dS m ⁻¹)	RAS
	mmol _c L ⁻¹									
S0	0,15	0,22	0,85	0,20	1,12	0,00	0,42	7,0	0,20	1,11
S1	0,50	0,50	21,35	0,15	19,81	0,00	0,33	6,4	2,00	15,69
S2	0,70	0,30	41,39	0,16	38,50	0,00	0,28	6,2	4,00	26,85
S3	0,50	0,50	56,35	0,15	54,15	0,00	0,24	6,2	6,00	37,03

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta – EMPARN. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação; RAS = relação de adsorção de sódio. S0 = água de açude do Bebo; S1 = solução salina 1; S2 = solução salina 2; S3 = solução salina 3.

O turno de rega foi diário. A quantidade de água aplicada no experimento foi estimada com o objetivo de o solo alcançar a sua capacidade de campo e o excesso de água percolasse adicionando-se uma fração de lixiviação de 15%, aproximadamente. Até o desbaste, utilizou-se água de Açude do Bebo (S0) para a irrigação.

Para a instalação do experimento, colocou-se aproximadamente 23 kg de solo arenoso (Tabela 2) em vasos plásticos de 32 cm de diâmetro na base maior e 24 cm de diâmetro na base menor e altura 34 cm, perfurados na face inferior.

Tabela 2. Atributos químicos e classificação textural do solo utilizado no experimento.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	SB	t	P	pH	CE _{es}	PST	V	Dg	T
cmol _c kg ⁻¹								(mg dm ⁻³)		(dS m ⁻¹)	(%)		(g cm ⁻³)	
0,8	0,7	0,05	0,13	1,82	0,65	1,7	3,5	1,31	5,0	0,1	1,0	49	1,46	Areia

Fonte: Laboratório de Solos e Água – DCS/CCA/UFC. SB = soma de bases; t = capacidade de troca catiônica efetiva; pH = pH em água (1:2,5); CE_{es} = condutividade elétrica do extrato de saturação; PST = porcentagem de sódio trocável; V = saturação por bases; Dg = densidade global; T = textura

Antes da semeadura, em fundação, aplicou-se o equivalente a 20 t ha⁻¹ de esterco bovino curtido, sendo homogeneizado na camada de 0-0,20 m nos vasos correspondentes a esse tratamento, cuja análise química está na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química do esterco bovino utilizado no experimento.

N	P	P ₂ O ₅	K ⁺	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Cu	Zn	Mn	CE _{eb}
g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				(dS m ⁻¹)	
5,9	2,4	5,5	0,8	1,00	14,1	4,7	1.150,80	19,8	135	145,9	2,63

Fonte: Laboratório de Solos e Água – DCS/CCA/UFC. CE_{eb} = condutividade elétrica do esterco bovino

A aplicação do biofertilizante Ative[®], Tabela 4, iniciou-se vinte dias após a semeadura, na dose de 50 L ha⁻¹, segundo recomendação do fabricante, nos vasos correspondentes a esse tratamento, colocando-se em cada vaso 0,5 mL/vaso/vez. O biofertilizante foi diluído em água não salina e aplicado semanalmente, no período da manhã, até o fim do período experimental, com a quantidade de 150 mL para cada vaso.

Tabela 4. Composição química do biofertilizante Ative[®] concentrado utilizado no experimento.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	pH	CE _b	RAS _b
mmol _c L ⁻¹								(dS m ⁻¹)	
246,6	80,4	70,11	10,3	900,00	0,00	0,00	2,8	704,00	5,5

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas – DCAT/UFERSA. CE_b = condutividade elétrica do biofertilizante. RAS_b = Relação de adsorção de sódio do biofertilizante

A semeadura foi realizada colocando-se dez sementes de sorgo em cada vaso. A germinação ocorreu cinco dias após o plantio, sendo o desbaste realizado após dez dias, deixando-se duas plantas por vaso. Em seguida, iniciou-se a aplicação de água salina nos tratamentos correspondentes. A adubação química constituiu na aplicação de ureia (0,94 g vaso⁻¹), cloreto de potássio (0,49 g vaso⁻¹) e superfosfato simples (1,96 g vaso⁻¹), seguindo a recomendação para a cultura.

Foram realizadas medições de altura da planta, utilizando-se uma trena, medindo-se da superfície do solo até a inserção da folha mais nova; e, diâmetro do colmo + bainhas com um paquímetro digital Insize, a uma altura de 10 cm a partir da superfície do solo. As medições foram realizadas em intervalos de dez dias após a semeadura.

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com $p < 0,05$ (comparação dos compostos orgânicos) utilizando-se o programa ASSISTAT 7.6 Beta. A análise de regressão foi empregada para a avaliação dos efeitos da salinidade da água de irrigação e da interação, quando significativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variável altura de plantas apresenta comportamento linear decrescente com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 1A), com valores de redução de 46 (SC), 42 (EB) e 39% (Bio) no tratamento de maior salinidade, em relação ao menor nível (CE_a = 0,2 dS m⁻¹), sendo que para cada incremento unitário da salinidade da água houve decréscimo de 3,59, 7,46 e 3,44 cm na altura das plantas, para os tratamentos testemunha, esterco bovino e biofertilizante, respectivamente, atingindo os menores valores de 24,33 (SC), 58,93 (EB) e 30,74 cm (Bio), na maior salinidade. Segundo Taiz

e Zeiger (2009), esse resultado relaciona-se diretamente a redução do potencial hídrico do solo, limitando assim, a absorção de água pelas raízes, interferindo diretamente em processos de alongamento e divisão celular e, conseqüentemente, no crescimento das plantas.

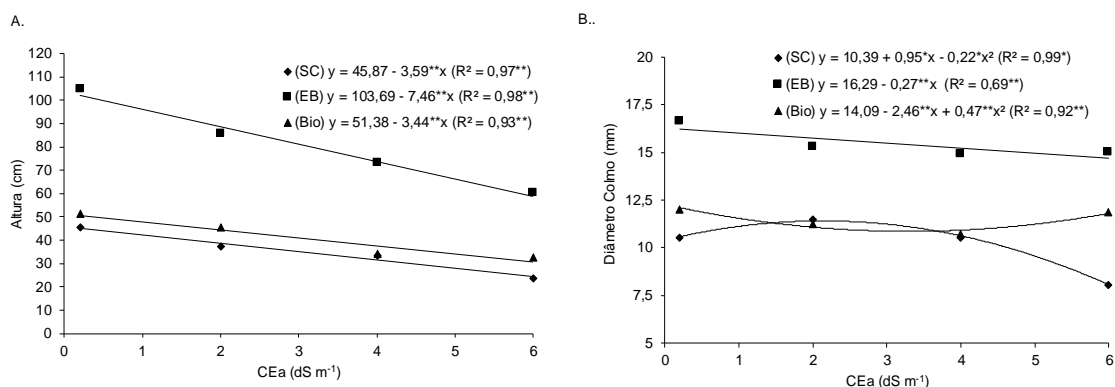


Figura 1. Valores médios de altura de plantas (A) e diâmetro do colmo (B) do sorgo em função da salinidade da água de irrigação. SC = testemunha; EB = esterco bovino; Bio = biofertilizante Atime®. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação.

O comportamento do diâmetro do colmo + bainhas em relação à salinidade da água de irrigação está representado na Figura 1B. Observa-se que ao usar o esterco bovino ocorre redução de 9%, em relação ao menor nível de salinidade. Com o biofertilizante, ocorre decréscimo de 19%, em relação ao menor de salinidade até a salinidade igual a 2,61 dS m⁻¹, quando ocorre aumento de 33% até o maior nível de salinidade. Já nos tratamentos sem compostos orgânicos, apesar de ligeiro aumento (8%) nos primeiros níveis de salinidade, a partir da CEa = 2,15 dS m⁻¹, ocorre redução de 22% nesta variável. Deve-se destacar a possibilidade do efeito tóxico dos íons sódio e cloro sobre o metabolismo celular que ocasiona tal redução. Entretanto, a aplicação do esterco bovino e do biofertilizante, na CEa = 6,0 dS m⁻¹, elevou os valores do diâmetro do colmo + bainhas das plantas de sorgo, em torno de 55 e 50%, respectivamente, em relação aos tratamentos sem compostos orgânicos. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Cavalcante et al. (2010) e Ribeiro et al. (2013).

CONCLUSÕES

Houve decréscimo de todas as variáveis com o aumento da salinidade da água de irrigação mesmo com a aplicação dos compostos orgânicos;

Com a presença do esterco bovino, observaram-se os maiores valores das variáveis biométricas, independente do incremento da salinidade.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTE, L.F. et al. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 251-261, 2010.

MEDEIROS, J.F., NASCIMENTO, I.B.; GHEYI, H.R. Manejo do solo-água-plantas em áreas afetadas por sais. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE., parte III, cap 16, p. 279-302. 2010.

RIBEIRO, A. A. et al. Crescimento inicial do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina em dois substratos. **Revista Verde (Mossoró)**, v. 8, n. 3, p. 133- 242, jul – set, 2013.

SOUSA, G. G. et al. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista agro@mbiente on-line**, v.8. n.3, p.359-367, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 848p

TABOSA, J. N. et al. Genótipos de Sorgo Forrageiro no Semiárido de Pernambuco e Alagoas – Estimativas de Parâmetros Genéticos de variáveis de Produção. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia, São Paulo, 2012. **Anais...**

TRINDADE, A. R. et al. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.804-810, 2006.

VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO DO SORGO EM FUNÇÃO DA SALINIDADE DA ÁGUA E COMPOSTOS ORGÂNICOS

Cláudia Larissa Bernardo da Silva¹ Robson Alexandro de Sousa², Virgínia Cláudia de Lima Menezes³, Damião Ferreira da Silva Neto⁴, Sidney Carlos Praxedes⁵

¹Acadêmica de Graduação em Engenharia Agrônoma, Escola Agrícola de Jundiá, UFRN, Macaíba, RN, E-mail: larissaclaudia9@gmail.com; ²Professor Doutor, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: rasousaufrn@gmail.com; ³Engenheira Agrônoma, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: virginia.menezes@gmail.com; ⁴Acadêmico de Graduação em Engenharia Agrônoma, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: damiaoneto222@gmail.com; ⁵Professor Doutor, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: sidneypraxedes@gmail.com

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento do sorgo cv. BRS Ponta Negra e aplicação de esterco bovino e biofertilizante. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 23 kg de solo arenoso, em casa de vegetação. Os níveis de salinidade foram 0,2; 2,0; 4,0; e 6,0 dS m⁻¹. Os compostos orgânicos foram o esterco bovino curtido e biofertilizante Ative®. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições, em esquema fatorial 4 x 3. Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa seca total e área foliar total. A salinidade da água de irrigação influenciou negativamente as variáveis avaliadas independente da aplicação do esterco bovino e do biofertilizante.

PALAVRAS-CHAVE: *Sorghum bicolor*, irrigação, matéria orgânica.

GROWTH VARIABLES OF SORGHUM IN THE FUNCTION OF WATER SALINITY AND ORGANIC COMPOUNDS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effects of salinity of irrigation water on the growth of sorghum cv. BRS Ponta Negra and application of bovine manure and biofertilizer. The plants were cultivated in pots containing 23 kg of sandy soil in a greenhouse. The salinity levels were 0.2; 2.0; 4.0; And 6.0 dS m⁻¹. The organic compounds were the tanned cattle manure and biofertilizer Ative®. The experimental design was completely randomized with five replications, in a 4 x 3 factorial scheme. The following variables were evaluated: total dry mass and total leaf area. The salinity of the irrigation water negatively influenced the evaluated variables independent of the application of cattle manure and biofertilizer.

KEY-WORDS: *Sorghum bicolor*, irrigation, organic matter.

INTRODUÇÃO

Gradativamente, a água disponível para consumo humano e para a prática agrícola, vem sendo reduzida tanto em qualidade como em quantidade, sendo necessário o uso alternativo de água de qualidade inferior para atender a demanda da irrigação na região do semiárido Nordeste (SILVA et al., 2014), cujo o elevado déficit hídrico contribui também para o incremento da salinidade da água e do solo nas áreas irrigadas (MONTENEGRO et al., 2013). Várias alternativas para minorar os efeitos da água salina, tanto no solo quanto nas plantas, vêm sendo testadas (LACERDA et al., 2010) dentre elas a aplicação de matéria orgânica de forma a ocorrer o desenvolvimento das plantas mesmo em condições adversas.

O sorgo é considerado tolerante à salinidade apresentando-se como alternativa de substituição do milho na alimentação animal bem como utilização na alimentação

humana devido ao grande teor de proteína, amido e outros nutrientes, além de ser uma importante fonte de produção de forragem nas regiões semiáridas especialmente, no semiárido Nordeste, devido à sua adaptabilidade a baixos índices pluviométricos e altas temperaturas (AVELINO et al., 2011).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de dois compostos orgânicos sobre o crescimento de plantas de sorgo cv BRS Ponta Negra irrigado com água salina.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Escola Agrícola de Jundiá – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, pertencente a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, localizada no município de Macaíba –RN. Utilizou-se a cultura do sorgo cv. BRS Ponta Negra, classificada na categoria forrageiro de pequeno porte. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições no esquema fatorial 4 x 3, totalizando doze tratamentos. Foram estudados quatro níveis de salinidade da água de irrigação (0,2; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹); e, dois compostos orgânicos: sem composto orgânico (testemunha), esterco bovino curtido (20 t ha⁻¹) e biofertilizante Ative® (50 L ha⁻¹),

Para o preparo das soluções salinas, foram utilizados os sais de NaCl, dissolvidos em água de açude, obedecendo-se à relação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e sua concentração (mg L⁻¹ = 640 x CE). Na Tabela 1, observa-se a composição química das águas utilizadas para a irrigação no experimento.

Tabela 1. Composição química das águas de irrigação usadas no experimento.

Água	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	pH	CEa (dS m ⁻¹)	RAS
	mmol _c L ⁻¹									
S0	0,15	0,22	0,85	0,20	1,12	0,00	0,42	7,0	0,20	1,11
S1	0,50	0,50	21,35	0,15	19,81	0,00	0,33	6,4	2,00	15,69
S2	0,70	0,30	41,39	0,16	38,50	0,00	0,28	6,2	4,00	26,85
S3	0,50	0,50	56,35	0,15	54,15	0,00	0,24	6,2	6,00	37,03

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta – EMPARN. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação; RAS = relação de adsorção de sódio. S0 = água de açude do Bebo; S1 = solução salina 1; S2 = solução salina 2; S3 = solução salina 3.

O turno de rega foi diário. A quantidade de água aplicada no experimento foi estimada com o objetivo de o solo alcançar a sua capacidade de campo e o excesso de água percolasse adicionando-se uma fração de lixiviação de 15%, aproximadamente. Até o desbaste, para a irrigação, utilizou-se água de Açude do Bebo (S0). Para a instalação do experimento, colocou-se aproximadamente 23 kg de solo arenoso (Tabela 2), predominante na região, em vasos plásticos de 32 cm de diâmetro na base maior e 24 cm de diâmetro na base menor e altura 34 cm, perfurados na face inferior.

Tabela 2. Atributos químicos e classificação textural do solo utilizado no experimento.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	SB	t	P	pH	CE _{es}	PST	V	Dg	T
cmol _c kg ⁻¹								(mg dm ⁻³)		(dS m ⁻¹)	(%)	(g cm ⁻³)		
0,8	0,7	0,05	0,13	1,82	0,65	1,7	3,5	1,31	5,0	0,1	1,0	49	1,46	Areia

Fonte: Laboratório de Solos e Água – DCS/CCA/UFC. SB = soma de bases; t = capacidade de troca catiônica efetiva; pH = pH em água (1:2,5); CE_{es} = condutividade elétrica do extrato de saturação; PST = porcentagem de sódio trocável; V = saturação por bases; Dg = densidade global; T = textura

Antes da semeadura, em fundação, aplicou-se o equivalente a 20 t ha⁻¹ de esterco bovino curtido, sendo homogeneizado na camada de 0-0,20 m nos vasos correspondentes a esse tratamento, cuja análise química está na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química do esterco bovino utilizado no experimento.

N	P	P ₂ O ₅	K ⁺	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Cu	Zn	Mn	CE _{eb}
g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				(dS m ⁻¹)	
5,9	2,4	5,5	0,8	1,00	14,1	4,7	1.150,80	19,8	135	145,9	2,63

Fonte: Laboratório de Solos e Água – DCS/CCA/UFC. CE_{eb} = condutividade elétrica do esterco bovino

A aplicação do biofertilizante Ative[®], Tabela 4, iniciou-se vinte dias após a semeadura, na dose de 50 L ha⁻¹, segundo recomendação do fabricante, nos vasos correspondentes a esse tratamento, colocando-se em cada vaso 0,5 mL/vaso/vez.

Tabela 4. Composição química do biofertilizante Ative[®] concentrado utilizado no experimento.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	pH	CE _b	RAS _b
mmol _c L ⁻¹								(dS m ⁻¹)	
246,6	80,4	70,11	10,3	900,00	0,00	0,00	2,8	704,00	5,5

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas – DCAT/UFERSA. CE_b = condutividade elétrica do biofertilizante. RAS_b = Relação de adsorção de sódio do biofertilizante

A semeadura foi realizada colocando-se dez sementes de sorgo em cada vaso. A germinação ocorreu cinco dias após a semeadura sendo o desbaste realizado dez dias após a semeadura, deixando-se duas plantas por vaso. Após o desbaste, iniciou-se a aplicação da água salina nos tratamentos correspondentes. A adubação química constituiu na aplicação de ureia (0,94 g vaso⁻¹), cloreto de potássio (0,49 g vaso⁻¹) e superfosfato simples (1,96 g vaso⁻¹), seguindo a recomendação para a cultura.

Aos sessenta dias após a semeadura, procedeu-se a coleta do experimento, sendo estimada a área foliar das plantas segundo a metodologia proposta por Hassan et al. (2010). O material coletado (colmos + bainhas, limbos foliares e sistema radicular), após pesagem foi acondicionado em sacos de papel e levados a estufa com circulação forçada, a 65 °C, por um período de sete dias, quando se constatou o peso constante das amostras, para obtenção da matéria seca total

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com $p < 0,05$ (comparação dos compostos orgânicos) utilizando-se o programa ASSISTAT 7.6 Beta. A análise de regressão foi empregada para a avaliação dos efeitos da salinidade da água de irrigação e da interação, quando significativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1A, observa-se que a matéria seca total, apresentou comportamento decrescente quando se aumenta os níveis de salinidade da água de irrigação, mesmo com a aplicação do esterco e do biofertilizante. Apesar dessa redução, o tratamento com esterco bovino apresentou valores superiores de matéria seca total, em torno de 93 e 79%, em relação ao tratamento testemunha e ao biofertilizante, respectivamente, na maior CEa = 6,0 dS m⁻¹, devido provavelmente a maior disponibilização de matéria orgânica no solo. No entanto, o tratamento com esterco bovino apresentou redução de 32,99 g para cada unidade de incremento da salinidade da água de irrigação. Os resultados obtidos neste estudo estão relacionados aos efeitos osmóticos e tóxicos da salinidade, conforme observados sobre o crescimento de outros genótipos de sorgo (CHAUGOOL et al., 2013; COELHO et al., 2014)

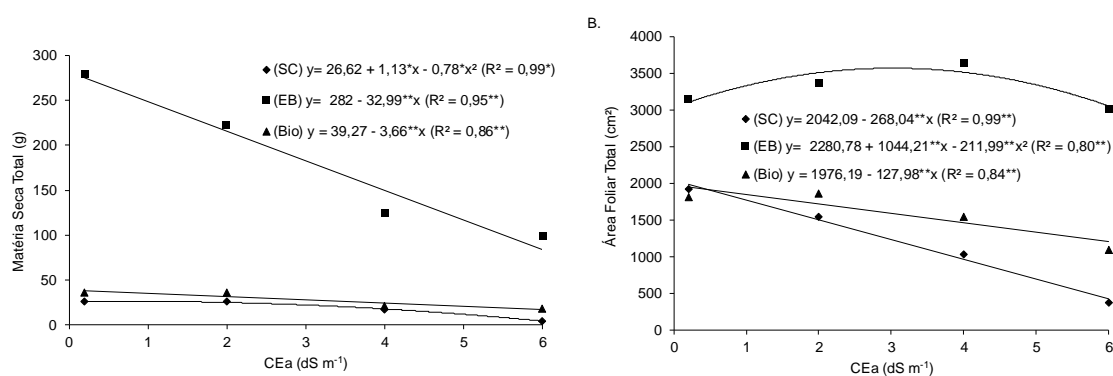


Figura 1. Valores médio da matéria seca total (A) e área foliar total (B) do sorgo em função da salinidade da água de irrigação. SC = testemunha; EB = esterco bovino; Bio = biofertilizante Ative®. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação.

Na Figura 1B, com o aumento da salinidade da água de irrigação, verifica-se que a variável área foliar total apresenta redução de 78% sem a aplicação de composto orgânico, de 63% com esterco bovino e, de 39% com o biofertilizante. Observa-se também, na Figura 1B, que ao aplicar o esterco bovino mesmo com o aumento da salinidade, a área foliar total apresenta tendência de crescimento nos menores níveis de salinidade, entretanto, a partir da CEa= 2,46 dS m⁻¹, ocorre o decréscimo dos valores nesta variável. A área foliar é uma das variáveis de crescimento vegetal mais afetada pela salinidade, pois sob estresse salino, as plantas apresentam redução na transpiração e na taxa de assimilação líquida de CO₂ provocada pelo fechamento dos estômatos, em resposta ao baixo potencial da água do solo devido à elevada concentração salina (SILVA et al., 2014)

CONCLUSÕES

Houve decréscimo de todas as variáveis com o aumento da salinidade da água de irrigação mesmo com a aplicação dos compostos orgânicos.

A presença do esterco bovino teve efeito superior nas variáveis analisadas, independente do incremento da salinidade, em relação aos demais tratamentos.

REFERÊNCIAS

AVELINO, P. M. et al. Características agrônômicas e estruturais de híbridos de sorgo em função de diferentes densidades de plantio. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, n.534-541, 2011.

CHAUGOOL, J. et al. Comparison of young seedling growth and sodium distribution among sorghum plants under salt stress. **Plant Production Science**, v.16, n.3, p.261-270, 2013.

COELHO, D. S. et al. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.25-30, 2014.

HASSAN, M. et al. Non-destructive estimation of maize leaf area, fresh weight, and dry weight using length and leaf width. **Communications in Biometry and Crop Science**, v.5, n.1, p.19-26, 2010.

LACERDA, C. F. et al. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE. Parte II, cap 17, p.304-17. 2010.

MONTENEGRO, S. G. L. et al. Experimentação e modelagem do avanço de sais no perfil do solo em área cultivada com repolho sob alternativas de manejo de irrigação, no semiárido de Pernambuco. Agrária - **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.148-155, 2013.

SILVA, J. L. A. et al. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.S66-S72, 2014.

RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS DO SORGO À APLICAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS E A SALINIDADE DA ÁGUA

Damião Ferreira da Silva Neto ¹ Robson Alexsandro de Sousa ², Virgínia Cláudia de Lima Menezes ³, Cláudia Larissa Bernardo da Silva ⁴, Sidney Carlos Praxedes ⁵

¹ Acadêmico de Graduação em Engenharia Agrônômica, Escola Agrícola de Jundiá - UFRN, Macaíba, RN, E-mail: damiaoneto222@gmail.com; ² Professor Doutor, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: rasousaufrn@gmail.com; ³ Engenheira Agrônoma, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: virginia.menezes@gmail.com; ⁴ Acadêmica de Graduação em Engenharia Agrônômica, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: larissaclaudia9@gmail.com; ⁵ Professor Doutor, Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN, E-mail: sidneypraxedes@gmail.com

RESUMO: O trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre as características morfofisiológicas do sorgo cv. BRS Ponta Negra e aplicação de esterco bovino e biofertilizante. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 23 kg de solo arenoso, em casa de vegetação. Os níveis de salinidade foram 0,2; 2,0; 4,0; e 6,0 dS m⁻¹. Os compostos orgânicos foram o esterco bovino curtido e biofertilizante Ative®. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições, em esquema fatorial 4 x 3. Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa específica foliar e suculência foliar. A salinidade da água de irrigação somente influenciou negativamente a variável suculência foliar. Em relação aos tratamentos aplicados, o esterco bovino apresentou maiores valores das variáveis analisadas.

PALAVRAS-CHAVE: tolerância, estresse salino, *Sorghum bicolor*.

MORPHOPHYSIOLOGICAL RESPONSES OF SORGHUM TO THE APPLICATION OF ORGANIC COMPOUNDS AND WATER SALINITY

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effects of irrigation water salinity on the morphophysiological characteristics of sorghum cv. BRS Ponta Negra and application of cattle manure and biofertilizer. The plants were cultivated in pots containing 23 kg of sandy soil in a greenhouse. The salinity levels were 0.2; 2.0; 4.0; And 6.0 dS m⁻¹. The organic compounds were the tanned cattle manure and biofertilizer Ative®. The experimental design was completely randomized with five replications, in a 4 x 3 factorial scheme. The following variables were evaluated: leaf specific mass and leaf succulence. The salinity of the irrigation water only negatively influenced the variable leaf succulence. Regarding the applied treatments, cattle manure had higher values of the analyzed variables.

KEY-WORDS: tolerance, salt stress, *Sorghum bicolor*.

INTRODUÇÃO

O efeito da salinização sobre as plantas pode ser causado pela dificuldade de absorção de água e toxicidade de íons específicos reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (RIVERO et al., 2014). O acúmulo excessivo de sais pode levar à morte dos tecidos, órgãos e mesmo da planta inteira. Isso ocorre, em grande parte, devido aos distúrbios provocados pelos efeitos dos íons Na⁺ e Cl⁻ acumulados nas células, os quais afetam vários processos metabólicos (MUNNS, 2002). A adição de resíduos orgânicos no solo pode ser uma alternativa potencial para amenizar os efeitos deletérios dos sais sobre a produtividade dos solos (GARRIDO; SAMPAIO; MENEZES, 2008)

O sorgo possui potencial para se desenvolver e se expandir em regiões que apresentam riscos de ocorrência de deficiência hídrica, distribuição irregular de chuvas e altas temperaturas, condições que caracterizam o semiárido brasileiro (PEREIRA et al., 2014).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito o comportamento fisiológico do sorgo cv. BRS Ponta Negra irrigado com água salina e com a aplicação de compostos orgânicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Escola Agrícola de Jundiá – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, pertencente a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, localizada no município de Macaíba –RN. Utilizou-se a cultura do sorgo cv. BRS Ponta Negra, classificada na categoria forrageiro de pequeno porte. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições no esquema fatorial 4 x 3, totalizando doze tratamentos. Foram estudados quatro níveis de salinidade da água de irrigação (0,2; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹); e, dois compostos orgânicos: sem composto orgânico (testemunha), esterco bovino curtido (20 t ha⁻¹) e biofertilizante Ative® (50 L ha⁻¹),

Para o preparo das soluções salinas, foram utilizados os sais de NaCl, dissolvidos em água de açude, obedecendo-se à relação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e sua concentração (mg L⁻¹ = 640 x CE). Na Tabela 1, observa-se a composição química das águas utilizadas para a irrigação no experimento.

Tabela 1. Composição química das águas de irrigação usadas no experimento.

Água	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	pH	CEa (dS m ⁻¹)	RAS
mmol _c L ⁻¹										
S0	0,15	0,22	0,85	0,20	1,12	0,00	0,42	7,0	0,20	1,11
S1	0,50	0,50	21,35	0,15	19,81	0,00	0,33	6,4	2,00	15,69
S2	0,70	0,30	41,39	0,16	38,50	0,00	0,28	6,2	4,00	26,85
S3	0,50	0,50	56,35	0,15	54,15	0,00	0,24	6,2	6,00	37,03

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta – EMPARN. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação; RAS = relação de adsorção de sódio. S0 = água de açude do Bebo; S1 = solução salina 1; S2 = solução salina 2; S3 = solução salina 3.

O turno de rega foi diário. A quantidade de água aplicada no experimento foi estimada com o objetivo de o solo alcançar a sua capacidade de campo e o excesso de água percolasse adicionando-se uma fração de lixiviação de 15%, aproximadamente. Até o desbaste, para a irrigação, utilizou-se água de Açude do Bebo (S0). Para a instalação do experimento, colocou-se aproximadamente 23 kg de solo arenoso (Tabela 2) em vasos plásticos de 32 cm de diâmetro na base maior e 24 cm de diâmetro na base menor e altura 34 cm, perfurados na face inferior.

Tabela 2. Atributos químicos e classificação textural do solo utilizado no experimento.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	SB	t	P	pH	CE _{es}	PST	V	Dg	T
cmol _c kg ⁻¹										(dS m ⁻¹)	(%)	(g cm ⁻³)		
									(mg dm ⁻³)					
0,8	0,7	0,05	0,13	1,82	0,65	1,7	3,5	1,31	5,0	0,1	1,0	49	1,46	Areia

Fonte: Laboratório de Solos e Água – DCS/CCA/UFC. SB = soma de bases; t = capacidade de troca catiônica efetiva; pH = pH em água (1:2,5); CE_{es} = condutividade elétrica do extrato de saturação; PST = porcentagem de sódio trocável; V = saturação por bases; Dg = densidade global; T = textura

Antes da semeadura, em fundação, aplicou-se o equivalente a 20 t ha⁻¹ de esterco bovino curtido, sendo homogeneizado na camada de 0-0,20 m nos vasos correspondentes a esse tratamento, cuja análise química está na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química do esterco bovino utilizado no experimento.

N	P	P ₂ O ₅	K ⁺	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Cu	Zn	Mn	CE _{eb}
g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			(dS m ⁻¹)		
5,9	2,4	5,5	0,8	1,00	14,1	4,7	1.150,80	19,8	135	145,9	2,63

Fonte: Laboratório de Solos e Água – DCS/CCA/UFC. CE_{eb} = condutividade elétrica do esterco bovino

A aplicação do biofertilizante Ative[®], Tabela 4, iniciou-se vinte dias após a semeadura, na dose de 50 L ha⁻¹, segundo recomendação do fabricante, nos vasos correspondentes a esse tratamento, colocando-se em cada vaso 0,5 mL/vaso/vez.

Tabela 4. Composição química do biofertilizante Ative[®] concentrado utilizado no experimento.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	pH	CE _b	RAS _b
mmol _c L ⁻¹								(dS m ⁻¹)	
246,6	80,4	70,11	10,3	900,00	0,00	0,00	2,8	704,00	5,5

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas – DCAT/UFERSA. CE_b = condutividade elétrica do biofertilizante. RAS_b = Relação de adsorção de sódio do biofertilizante

A semeadura foi realizada colocando-se dez sementes de sorgo em cada vaso. A germinação ocorreu cinco dias após a semeadura sendo o desbaste realizado dez dias após a semeadura, deixando-se duas plantas por vaso. Após o desbaste, iniciou-se a aplicação da água salina nos tratamentos correspondentes. A adubação química constituiu na aplicação de ureia (0,94 g vaso⁻¹), cloreto de potássio (0,49 g vaso⁻¹) e superfosfato simples (1,96 g vaso⁻¹), seguindo a recomendação para a cultura.

Aos sessenta dias após a semeadura, procedeu-se a coleta do experimento. O material coletado (colmos + bainhas, limbos foliares e sistema radicular), após pesagem foi acondicionado em sacos de papel e levados a estufa com circulação forçada, a 65 °C, por um período de sete dias, quando se constatou o peso constante das amostras, para obtenção da matéria seca total. A partir deste material determinou-se a massa específica foliar (g MS dm⁻²) e a suculência foliar (g H₂O dm⁻²) conforme a metodologia de Mantovani (1999).

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com *p* < 0,05 (comparação dos compostos orgânicos) utilizando-se o programa ASSISTAT 7.6 Beta. A análise de regressão foi empregada para a avaliação dos efeitos da salinidade da água de irrigação e da interação, quando significativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1A, observa-se que a massa específica foliar não apresentou nenhum comportamento diferente quando se aumentou a salinidade da água de irrigação. Este resultado é um indicativo que não foram verificados aumento da espessura do mesofilo e das paredes celulares, induzido pelo estresse salino, como já verificado em sorgo (TRINDADE et al., 2006; SOUSA et al., 2010).

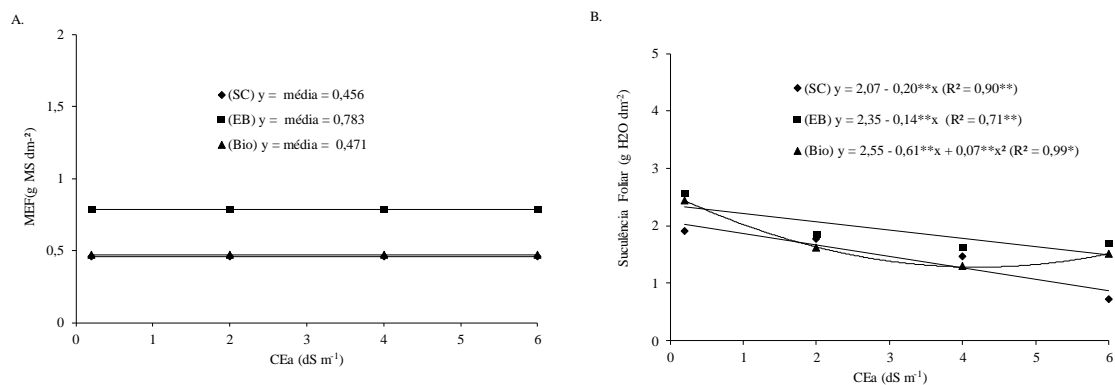


Figura 1. Valores médios da massa específica foliar (A) e suculência foliar (B) do sorgo em função da salinidade da água de irrigação. SC = testemunha; EB = esterco bovino; Bio = biofertilizante Ative®. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação.

Observa-se na Figura 1B, que as plantas de sorgo ao serem irrigadas com água de salinidade crescente apresentaram decréscimo da suculência foliar de 57 e 35%, respectivamente, para os tratamentos testemunha e esterco bovino. Com a aplicação do biofertilizante a variável suculência foliar somente apresenta aumento a partir da CEa = 4,35 dS m⁻¹, após decréscimo de 50% nos níveis iniciais de salinidade da água. Esse resultado é semelhante aos obtidos por Trindade et al. (2006) e Sousa et al. (2010) em plantas de sorgo sob estresse salino. O aumento da suculência, resposta não observada em sorgo, é comum em plantas sob estresse com sais de cloreto, porém é mais comumente verificada em dicotiledôneas, não sendo tão eficiente quanto o mecanismo de exclusão de íons que parece ser o mecanismo predominante em plantas de sorgo (TRINDADE et al., 2006).

CONCLUSÕES

A salinidade crescente da água de irrigação afetou negativamente a suculência foliar, ao passo que a massa específica foliar não foi afetada.

A massa específica foliar não é um bom parâmetro para avaliar a tolerância do sorgo à salinidade.

Em relação aos tratamentos aplicados, o esterco bovino apresentou maiores valores para a massa específica foliar, entretanto, a suculência foliar não obteve o mesmo desempenho.

REFERÊNCIAS

GARRIDO, M. S.; SAMPAIO, E. V. B.; MENEZES, R.S. C. Potencial de adubação orgânica com esterco no Nordeste do Brasil. In: MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. SALCEDO, I. H. **Fertilidade e produção de biomassa no Semi-Árido**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 123-132. 2008.

MANTOVANI, A. A method to improve leaf succulence quantification. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, p.9-14, 1999.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant and Cell Environment**, v.25, p.239-250, 2002.

PEREIRA, R. G. et al. Rendimento do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.3, p.285-299, 2014.

RIVERO, R. M. et al. The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants. **Plant, cell & environment**, v.37, n.5, p.1059-1073, 2014.

SOUSA, C.H.C. et al. Respostas morfofisiológicas de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão sob estresse salino. **Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 2, p. 29–36, 2010.

TRINDADE, A. R. et al. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.804-810, 2006.

CLIMA E FENOLOGIA DE ESPÉCIES EM ÁREA DE CAATINGA PRESERVADA

Joana Mayra Alves de Sena¹, Magna Soelma Beserra de Moura²,

Lúcia Helena Piedade Kiill³, Bruna de Costa Alberton⁴, Leonor Patrícia Cerdeira Morelato⁵

¹Bolsista PIBIC/FACEPE, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, joanasena1993@gmail.com; ²Pesquisadoras da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, magna.moura@embrapa.br, lucia.kiill@embrapa.br

³Pós-graduanda em Ecologia e Biodiversidade, UNESP Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Laboratório de Fenologia, Rio Claro, SP, brunalberton@gmail.com

⁴Professora, UNESP Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Laboratório de Fenologia, Rio Claro, SP, pmorella@rc.unesp.br

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo estudar a fenologia de seis espécies da Caatinga e sua associação com os dados climáticos em uma área de Caatinga preservada da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE no ano de 2016. Os dados climáticos da estação agrometeorológica da Caatinga foram utilizados para caracterizar o período de estudo. Observações da fenologia vegetativa e reprodutiva foram feitas semanalmente em indivíduos de *Commiphora leptophloeos*, *Manihot pseudoglaziovii*, *Sapium sp.*, *Cnidocolus quercifolius*, *Senegalia piauiensis*, *Poincianella microphylla*. As espécies apresentaram padrão fenológico similar, mostrando estreita relação com a precipitação. As maiores taxas de brotamento foram registradas de janeiro e maio, com a estação de chuvas, enquanto os maiores percentuais de senescência foliar foram observados de maio a outubro, durante a seca. A floração foi observada em 66,7% das espécies, principalmente no período de janeiro e fevereiro, no início da estação chuvosa, com taxas que variaram de 55 a 75%. Já a frutificação ocorreu no período de janeiro a abril, em 50% das espécies. As fenofases vegetativas e reprodutivas foram relacionadas com a precipitação local e as espécies estudadas foram consideradas como caducifólias, perdendo totalmente suas folhas durante o período seco.

PALAVRAS-CHAVE: Brotamento, Fenologia, Floração, Frutificação, Precipitação, Senescência.

CLIMATE AND FIELD PHENOLOGY IN A CAATINGA PRESERVED AREA

ABSTRACT: This work aimed to study the phenology of six Caatinga species and the relationship with climatic data in a Caatinga preserved area located at Embrapa Tropical Semiarid, Petrolina Municipality, Brazil, during the year of 2016. On the ground direct observations were made weekly in six species (*Commiphora leptophloeos*, *Manihot pseudoglaziovii*, *Sapium sp.*, *Cnidocolus quercifolius*, *Senegalia piauiensis*, and *Poincianella microphylla*), with vegetative and reproductive phenophases observation. The climatic data were obtained at Caatinga Agrometeorological Weather Station on daily basis and averaged for each month to characterize the studied year. The species presented similar phenological pattern, showing close synchrony with precipitation. The

highest leaf formation rates were recorded from January and May, in the wet season, while the highest percentages of leaf fall (senescence) were observed from May to October, in the dry season. Flowering was performed in 66.7% of the species, mainly in the period of January and February, with rates varying from 55 to 75%. Fruiting occurred from January to April, in 50% of the species. The vegetative and reproductive phenophases were linked to precipitation, and the studied species were considered as deciduous, losing all their leaves during the dry season.

KEYWORDS: Budding, Flowering, Fruiting, Phenology, Precipitation, Senescence.

INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro compreende áreas muito suscetíveis às variações do clima e é considerado como o mais vulnerável aos impactos das possíveis mudanças climáticas (AMBRIZZI; ARAÚJO, 2013). Nesse ambiente encontra-se o Domínio Caatinga, onde as plantas são adaptadas a condições ambientais rigorosas, ou seja, são xerófitas; perdem suas folhas na seca e voltam a emitir novas brotações no período chuvoso. Porém, a emissão de folhas não está somente relacionada com a ocorrência de chuvas, mas também com a reserva hídrica no solo, que pode estender a disponibilidade de água para as plantas em diferentes períodos. Sendo assim, a caducifolia não ocorre de forma similar em todas as espécies (AMORIM et al., 2009).

O estudo fenológico tem crucial importância, pois avalia os eventos repetitivos das plantas que acontecem ao longo do ano, observando a relação com os fatores bióticos e abióticos, com aplicações para a ecologia e conservação dos ecossistemas (MORELLATO et al., 2016; RATHCKE; LACEY, 1985). Estudos sobre fenologia já foram realizados em vários ambientes, como em Cerrado (ALBERTON et al., 2014), Floresta ribeirinha (ATHAYDE et al., 2009) e Caatinga (LEAL et al., 2003). Entretanto, o conhecimento ainda é esparso, e desta forma, o objetivo deste trabalho foi estudar a fenologia de seis espécies da Caatinga hiperxerófila e sua associação com os dados climáticos em uma área de Caatinga preservada da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, no ano de 2016, com vistas à futura validação de campo dos índices fenológicos determinados por meio de fotografias digitais.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado durante o ano de 2016 em área de Caatinga hiperxerófila, que se encontra sem manejo ou pastejo por cerca de 35 anos, localizada na Embrapa Semiárido. Nessa área foi instalada uma torre com vários equipamentos, entre eles uma câmera digital para acompanhamento e registro da fenologia da vegetação de forma automática conforme Alberton et al. (2014). Este equipamento fotografa uma área de aproximadamente 30 m de raio, na qual foram selecionadas as espécies cujos dosséis são visíveis nas fotografias para acompanhamento da fenologia “in loco”, a fim de promover futura validação dos índices gerados pelas imagens.

Para o acompanhamento fenológico individual foram selecionadas seis espécies com copas na imagem da câmera: Umburana de cambão - *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae), Maniçoba - *Manihot pseudoglaziovii* (Euphorbiaceae), Burra Leiteira - *Sapium sp.* (Euphorbiaceae), Faveleira - *Cnidoscolus quercifolius* Pohl (Euphorbiaceae), Jurema Rama de Boi - *Senegalia piauhiensis* (Fabaceae) e catingueira - *Poincianella microphylla* (Fabaceae), que foram acompanhadas semanalmente para observação da presença/ausência das fenofases vegetativas (brotamento e senescência) e reprodutivas (floração e frutificação). Considerou-se período de floração aquele em que a planta

apresentava somente botões ou botões e flores abertas, enquanto a frutificação foi considerada no período em que a planta apresentava desde frutos em estágio inicial até frutos maduros. As observações semanais foram convertidas em médias mensais e elaborados fenogramas no formato de porcentagem para as espécies, em cada fenofase.

Os dados climáticos foram registrados na Estação Agrometeorológica da Caatinga, da Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo semiárido quente, com pequenos eventos de chuvas durante todo o ano, sem excesso hídrico (REDDY; AMORIM NETO, 1983), com inverno seco e temperaturas que variam de 20,7 a 32,1°C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do ar média do ano de 2016 foi de 27 °C, variando entre 24,8 °C (julho) e 28,9 °C (dezembro), enquanto a máxima absoluta ocorreu em outubro (38,2 °C) e mínima em julho (15,3 °C). A umidade relativa do ar média anual foi de 57,7%, com menores valores ocorrendo no mês de setembro (50,7%) e maiores em janeiro (76,3%), seguindo os acumulados mensais de precipitação, que foram respectivamente, 0,1 mm e 237,0 mm. O total anual de chuva de 2016 foi 379,0 mm, valor este inferior à média histórica de 510 mm.

Os totais mensais de precipitação também são apresentados associados às fenofases vegetativas (Figura 1a e 1b) e reprodutivas (Figura 1c e 1d) das seis espécies estudadas, que tiveram padrão fenológico similar. A produção de folhas novas (Figura 1a) foi registrada nos períodos de janeiro a maio e de outubro a dezembro, com os maiores percentuais ocorridos no primeiro intervalo, respondendo de forma rápida ao aumento das precipitações ocorridas no início desse período. O inverso ocorreu com a senescência foliar, com as maiores taxas observadas no período de maio a setembro, quando a ocorrência das chuvas foi esporádica e inferior a 10 mm (Figura 1b). De modo geral, o comportamento vegetativo apresentado pelas seis espécies durante o período do presente estudo foi similar ao padrão descrito para a maioria das espécies de Caatinga, confirmando a estreita relação dessas fenofases com as condições climáticas locais, o que permite a classificação como espécies caducifólias (MACHADO et al., 1997).

Quanto às fenofases reprodutivas (Figura 1c e d), observou-se floração na maioria das espécies estudadas, exceto na *Commiphora leptophloeos* e na *Cnidocolus quercifolius*. As taxas mais expressivas foram registradas para *Manihot pseudoglaziovii* (75%), *Poincianella microphylla* (65%) e *Senegalia piauhiensis* (55%), nos meses de janeiro e fevereiro, concorrente ao aumento da precipitação. A relação da floração com a precipitação e a alta sincronia entre os indivíduos da população concordam com as observações feitas por Machado et al. (1997) em outra área de caatinga.

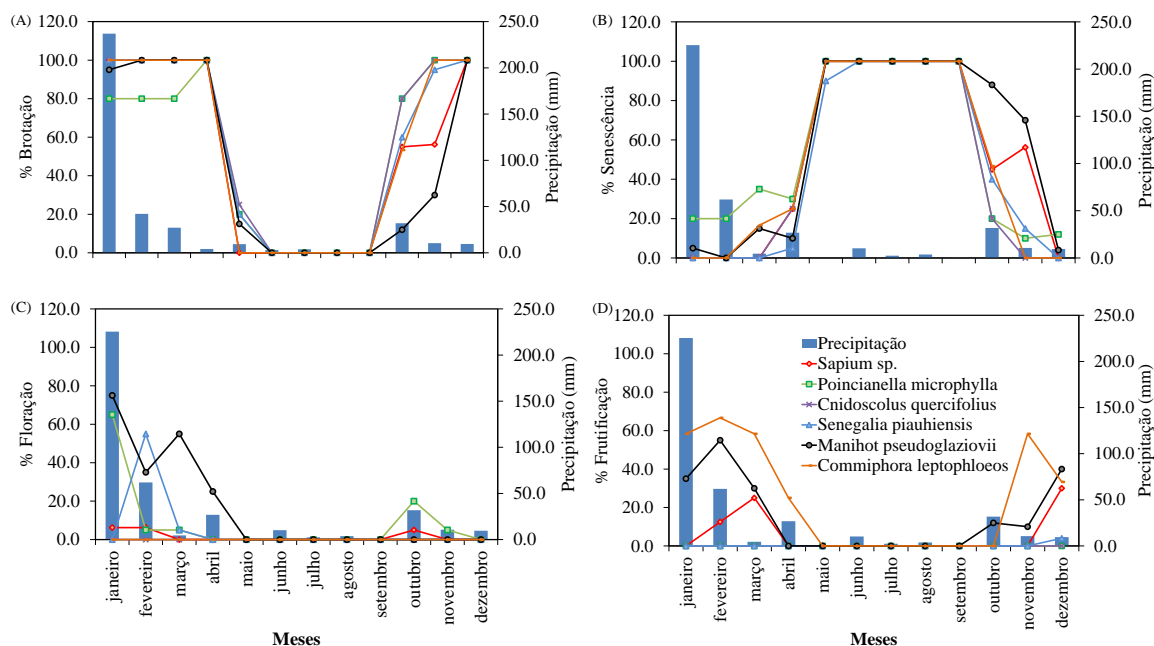


Figura 1. Precipitação mensal e percentual de eventos fenológicos (fenofases vegetativas – a e b e reprodutivas – c e d) de seis espécies avaliadas em área preservada de Caatinga hiperxerófila, em Petrolina, PE, 2016.

A frutificação foi observada somente para *Commiphora leptophloeos*, maniçoba e *Sapium sp.* no período de janeiro a abril e de outubro a dezembro, principalmente no período seco, com taxas que variaram de 4% a 60% dos indivíduos (Figura 1d). Comparando as fenofases reprodutivas, observou-se que a *Poincianella microphylla* e a jurema floresceram mais não frutificaram, ao passo que a produção de frutos foi registrada para *Commiphora leptophloeos*, embora a produção de flores não tenha sido registrada. Este fato indica que esta fenofase ocorreu, mas não foi notada em virtude do alto porte das plantas e do pequeno tamanho das flores que ficaram no meio da folhagem e da ocorrência muito rápida do evento de floração nesta espécie.

CONCLUSÕES

As fenofases vegetativas e reprodutivas estão relacionadas com a precipitação local e as espécies estudadas podem ser consideradas como caducifólias, perdendo suas folhas na estação seca.

AGRADECIMENTOS

A FACEPE pela bolsa de PIBIC da primeira autora (BIC-0629-5.01/15) e pelo financiamento da pesquisa por meio do processo APQ-0062-1.07/15. A quarta autora é bolsista doutorado da FAPESP (#2014/00215-0); e a última é bolsista PQ, do CNPq.

REFERÊNCIAS

- ALBERTON, B. et. al. Using phenological cameras to track the green up in a cerrado savanna and its on-the-ground validation. **Ecological Informatics**, v. 19, p. 62-70, 2014.
- AMBRIZZI, T.; ARAÚJO, M. (Coord.). **Sumário executivo: base científica das mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2013. 23 p. il.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. A. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 33, n. 3, p. 491-499, 2009.
- ATHAYDE, E. A. et al. Fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Santa Maria, 2009, v. 7, n. 1, p. 43-51, 2009.
- LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da (Ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 804 p.
- MACHADO, I. C. S., BARROS, L. M.; SAMPAIO, E. V. S. B. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. **Biotropica**, Washington, D.C., v. 29, p. 57-68, 1997.
- MORELLATO, L. P.C. et al. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, Essex, n. 195, p. 60-72, 2016.
- RATHCKE, B.; LACEY, E. P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 16, p. 179-214, 1985.
- REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. S. **Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil**. Petrolina: EMBRAPA, CPATSA, 1983. 280 p.

EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO E SALINO NAS TROCAS GASOSAS DE *Atriplex nummularia*

Eduardo Soares de Souza¹, Aline Sheyla Leal de Oliveira², Eduardo da Silva Santos³, Victor Henrique de Lima Gomes⁴, Eduardo Vitor Dutra Teodoro⁵

¹Professor Doutor Associado I, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, eduardo.ssouza@ufrpe.br; Mestranda em produção Vegetal, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, oliveiraasl@gmail.com²; Pós-doutorando, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, silvaufupe@yahoo.com.br³; Graduando em Agronomia, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, victor.lima.vhlg@gmail.com⁴; Graduando em Agronomia, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, eduardo_-victor@hotmail.com⁵

RESUMO: Objetivou-se avaliar as trocas gasosas de plantas de *Atriplex nummularia* irrigadas com rejeito salino diluídos em água. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, com as plantas de *Atriplex* cultivadas em vasos, sendo mantidas sob dois níveis de umidade do solo (50 e 100% da capacidade de campo) e quatro diluições de rejeito salino (0, 50, 75 e 100%), constituindo um fatorial de 2x5, em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. As trocas gasosas (taxa fotossintética líquida, condutância estomática e a transpiração) reduz com o aumento do rejeito salino na água de irrigação. Apesar de se tratar de uma planta halófito, a *Atriplex* tem seu processo fotossintético reduzido com o aumento da proporção de rejeito salino na água de irrigação (CE > 2,15±0,07 dS/m). Em condições favoráveis de umidade (100% da capacidade de campo), o incremento de rejeito salino na água de irrigação não interfere na eficiência no uso de água das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: capacidade de campo, fitorremediação, fotossíntese, halófito

EFFECT OF WATER AND SALT STRESS ON ATRIPLEX GAS EXCHANGES

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the gas exchanges of *Atriplex nummularia* plants irrigated with saline waste diluted in water. The experiment was carried out in a greenhouse, with *Atriplex* plants cultivated in pots, being maintained under two levels of soil moisture (50 and 100% of the field capacity) and four dilutions of salt reject (0, 50, 75 e 100%), constituting a factorial of 2x5, in a randomized complete block design, with four replications. Gaseous exchanges (net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration) reduce with the increase of the saline reject in irrigation water. Although it is a halophyte plant, *Atriplex* has its photosynthetic process reduced with the increase of the proportion of salt reject in irrigation water (EC > 2.15 ± 0.07 dS/m). Under favorable conditions of humidity (100% of the field capacity), the increase of salt reject in the irrigation water does not interfere in the efficiency in the water use of the plants.

KEY-WORDS: field capacity, phytoremediation, photosynthesis, halophyte

INTRODUÇÃO

A salinidade do solo é um dos principais problemas para a agricultura mundial que afeta o crescimento e desenvolvimento das plantas (ASHRAF et al., 2010). As regiões áridas e semiáridas são mais susceptíveis a problemas dessa natureza, onde com o passar do tempo tem aumentado, afetando mais de 800 milhões de ha de terras no mundo (MUNNS, 2005).

Frente ao cenário de mudanças ambientais como distribuição pluviométrica irregular e baixa, aumento da temperatura, remoção da mata nativa e outros, surge a necessidade da reutilização de recursos hídricos considerados escassos na região árida e semiárida, onde grande parte da água disponível possui sérios problemas com os sais.

O reuso da água salina tem aumentado a utilização de dessalinizadores nessas regiões, e como consequência grande parte do rejeito gerado, cerca de 40-60% (PORTO et al., 2001) é descartado no ambiente, contribuindo para a salinização dos solos.

A adoção de técnicas que sejam sustentáveis e de baixo custo é uma boa alternativa para diminuir o descarte dos efluentes de rejeito salino ao meio ambiente, contudo, sabe-se que a *Atriplex nummularia* é uma planta halófito, fitorremediadora de solos salinos e com potencial forrageiro (PORTO et al., 2001). E a reutilização de rejeito salino para a irrigação e cultivo dessa espécie é uma estratégia viável economicamente e não causa danos ao meio ambiente.

No entanto, objetivou-se avaliar as trocas gasosas de plantas de *Atriplex nummularia* irrigadas com rejeito salino sob duas condições de umidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco(UFRPE), na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), no período de outubro de 2016 a janeiro de 2017, com temperatura média de $29,17 \pm 1,6$ °C e umidade relativa do ar média de $39,55 \pm 7,4$ % (INMET, 2017).

Utilizou-se amostras de um Cambissolo Háplico, oriundo do campus da UAST, com condutividade elétrica média de $0,47 \pm 0,009$ dS/m e pH de $7,37 \pm 0,068$. O solo foi secado ao ar, destorroado, homogeneizado e passado em peneira de 4 mm para o preenchimento dos vasos. Foram utilizados vasos de polietileno com dimensões de 30,5 cm de altura, 26 cm de diâmetro e com capacidade para 20 kg de solo seco.

As mudas de *Atriplex nummularia* foram propagadas via estaquia em substrato de composto orgânico e areia (2:1) e transplantadas para os baldes com idade de 180 dias. Para a confecção das estacas utilizou-se ramos herbáceos apicais com tamanho médio entre 10 - 15 cm, coletadas de uma única planta matriz, e utilizou-se ácido indolbutírico (AIB) em talco para auxiliar no enraizamento.

As lâminas de irrigação foram determinadas com base na capacidade de campo do solo de acordo com a metodologia de Casaroli & Van Lier (2008). Foram utilizadas lâminas de 50% e 100% da capacidade de campo que corresponde a 1,75 e 3,50 L, respectivamente.

Os tratamentos foram obtidos por meio da diluição de rejeito salino com água, 0% testemunha; 50% (50% água + 50% rejeito salino); 75% (25% de água + 75% de rejeito salino); e 100% de rejeito salino puro. Os tratamentos apresentaram condutividade elétrica de $0,39 \pm 0,07$; $2,15 \pm 0,07$; $2,79 \pm 0,18$; e $3,63 \pm 0,12$ dS/m, respectivamente.

Inicialmente para o estabelecimento das mudas irrigou-se com água da torneira, e após doze dias iniciou-se a irrigação dos tratamentos, com uma irrigação semanal. Paralelamente ao experimento, foi mantido dois vasos com solo sem planta com capacidade de campo de 50% e outro com 100%, ambos recebendo uma irrigação semanal com água da torneira e no mesmo horário da irrigação das mudas.

A cada irrigação realizou-se a pesagem dos dois vasos para determinar o conteúdo residual de água do solo e o volume restante era repostado para atingir as capacidades de campo de 50 e 100% (1,75 e 3,50 L) para todos os vasos com planta.

Após 79 dias do início dos tratamentos, analisou-se a taxa fotossintética líquida (A) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a condutância estomática (g_s) ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a transpiração (T) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a eficiência do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em plantas de *Atriplex nummularia*.

As leituras de fotossíntese foram realizadas pela manhã (9:00 – 12:00 h), em folhas do terço médio das plantas totalmente expandidas e sem indícios de danos aparentes. Essas medidas foram realizadas em sistema aberto com um analisador de gases a infravermelho (IRGA), modelo Licor Li 6400 XT, sob luz e concentração de CO_2 ambientes (380 ppm), fluxo de $300 \mu\text{mol s}^{-1}$, e uma radiação fotossinteticamente ativa (PAR) de $1000 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2×5 , duas lâminas de irrigação (50% - 1,75 L e 100% - 3,5 L) x quatro diluições de rejeito salino (0, 50, 75 e 100%), com 4 repetições cada, perfazendo um total de 8 tratamentos, com quatro repetições.

A análise de variância pelo Teste F ($p < 0,05$) e de regressão foram realizadas com o programa estatístico R versão 3.0.1 (R CORE TEAM, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa fotossintética líquida (A), a condutância estomática (g_s) e a transpiração (T) decresceram linearmente com o aumento do rejeito salino para as duas lâminas, sendo o tratamento 100% de rejeito salino o que mais influenciou no decréscimo, pelo fato de apresentar maior salinidade, $3,63 \pm 0,12 \text{ dS/m}$ (Figura 1).

A diminuição da fotossíntese está relacionada com a menor entrada de CO_2 na folha, causada pela diminuição da condutância estomática e conseqüente redução da concentração intracelular de CO_2 (OLIVEIRA et al., 2017).

A eficiência do uso de água (EUA) das plantas diminuiu conforme o aumento dos níveis de rejeito salino apenas para a menor lâmina de irrigação, 1,75 L (50% da capacidade de campo do solo).

No entanto, observou-se para as plantas de *Atriplex nummularia* sob estresse salino, que o aumento da lâmina de irrigação de 1,75 para 3,5 L pode ser benéfico, pelo fato de não reduzir a eficiência no uso da água e ainda proporcionar um aumento na condutância estomática.

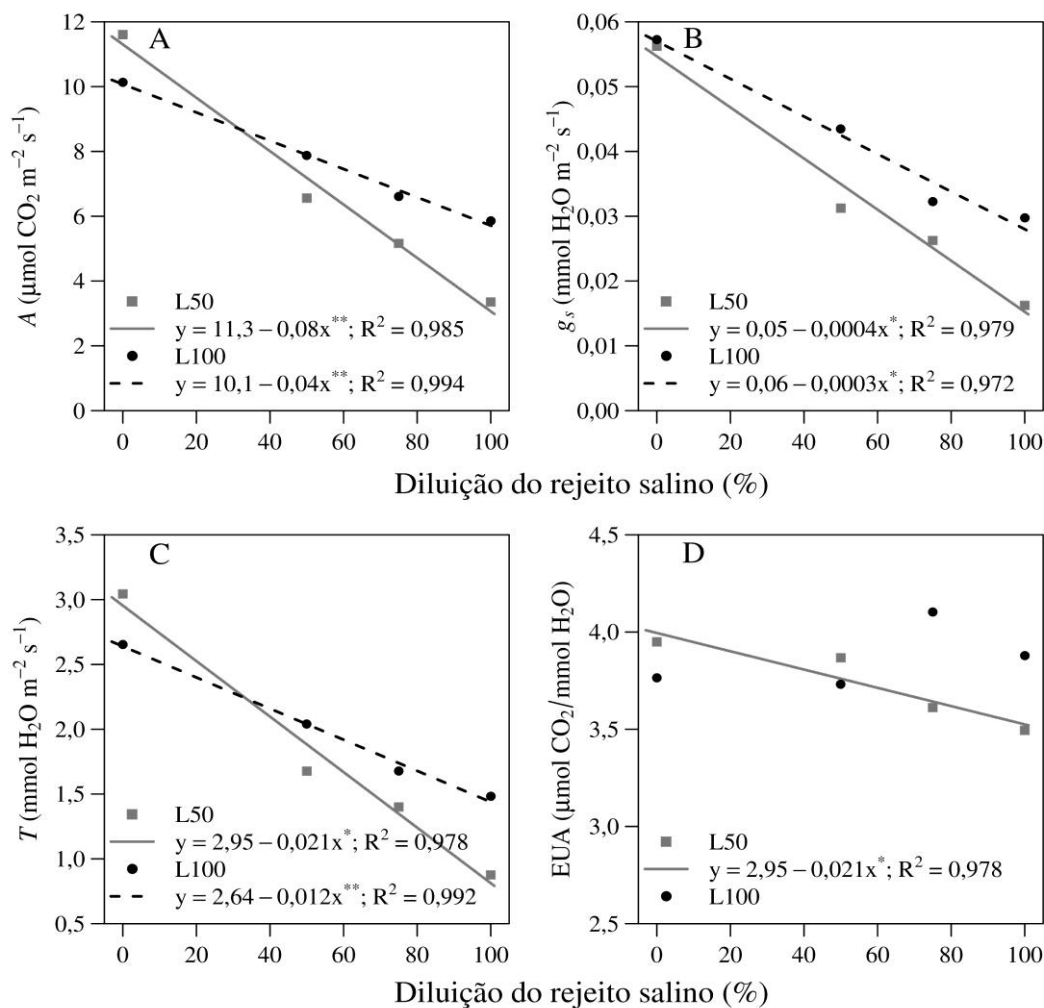


Figura 1. Taxa fotossintética líquida (A) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (T) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e eficiência do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) de plantas de *A. nummularia* irrigadas com duas lâminas (L50-50% e L100-100% da capacidade de campo) e quatro diluições de rejeito salino.

CONCLUSÕES

As trocas gasosas de plantas de *Atriplex nummularia* diminuíram com o aumento da proporção de rejeito salino na água de irrigação;

A eficiência do uso da água (EUA) nas plantas de *Atriplex* mantidas a 50% da capacidade de campo (1,75 L) diminuiu com o aumento da proporção de rejeito salino na água de irrigação, enquanto que quando mantidas a 100%, foi igualmente eficientes.

AGRADECIMENTOS

Ao Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga (ONDACBC-INCT), aprovado na chamada pública MCTI/CNPq/CAPES/FAPS N° 16/2014 PROGRAMA INCT e financiado pela FACEPE, CAPES (processo N° 88887.136369/2017-00) e CNPq (processo N° 465764/2014- 2). Ao CNPq (processo N° 485086/2013-1).

REFERÊNCIAS

ASHRAF, M.; OZTURK, M.; AHMAD, M.S.A. **Plant Adaptation and Phytoremediation**. Springer Dordrecht Heidelberg London, New York. 2010. 481p.

CASAROLI, D. & VAN LIER, Q. J. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.59-66, 2008.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v.167, p.645-663, 2005.

OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; CUNHA, J. C.; SILVA, E. F. F.; VELOSO, V. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO₂ efflux in soil irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.1, p.32-37, 2017.

PORTO, E.R.; AMORIM, M.C.C.; SILVA JUNIOR, L.G.A. Uso de rejeito de dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*), **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p.111-114, 2001.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTM1MA==<Acesso em 05 de Março de 2017>

R CORE TEAM. R: A language and environmet for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. 2014. <http://www.Rproject.org/><Acesso em 08 de Janeiro 2017>

VARIABILIDADE DE INFILTRAÇÃO E CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE DOIS SOLOS SOB CULTIVO IRRIGADO EM JUAZEIRO-BA

Karol Alves Barroso^{1,2}; Gilmário Noberto de Souza^{1,3}; Joyce Fagundes de Souza^{1,4};
Lígia Borges Marinho⁵

¹Discente do programa de pós-graduação em Horticultura Irrigada da Universidade do Estado da Bahia - DTCS/UNEB. Av. Edgard Chastinet SN, Juazeiro, BA, k.alvesbarroso@gmail.com;
³gilmario_jua@hotmail.com; ⁴joyce.fagundes08@gmail.com ⁵Docente da Universidade do Estado da Bahia - DTCS/UNEB. Av. Edgard Chastinet SN, Juazeiro, BA, ligiab.marinho@gmail.com

RESUMO

Dentre as principais propriedades físicas essenciais para um sistema de produção agrícola, destacam-se a capacidade de infiltração da água e a condutividade hidráulica de um solo. Este trabalho teve como objetivo estudar estes parâmetros em dois solos de características distintas, em locais diferentes de Juazeiro-BA, em que se pratica agricultura irrigada. O estudo foi desenvolvido no Centro de Agroecologia, Energias Renováveis e Desenvolvimento Sustentável da Universidade do Estado da Bahia (CAERDES), sob cultivo consorciado de café e mamão e em uma área do Projeto Salitre, sob cultivo da cultura da mangueira. Para a determinação da infiltração de água e a condutividade hidráulica dos solos, usou-se os métodos de anéis concêntricos de carga hidráulica constante e do permeâmetro de carga constante, respectivamente. Foi observado diferentes comportamentos nos solos analisados. O solo do CAERDES/UNEB foi encontrada uma condutividade hidráulica maior na camada de 0-20 cm, com média de 10,18 m dia⁻¹. Situação contrária foi observada no solo do Salitre em que a primeira camada de solo (0-20 cm) apresentou média superior a segunda camada (20-40 cm) com 8,028 e 9,59 m dia⁻¹ respectivamente. Estes altos valores refletiram em uma infiltração acumulada e velocidade de infiltração com altas taxas, em que em um período de 120 min apresentou um valor de 57,3 cm e conseqüentemente um valor médio de velocidade básica de infiltração de 7,058 m dia⁻¹. Desse modo, ambos os solos analisados apresentaram uma rápida condutividade hidráulica e uma alta velocidade de infiltração básica.

PALAVRAS CHAVE: Anéis concêntricos, permeâmetro, propriedades.

VARIABILITY OF INFILTRATION AND HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF TWO SOILS UNDER IRRIGATED CULTIVATION IN JUAZEIRO-BA.

ABSTRACT

Among the main physical properties essential for an agricultural production system are the water infiltration capacity and the hydraulic conductivity of a soil. The objective of this work was to study these parameters in two soils with distinct characteristics, in different places of Juazeiro-BA, where irrigated agriculture is practiced. The study was developed at the Center of Agroecology, Renewable Energies and Sustainable Development of the State University of Bahia (CAERDES), under cultivation of coffee and papaya and in an area of the Salitre Project, under cultivation of mango trees. For the determination of the water infiltration and the hydraulic conductivity of the soils, the concentric rings of constant hydraulic load and the constant load permeameter were

used, respectively. Different behaviors were observed in the analyzed soils. The CAERDES / UNEB soil found a higher hydraulic conductivity in the 0-20 cm layer, with a mean of 10.18 m day⁻¹. Contrary situation was observed in the Salitre soil where the first soil layer (0-20 cm) presented an average superior to the second layer (20-40 cm) with 8.028 and 9.59 m day⁻¹, respectively. These high values reflected in a cumulative infiltration and rate of infiltration with high rates, in which in a period of 120 min it presented a value of 57.3 cm and consequently an average value of basic velocity of infiltration of 7.058 m dia⁻¹. Thus, both analyzed soils presented a fast hydraulic conductivity and a high velocity of basic infiltration

KEYWORDS: Concentric rings, permeameter, properties.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a base essencial para um sistema de produção agrícola é um solo que apresente propriedades físicas e químicas ideais: apresentando uma boa aeração, boa retenção de água, pouca resistência mecânica ao crescimento de raízes, pH variando pouco ácido ao pouco alcalino, teor de nutrientes adequados para cada tipo de solo, capacidade de troca iônica, entre outros (SILVA et al., 2009).

Dentre estas propriedades físicas do solo, destaca-se a capacidade de infiltração da água no solo, que representa a intensidade máxima que um solo tem de absorver água a uma determinada taxa, sendo esta água proveniente da chuva ou irrigação, em dada condição e tempo. (SALES et al., 1999; SOBRINHO et al., 2003). Sendo o processo de infiltração importante por constituir o ciclo hidrológico e ser fator determinante na disponibilização de água para as culturas, além de ser responsável pela recarga de aquíferos subterrâneos, influenciando no manejo do solo e da água. Além da infiltração, a condutividade hidráulica do solo é uma propriedade que expressa a facilidade com que a água se movimenta, sendo extremamente importante sua utilização na agricultura, afetando, conseqüentemente, a produção das culturas e a preservação do solo e do ambiente (MARQUES et al., 2008; GONÇALVES; LIBARDI, 2013).

Diante da importância destes parâmetros, este trabalho teve como objetivo estudar a infiltração de água e condutividade hidráulica em dois solos irrigados de características distintas e diferentes manejos, na cidade de Juazeiro-BA.

MATERIAL E MÉTODOS

Duas áreas amostrais foram escolhidas para o desenvolvimento do estudo. A área de amostragem um (A1) pertence ao Centro de Agroecologia, Energias Renováveis e Desenvolvimento Sustentável da Universidade do Estado da Bahia, localizada em Juazeiro, à margem direita do Rio São Francisco com Latitude 9°24'42" S; Longitude 40°29'55" W. Esta área é característica por apresentar solo de textura arenosa sob cultivo tradicional de café em consórcio com mamão e irrigação por aspersão. A área de amostragem dois (A2) localiza-se no Projeto Salitre, na cidade de Juazeiro no Estado da Bahia à margem direita do Rio São Francisco com Latitude: 9° 31' S e na Longitude: 40°15' W. Esta área continha solo de textura argilosa e estava sob o cultivo de mangueiras irrigadas.

Para determinação da infiltração de água no solo usou-se o método de anéis concêntricos de carga hidráulica constante, dos quais os cilindros com 25 e 50 cm de diâmetro foram cravados ao solo concêntricamente, ambos com 30 cm de altura. Após

instalados, depositou-se água ao mesmo tempo aos dois anéis e, posteriormente, foi acompanhado o volume de infiltração vertical no anel interno, em intervalos de tempo constantes iniciados aos dois minutos (FAGUNDES; KOETZ, 2012)

Para o estudo da condutividade hidráulica do solo saturada (K_0) foram utilizadas amostras com estrutura deformada, sendo coletadas em profundidade de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm nas duas áreas em estudo. A obtenção de K_0 se deu pela metodologia de Youngs (1991), utilizando permeâmetro de carga constante, sendo o método consistido basicamente a manter uma carga hidráulica por meio de uma lâmina de água de espessura constante (l), em um sistema montado em um Frasco de Mariotte. Quando toda a seção do permeâmetro estivesse contribuindo, cronometrou-se o tempo para o recolhimento de um Volume (V), de modo a medir o volume da solução drenado em função do tempo, a vazão (Q).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final do teste de condutividade hidráulica foram observados diferentes comportamentos para os solos analisados. No solo obtido na área do CAERDES/UNEB foi encontrada uma condutividade hidráulica maior na camada de 0 a 20 cm, com média de $10,18 \text{ m dia}^{-1}$ e menor valor na camada de 20 a 40 cm ($9,792 \text{ m dia}^{-1}$). Situação contrária foi observada no solo do Salitre em que a primeira camada de solo (0-20 cm) apresentou media para a K_0 superior a segunda camada (20-40 cm) com $8,028$ e $9,59 \text{ m dia}^{-1}$ respectivamente. Mesmo com comportamentos diferentes, ambos os solos apresentaram uma K_0 muito rápida e acordo com classificação de Bernardo et al. (2006), pois todos os valores se mostraram superiores a 6 m dia^{-1} (Tabela 1).

A condutividade hidráulica muito rápida refletiu em uma infiltração acumulada e uma velocidade de infiltração também muito alta. No teste de infiltração com anéis concêntricos realizado no solo do Salitre, foi observado que a infiltração acumulada neste solo em um período de 120 minutos apresentou um valor de $57,3 \text{ cm}$ e conseqüentemente um valor médio de velocidade básica de infiltração de $7,058 \text{ m dia}^{-1}$

No solo do CAERDES/UNEB a infiltração acumulada durante a realização do ensaio foi de $38,20 \text{ cm}$, o que resultou em uma velocidade de infiltração básica (VIB) de $5,016 \text{ m dia}^{-1}$. Mesmo o solo do CAERDES apresentando condutividade hidráulica superior ao solo do Salitre, foi constatado que a velocidade de infiltração neste solo foi inferior. Este fato pode ser possivelmente devido a presença de uma camada de cobertura morta proveniente da roçagem das ervas espontâneas da área de cultivo da manga, que favoreceu a maior velocidade de infiltração do solo do Salitre (BRANDÃO et al., 2006). Além disto, o solo presente no CAERDES é característico por apresentar textura arenosa, o que favorece o aumento da velocidade de infiltração da água no solo.

Tabela 1. Determinação de condutividade hidráulica de solo (K_0) pelo método de permeâmetro de carga constante, Juazeiro-Ba, 2016

	CAERDS - Solo Arenoso		Salitre - Solo Argiloso	
	Profundidade (cm)			
	0 – 20	20 – 40	0 – 20	20 – 40
	Condutividade hidráulica (K_0) em mm h^{-1}			
R1	375,0	408,0	326,4	310,2
R2	473,4	342,6	334,5	489,6

R3	424,2	473,4	342,6	399,9
Média K_0 em $m\ dia^{-1}$				
	10,18 [‡]	9,792 [‡]	8,028 [‡]	9,59 [‡]

[‡] Condutividade hidráulica classificada como muito rápida ($> 6\ m\ dia^{-1}$); R- repetição das amostras de solo.

Na Figura 1 pode ser observado que a velocidade de infiltração quando confrontada com o tempo de realização do teste apresentou uma curva de tendência potencial, onde a velocidade de infiltração é função do produto de uma constante igual a 88,633 com o tempo elevado a -0,239 e um coeficiente de determinação de 0,9757 para o solo do Salitre (Figura 1A), valor semelhante foi observado por Gomes Filho, et al.(2011) em um Plintossolo Háplico sob ação antrópica a mais de cinco anos. No entanto, para o solo do CAERDES/UNEB a curva de tendência apresentou uma equação igual a $73,678t^{-0,269}$ com um coeficiente de determinação de 0,9965 (Figura 1B).

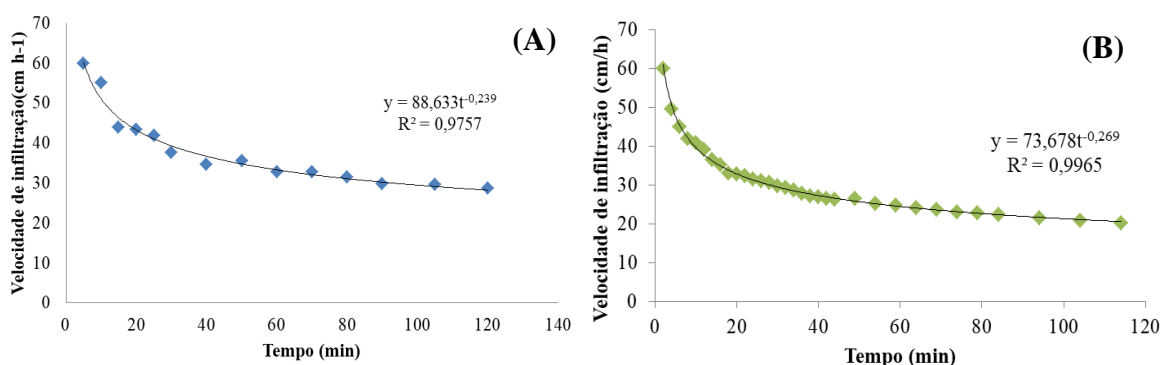


Figura 1. Curva de velocidade de infiltração em função do tempo de realização do teste no solo do Salitre (A) e no CAERDES/UNEB (B), Juazeiro – BA.

CONCLUSÕES

Conclui-se que nas condições analisadas os solos estudados apresentaram uma rápida condutividade hidráulica e conseqüentemente uma alta velocidade de infiltração básica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FAGUNDES, A. A. E.; KOETZ, M.; et al. Determinação da Infiltração e Velocidade de Infiltração de Água Pelo Método de Infiltrômetro de Anel em Solo de Cerrado no Município de Rondonópolis-MT. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 8, n. 14, 2012. 369 p.

GONÇALVES, A. M. D.; LIBARDI, L. P. Análise da Determinação da Condutividade Hidráulica do Solo Pelo Método do Perfil Instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1174-1184, 2013.

MARQUES, O. D. J.; et al. Avaliação da condutividade hidráulica do solo saturada utilizando dois métodos de laboratório numa topossequência com diferentes coberturas vegetais no Baixo Amazonas. **Revista Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 193-206, 2008.

SALES, L. E. O.; et al. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2091-2095, 1999.

SILVA, M. F.; CHAVES, S. M.; LIMA, C. M. **Geografia Física II: Propriedades dos solos – características químicas e mineralógicas**. Natal: Ed. da UFRN, 2009. 294 p.

SOBRINHO, T. A.; et al. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 191-196, 2003.

YOUNGS, E. G.; Hydraulic conductivity of saturated soils. In: SMITH, K.A.; MULLINS, C.E. (Ed). Soil analysis: physical methods. **New York: Marcel Dekker**. p. 161-207, 1991.

ANÁLISE DESCRITIVA DE UMA SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS PARA A CIDADE DE CARUARU

Artur Paiva Coutinho¹, Larissa Fernandes Costa², Ana Emília Carvalho de Gusmão da Cunha Rabelo³, Edevaldo Miguel Alves⁴, Antonio Celso Dantas Antonino⁵

¹Professor Adjunto, Núcleo de Tecnologia - UFPE, Caruaru, Pernambuco, arthur.coutinho@yahoo.com.br;

²Doutoranda em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Dep. de Energia Nuclear -UFPE, Recife, Pernambuco, larissafercosta@hotmail.com; ³Mestranda em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Dep. de Energia Nuclear -UFPE, Recife, Pernambuco, anaerabelo@gmail.com; ⁴Professor Adjunto, Núcleo de Tecnologia - UFPE, Caruaru, Pernambuco, edevaldofisica@gmail.com; ⁵Professor Titular, Dep. de Energia Nuclear - UFPE, Recife, Pernambuco, acdantonino@gmail.com.

RESUMO: O entendimento dos padrões das precipitações máximas é fundamental para a estimativa das precipitações máximas, bastante utilizadas na estimativas de chuvas de projetos e de vazões de projeto. A hidrologia estatística usa várias medidas descritivas para compreender o perfil de distribuição de chuvas de uma região. Utilizaram-se, neste trabalho, a série histórica de precipitações, disponíveis na página (web) da Agência Nacional das Águas (ANA, 2016), com uma série de precipitação de 57 anos de observações diárias para a cidade de Caruaru. Foram calculadas diversas medidas de uma série histórica de precipitações máximas como média, mediana, moda, curtose, coeficiente de assimetria. Os resultados permitiram concluir que as precipitações máximas apresentam distribuição assimétrica positiva. O grau de assimetria é considerado moderado. Quanto ao grau de achatamento, a distribuição é considerada leptocúrtica.

PALAVRAS-CHAVE: hidrologia estatística, semiárido, precipitações máximas.

DESCRIPTIVE ANALYSIS OF A HISTORICAL SERIES OF MAXIMUM PRECIPITATIONS TO THE CITY OF CARUARU

ABSTRACT: The knowledge of the maximum precipitation patterns is fundamental for an estimation of the maximum precipitations. These are widely used to estimate projects rainfall and project outflows. The statistical hydrology uses several descriptive measures to understand the rainfall distribution profile of a region. A historical series consisting of rainfalls with a precipitation series of 57 years of daily observations for the Caruaru station were used in this work. These data are available on the web page of the Agência Nacional das Águas (ANA), 2016. Several measures of a historical series of maximum precipitations were calculated, such as the average value, median, mode, kurtosis, asymmetry coefficient. The results allow a conclusion that the maximum precipitations present positive asymmetric distribution. The asymmetry degree is considered moderate. In terms of flattening degree, the distribution is considered leptokurtic.

KEY-WORDS: Statistical hydrology, semi-arid, maximum precipitations

INTRODUÇÃO

O detalhamento das medidas descritivas de uma série histórica de precipitação pluviométrica máxima é fundamental para avaliar os padrões de chuva de uma região. A estatística descritiva é uma ferramenta que permite o conhecimento de medidas que

resumem o perfil pluviométrico, bem como a variabilidade temporal de uma série de precipitações. O entendimento dos padrões das precipitações máximas é fundamental para a estimativa dessa precipitações máximas, bastante utilizadas na estimativas de chuvas de projetos (COUTINHO et al., 2013a-b) e de vazões de projeto. A hidrologia estatística usa várias medidas descritivas para compreender o perfil de distribuição de chuvas de uma região. Utilizaram-se, neste trabalho, a série histórica de precipitações, disponíveis na página (web) da Agência Nacional das Águas (ANA, 2016), com uma série de precipitação de 57 anos de observações diárias para a cidade Caruaru. Foram calculadas diversas medidas de uma série histórica de precipitações máximas como média, mediana, moda, curtose, coeficiente de assimetria.

Esse trabalho demonstra a aplicação do cálculo de medidas descritivas como por exemplo, medidas de posição e achatamento, em uma série de precipitações pluviométricas máximas para a cidade de Caruaru.

MATERIAL E MÉTODOS

Uma série histórica consistida de precipitações, disponíveis na página (web) da Agência Nacional das Águas (ANA, 2016), com uma série de precipitação de 57 anos de observações diárias para a estação Caruaru de código 00835009, foram coletadas e usadas para análise descritiva das precipitações máximas da cidade de Caruaru.



Figura 6: Localização do município de Caruaru no Estado de Pernambuco (PESSÔA et al., 2016).

Foram calculadas, em uma série de precipitações máximas, medidas descritivas como média, mediana, moda, curtose e coeficiente de assimetria, segundo as seguintes equações, conforme Naghettini & Pinto (2007).

- Média \bar{X} [L]

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

- Variância da amostra S^2 [L]

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \quad (2)$$

– Desvio Padrão S [L]

$$S = \sqrt{S^2} \quad (3)$$

Sendo n o número total de valores, x_i cada valor, em que $i = 1, \dots, n$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as medidas descritivas para a cidade de Caruaru. O valor médio das precipitações máximas foi de 54,12 mm. Observa-se que as precipitações máximas apresentam distribuição assimétrica positiva, uma vez que a moda é menor que a mediana e menor que a média. Além disso, o grau de assimetria é considerado moderado uma vez que o coeficiente de Pearson está entre 0,15 e 1,0. Quanto ao grau de achatamento, a distribuição é considerada leptocúrtica, uma vez que o grau de achatamento definido pela curtose é menor que 0,263.

Tabela 8- Medidas descritivas para a estação caruaru de código 00835009

Média (mm)	54,12
Mediana (mm)	51,3
Moda (mm)	50
Desvio padrão (mm)	23,91
Variância da amostra (mm)	571,60
Curtose (mm)	0,2217
Assimetria (mm)	0,495
Intervalo (mm)	108,7
Mínimo (mm)	11,3
Máximo (mm)	120
Contagem (mm)	57

O box-plot dos valores máximos das precipitações máximas está ilustrado na Figura 2.

A mediana apresentou um valor de 51,3 mm. Cerca de cinquenta por cento dos dados estão entre o primeiro quartil e o terceiro quartil, com valores de 37 e 66 mm respectivamente.

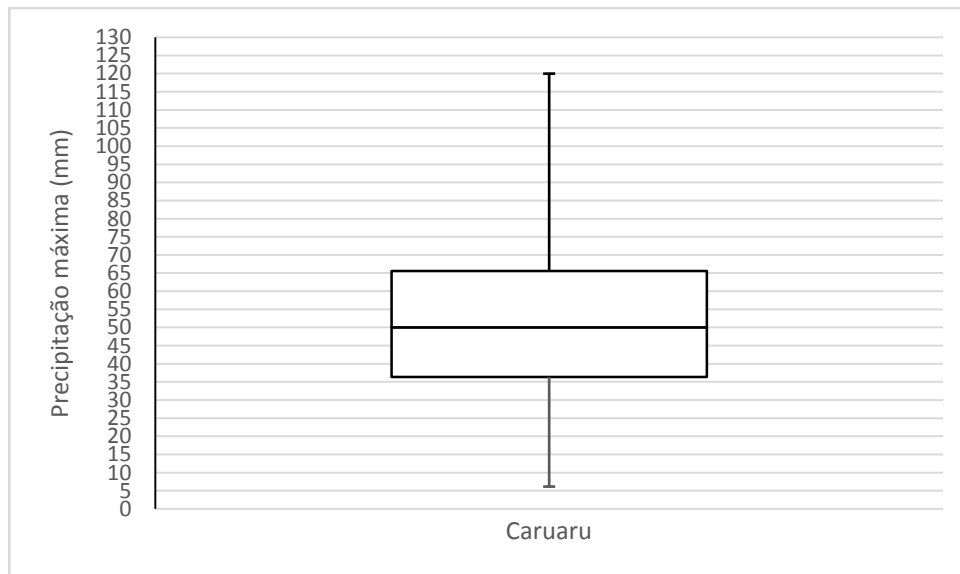


Figura 7: Box-plot dos valores máximos das precipitações máximas.

CONCLUSÕES

As precipitações máximas apresentaram distribuição assimétrica positiva, uma vez que a moda é menor que a mediana e menor que a média. O grau de assimetria é considerado moderado. Quanto ao grau de achatamento, a distribuição é considerada leptocúrtica.

AGRADECIMENTOS

Ao INCT-ONDACBC, centro de referência nacional e internacional na realização de atividades de pesquisa para o levantamento de dados climáticos, ec hidrológicos, e de ciclagem biogeoquímica de carbono nos estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.

O INCT-ONDACBC foi aprovado na chamada pública MCTI/CNPQ/CAPES/FAPS Nº 16/2014 PROGRAMA INCT e está sendo financiado pela FACEPE, CAPES (processo Nº 88887.136369/2017-00) e CNPq (processo Nº 465764/2014-2

REFERÊNCIAS

COUTINHO A. P., LEITE L. L. L., RIBAS L. V., ANTONINO A. C. D., CABRAL J. J. S. P., MONTENEGRO S. M. G. L. Coletânea de Equações de Chuvas Intensas para o Estado de Pernambuco In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ISSN 2318-0358, 2013a, Bento Gonçalves, RS.

COUTINHO, A. P., RIBAS, L. V., LEITE, L. L. L., CELSO, A., ANTONINO, D., CABRAL, J. J. D. S. P., & LIMA, S. M. G. Determinação de Equações de Chuvas

Intensas para Municípios das Mesorregiões do Estado de Pernambuco através do Método de Bell. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ISSN 2318-0358, 2013b, Bento Gonçalves, RS.

NAGHETTINI, M.;PINTO, E. J. de A.;**Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 552 p., 2007.

PESSÔA H. C. C., DA SILVA, E. T., COUTINHO, A P., ALVES, E. M., BEZERRA S. T. M. Determinação de equação de chuvas intensas para a cidade de Caruaru por meio do método de Bell. In: XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2016, Aracaju, SE.

ANÁLISE ESPACIAL DO BALANÇO HÍDRICO NA CAATINGA DA BACIA DO RIO PONTAL

Rodrigo de Queiroga Miranda¹, Josiclêda Domiciano Galvêncio², Magna Soelma Beserra De Moura³, Charles Allan Jones⁴, Raghavan Srinivasan⁵

¹Pesquisador pós-doc, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, rodrigo.qmiranda@gmail.com; ² Professor associado I, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, joscileda@gmail.com; ³ Pesquisador A, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi Árido, Petrolina, Pernambuco, magna_upa@hotmail.com; ⁴ Pesquisador visitante no exterior, Texas A&M University, College Station, Texas, Estado Unidos, cajones@tamu.edu; ⁵ Pesquisador visitante no exterior, Texas A&M University, College Station, Texas, Estado Unidos, r-srinivasan@tamu.edu

RESUMO: Mudanças na cobertura e uso da terra têm desencadeado mudanças drásticas na cobertura vegetal em várias partes do planeta Terra, causando grandes perdas, modificações e fragmentação de habitats, além da degradação do solo e da água, o que afeta vários microclimas, composição de espécies, interações e estrutura trófica de comunidades. Este estudo tem como objetivo analisar o balanço hídrico da Caatinga na bacia do rio Pontal. A bacia hidrográfica do rio Pontal está localizada em uma região oeste do estado de Pernambuco, e ocupa uma área de 6.057 km². O SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) requer dados observados em quatro componentes essenciais: relevo, clima, solos, e uso e cobertura da terra. O projeto foi criado com o auxílio da ferramenta ArcSWAT, e configurado para simular mensalmente 7 anos, iniciando em 2004 até 2010. No centro da bacia, a Caatinga é mais densa, e a Evapotranspiração é maior. O escoamento superficial foi maior nas áreas norte e sul, onde a densidade da Caatinga também é menor. Normalmente, esse padrão seria inversamente proporcional a percolação devido à pobre infiltração de água no solo em áreas de vegetação esparsa, mas devido à forte influência da ET nas áreas de vegetação mais densa, a maior parte do volume de água é direcionado para atender as demandas de transpiração. A compreensão do balanço hídrico é fundamental, uma vez que estas áreas naturalmente servem de tampão para o escoamento superficial, que está intimamente relacionado com perda de safras e deslizamentos de terra em áreas residenciais.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga, Evapotranspiração, Índice de Área Foliar.

SPATIAL ANALYSIS OF THE CAATINGA WATER BALANCE IN THE PONTAL WATERSHED

ABSTRACT: Changes in land cover have triggered drastic changes in vegetation cover in many parts of the planet Earth, causing major losses, habitat modification and fragmentation, and soil and water degradation, which affects several microclimates, species composition, interactions and trophic structure of communities. This study aims to analyze the water balance of the Caatinga in the Pontal river basin. This basin is located at western of the state of Pernambuco, and occupies an area of 6.057 km². The SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) requires observed data for four essential components: slope, climate, soil, and land cover. The SWAT project was created using the ArcSWAT tool, and configured to simulate 7 years, starting in 2004 until 2010. In the center of the basin, the Caatinga is denser, and evapotranspiration is larger then in its borders. The surface runoff was higher in the northern and southern areas, where the Caatinga density is low. Normally, this pattern would be inversely proportional to percolation due to poor infiltration of soil water into sparse vegetation areas, but due to the strong influence of ET in denser vegetation areas, most of the water volume is

directed towards meet the demands of transpiration. Understanding the water balance is important as these areas naturally serve as a buffer for runoff, which is closely related to crop loss and landslides in residential areas.

KEY-WORDS: Caatinga, Evapotranspiration, Leaf Area Index.

INTRODUÇÃO

Mudanças na cobertura e uso da terra têm desencadeado mudanças drásticas na cobertura vegetal em várias partes do planeta Terra, afetando assim o clima, principalmente a nível regional, por meio de distúrbios nos balanços hídrico e de energia (FOLEY et al., 2005). A conversão de uso causa grandes perdas, modificações e fragmentação de habitats, além da degradação do solo e da água (PIMM; RAVEN, 2000), o que afeta vários microclimas, distribuição espacial e composição de espécies, interações de espécies, estrutura trófica de comunidades e movimento de indivíduos ou migração. No Brasil, um dos ecossistemas mais degradados é a Caatinga, que está entre os mais ameaçados do planeta Terra, com altas taxas de conversão da vegetação nativa em agricultura, atualmente ultrapassando 60% de sua área original (MENEZES et al., 2012). No estado de Pernambuco, vêm sendo estabelecidas políticas pelo governo de Pernambuco, e.g. Lei nº 14.090, de 17 de junho de 2010, que visam regulamentar, e empregar esforços e capital financeiro em pesquisas para determinar a máxima eficiência de exploração dos recursos naturais em longo prazo, levando em consideração todas as suas implicações hidroecológicas, afim de assegurar a biodiversidade e os serviços ambientais prestados pela Caatinga, e por isso modelar as alterações que vem acontecendo a nível de bacia tem se tornado cada vez mais importante.

Marchant et al. (1999), há 20 anos atrás, já apontavam as consequências do desmatamento de florestas nativas: erosão do solo, lixiviação e perda de nutrientes, compactação do solo; para o ciclo hidrológico: menor interceptação de chuvas, e evapotranspiração (ET), e em alguns locais impactos climáticos que causaram uma redução na precipitação (P). Entretanto, pouco se sabe dos impactos hidrológicos que o desmatamento da Caatinga vem causando. Dessa forma, afim de elucidar esses mecanismos, este estudo tem como objetivo analisar o balanço hídrico da Caatinga na bacia do rio Pontal.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: A bacia hidrográfica do rio Pontal está localizada em uma região oeste do estado de Pernambuco, entre as coordenadas 08° 19' 00' S, 40° 11' 42' W e 09° 13' 24' S, 41° 20' 39" W, e ocupa uma área de 6.057 km², 6,12% do estado. **Dados de entrada no modelo:** O SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) requer dados observados em quatro componentes essenciais: (i) relevo com dados espaciais do relevo foram obtidos pela base de dados da EMBRAPA Relevo; (ii) clima com dados climáticos da série obtidos para os anos de 2005 a 2010 através da base de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia); (iii) solos com dados espaciais das características dos solos obtidos através de dois bancos de dados: (a) Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (ZAPE) e (b) base de dados da EMBRAPA Solos; (iv) uso e cobertura da terra com dados iniciais de uso e cobertura obtidos através de imagens MSS/Landsat 1-3, ETM+/Landsat 7 e OLI/Landsat 8 com série de 1975–2013. **Geração do projeto:** nesta etapa o projeto foi criado com o auxílio da ferramenta ArcSWAT. Os mapas de uso foram processados utilizando a ferramenta

SWAT2009_LUC_64bit.exe. ArcSWAT foi configurado para delimitar 59 subbacias e 285 HRUs (Hydrological Response Units); Range Brush foi o tipo vegetacional disponível no banco de dados do SWAT escolhido para representar a Caatinga. O SWAT foi configurado para simular mensalmente 7 anos, iniciando em 2004 até 2010 com dois anos para o período de aquecimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No modelo SWAT, a água advinda da precipitação pode (i) atingir o solo ou (ii) ser interceptada pela vegetação. Ao cair no solo, a água infiltrará na superfície até o perfil do solo ou produzirá Q_s . A água infiltrada pode ser retida no solo e evapotranspirar ou lentamente percolar para camadas mais profundas. Ao ser interceptada pela vegetação, a água é retida e disponibilizada diretamente para evaporação. A interação entre vegetação e hidrologia é mais acentuada em regiões áridas do que em regiões úmidas. Em regiões semiáridas, ET é responsável pela maior parte do fluxo de água no balanço hídrico. Na Caatinga, 85,03% da água da chuva é evapotranspirada contra 2,45% para escoamento superficial, 3,58% para percolação, e apenas 0,41% para fluxo de base. A Evapotranspiração (ET) e o Índice de Área Foliar (IAF) apresentaram padrão semelhante. No centro da bacia, a Caatinga é mais densa, e ET é maior (Figura 1). Variações em IAF afetam não só gradientes micrometeorológicos, e.g. luz, temperatura e umidade (MEYERS; PAW, 1987), mas também os fluxos de água entre a floresta e a atmosfera (MIRANDA et al., 2017). Em regiões semiáridas, a interceptação pela vegetação é frequentemente significativa, pois muitas das espécies são adaptadas ao baixo potencial hídrico do solo. No geral, o escoamento superficial (Q_s) foi maior nas áreas norte e sul, onde a densidade da Caatinga também é menor. Esse aumento está associado a maiores valores de CN para as áreas com floresta esparsa, ou menor interceptação (PEREIRA et al., 2014). Normalmente, esse padrão seria inversamente proporcional a percolação (W_s) devido à pobre infiltração de água no solo em áreas de vegetação esparsa, mas devido à forte influência de ET nas áreas de vegetação mais densa, a maior parte do volume de água é direcionado para atender as demandas de transpiração, resultante do alto consumo de água para trocas gasosas (AGAM; BERLINER, 2006), e de evaporação da água no solo, resultante da alta ET_0 .

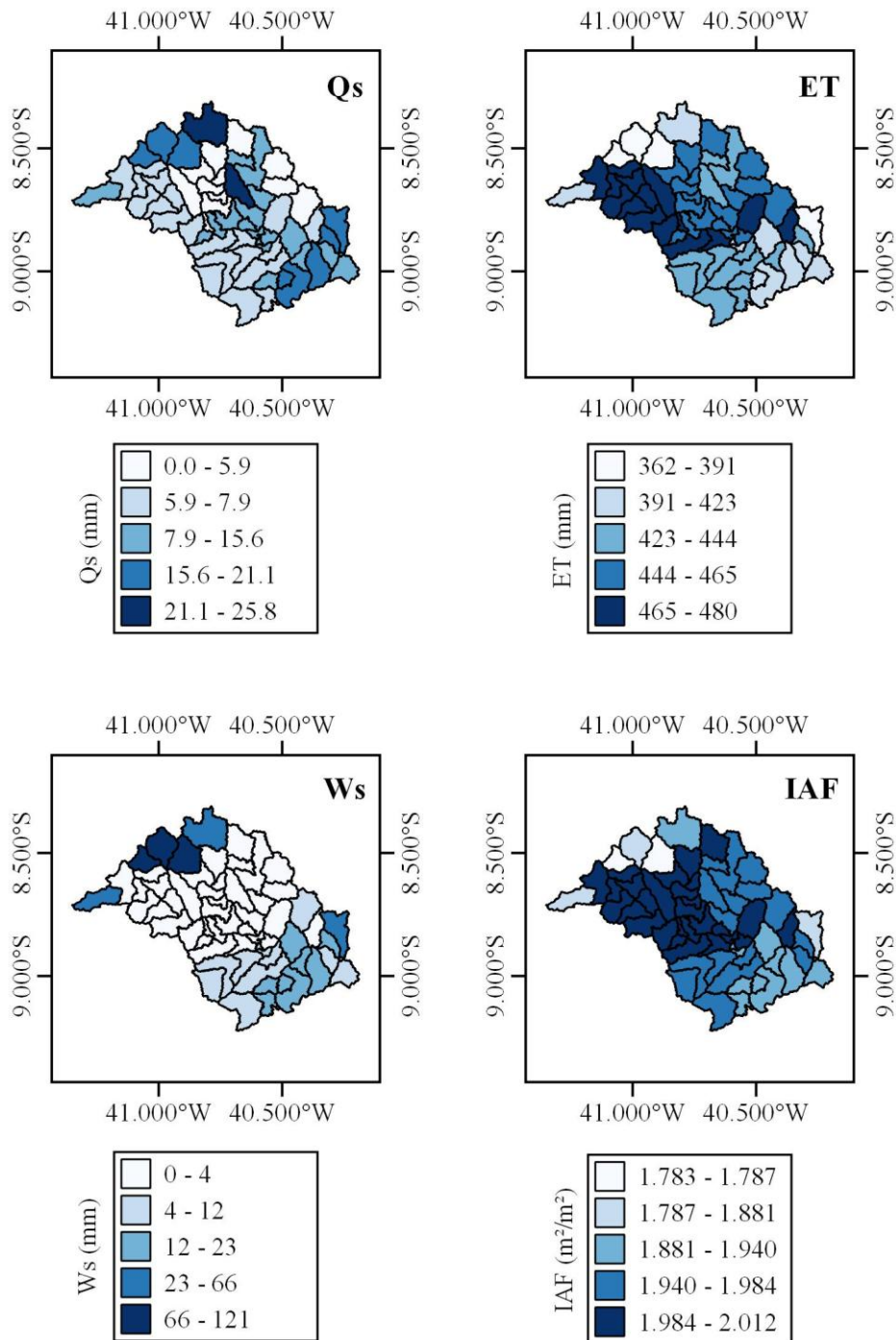


Figura 1. Espacialização da média temporal do escoamento superficial (Q_s), evapotranspiração (ET), percolação (W_s), e Índice de Área Foliar (IAF) simulados para a Caatinga nos anos de 2006 a 2010.

CONCLUSÕES

A compreensão do balanço hídrico, em especial em florestas nativas de regiões áridas e semiáridas, é fundamental para a resolução de muitos problemas relacionados à agricultura e ao planejamento municipal, uma vez que estas áreas naturalmente servem

de tampão para o escoamento superficial, que está intimamente relacionado com perda de safras inteiras e deslizamentos de terra em áreas residenciais.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (483223/2011-5), à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (APQ-0062-1.07/15), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (PVE A103/2013) pelo financiamento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGAM, N.; BERLINER, P. R. Dew formation and water vapor adsorption in semi-arid environments—A review. **Journal of Arid Environments**, v. 65, n. 4, p. 572–590, jun. 2006.

FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. **Science (New York, N.Y.)**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.

MARCHANT, R.; KELLMAN, M.; TACKABERRY, R. Tropical Environments: The Functioning and Management of Tropical Ecosystems. **The Geographical Journal**, v. 165, n. 3, p. 331, nov. 1999.

MENEZES, R. S. C. et al. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3 Suppl, p. 643–53, 2012.

MEYERS, T. P.; PAW, K. T. Modelling the plant canopy micrometeorology with higher-order closure principles. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 41, n. 1–2, p. 143–163, 1987.

MIRANDA, R. D. Q. et al. Reliability of MODIS Evapotranspiration Products for Heterogeneous Dry Forest: A Study Case of Caatinga. **Advances in Meteorology**, v. 2017, n. 14, p. 1–14, 2017.

PEREIRA, D. DOS R. et al. Impacts of deforestation on water balance components of a watershed on the Brazilian East Coast. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1350–1358, ago. 2014.

PIMM, S. L.; RAVEN, P. Biodiversity: Extinction by numbers. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 843–845, 24 fev. 2000.

PADRÕES E TENDÊNCIAS DAS CHUVAS EM GOIÂNIA-GO

Derblai Casaroli¹, Tallyta Ramalho Rodrigues², Angélica Pires Batista Martins², Adão Wagner Pêgo Evangelista³, José Alves Júnior¹

¹Eng. Agrônomo, Doutor em Agronomia, Engenharia de Biosistemas, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, derblai@ufg.br; josealvesufg@yahoo.com.br; ²Alunos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, trr.ramalho@gmail.com; angelicapires.agro@gmail.com; ³Eng. Agrícola, Doutor em Eng. Agrícola, Engenharia de Biosistemas, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, awpego@pq.cnpq.br

RESUMO: A precipitação pluviométrica é um elemento climático relevante para diferentes áreas do conhecimento, tais como: agricultura, manejo de bacias, previsões de tempo e drenagem urbana. O objetivo deste trabalho foi caracterizar os padrões de chuva para o município de Goiânia-GO. Foram utilizados dados de 36 anos de dados diários de chuva. A precipitação anual foi de 1.494,66 mm ($\sigma \pm 187,8$ mm), com tendência de redução a uma taxa igual a 3,7 mm ano⁻¹. Na estação chuvosa registrou-se uma média de 34,1 mm por quinquídio, enquanto na estação seca esta média foi igual a 3,8 mm. Observou-se que 99% das precipitações diárias são $P \leq 50$ mm dia⁻¹. Registraram-se 292 dias sem chuva e 72 dias chuvosos, com tendência de redução dos dias chuvosos e aumento de dias secos. Não foi detectado um padrão de variação na precipitação pluviométrica em anos de ocorrência dos Fenômenos ENOS-Oscilação Sul, entretanto, observaram-se valores acima ou abaixo da normal climática.

PALAVRAS-CHAVE: Volume pluviométrico; Cerrado goiano; Variabilidade climática.

Rainfall patterns and trends in Goiânia-GO

ABSTRACT: Rainfall is climatic variable relevant to different areas of knowledge, such as: agriculture, watershed management, weather forecasting and urban drainage. This work aimed to characterize the rainfall patterns to Goiânia city, Brazil. Data of 36 years for rainfall were used. The annual rainfall was 1,494.66 mm ($\sigma \pm 187.8$ mm), that showed reduction trend to 3.7 mm year⁻¹. In the rainy season an average of 34.1 mm per quinquidium was registered, while in the dry season this average was equal to 3.8 mm. It was observed that 99% of the daily rainfall is ≤ 50 mm day⁻¹. It was recorded 292 days without rain and 72 rainy days, with tendency to reduce rainy days and increase of dry days. Rainfall pattern variation was not detected in years of occurrence of the ENSO-Southern Oscillation Phenomenon, however, we observed values above or below normal climatic conditions.

KEY-WORDS: Rainfall volume; Brazilian Savanna; Climate variability

INTRODUÇÃO

O clima predominante no Estado de Goiás é o Tropical sazonal, de inverno seco. Em geral a precipitação pluviométrica varia de 1.200 a 1.400 mm ano⁻¹. Em regiões agrícolas que têm por característica períodos de déficit hídrico, como o Estado de Goiás, estudos relacionados à oferta e demanda por recursos hídricos possuem elevada importância. Níveis de déficit hídrico durante estádios críticos de desenvolvimento das culturas agrícolas (germinação, emergência, floração e enchimento de grãos) podem acarretar em quebras de produtividade (VIVAN et al., 2013).

O estudo das distribuições de variáveis climáticas no tempo, determinando seus padrões de ocorrência e permitindo a previsibilidade, é uma ferramenta de grande valor para o planejamento e gestão de inúmeras atividades agropecuárias e humanas.

Desta forma, este estudo teve como objetivo caracterizar os padrões de chuvas e de evapotranspiração potencial para o município de Goiânia-GO.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi analisada uma série histórica de dados diários de precipitação pluvial para o período de 1979 a 2015 (36 anos). Os dados foram obtidos na estação meteorológica da Universidade Federal de Goiás, localizada no município de Goiânia-GO (16° 40' S; 49° 15' W; altitude 730 m). Segundo Köppen, o clima é do tipo Aw, com temperatura média anual de 22,5 °C, e regime pluviométrico bem definido, com estação chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro), sendo a média anual de 1460 mm.

Os dados diários de precipitação foram agrupados em períodos anuais e de quinquídios (cinco dias). Determinaram-se as médias e desvio-padrão anuais, para a estação seca e chuvosa, e para os quinquídios. Também foram identificados os dias secos e chuvosos, seguindo a metodologia proposta por Sans et al. (2001) que considera dias chuvosos com precipitação $P > 5,0$ mm, e dias secos $P \leq 5,0$ mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período avaliado (1978-2015) observou-se uma média de precipitação pluvial anual $\bar{P}=1.494,7$ mm, com desvio-padrão médio de 187,6 mm, que representa uma variabilidade de 12,55% da média, sendo os valores de mínimo e máximo iguais a 1.044,20 mm (2007) e 2.067,20 (1982), respectivamente (Figura 1a). Esta variabilidade tanto nas médias de precipitações temporais quanto espaciais já foram identificadas em outros estudos tanto para a região centro-oeste (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014) quanto para a região metropolitana de Goiânia-GO, determinando valores entre 1400-1600 mm ano⁻¹, sendo as maiores precipitações observadas no município de Piracanjuba-GO e as menores em Inhumas-GO e Palmeiras de Goiás-GO (CARDOSO; MARCUZZO; MELO, 2011).

Foi possível observar uma variação cíclica nas médias anuais de precipitação, onde ocorreram valores 24,6% menores que a média ($\bar{P} > 1.126,5$ mm), em intervalos de aproximadamente cinco anos (1984, 1990, 1993, 1999, 2007 e 2015) (Figura 1a). Na mesma figura, observaram-se precipitação 26,5% maiores que a média ($\bar{P} < 1890,9$ mm ano⁻¹), para os anos 1982, 1983 e 1989, ficando os demais valores dentro da faixa de variabilidade, dada pelo desvio-padrão médio (Figura 1a). Vale destacar que há uma tendência geral de redução da precipitação média anual de 3,71 mm ano⁻¹ ($R^2=53,2\%$) (Figura 1a). Este decréscimo já foi verificado em outros estudos para esta região, com precipitação pluviométrica anual média reduzindo em torno de 6,0 mm ano⁻¹, sendo janeiro o mês mais afetado, podendo reduzir até 3,0 mm ano⁻¹ (MARCUIZZO; FARIA; PINTO FILHO, 2012).

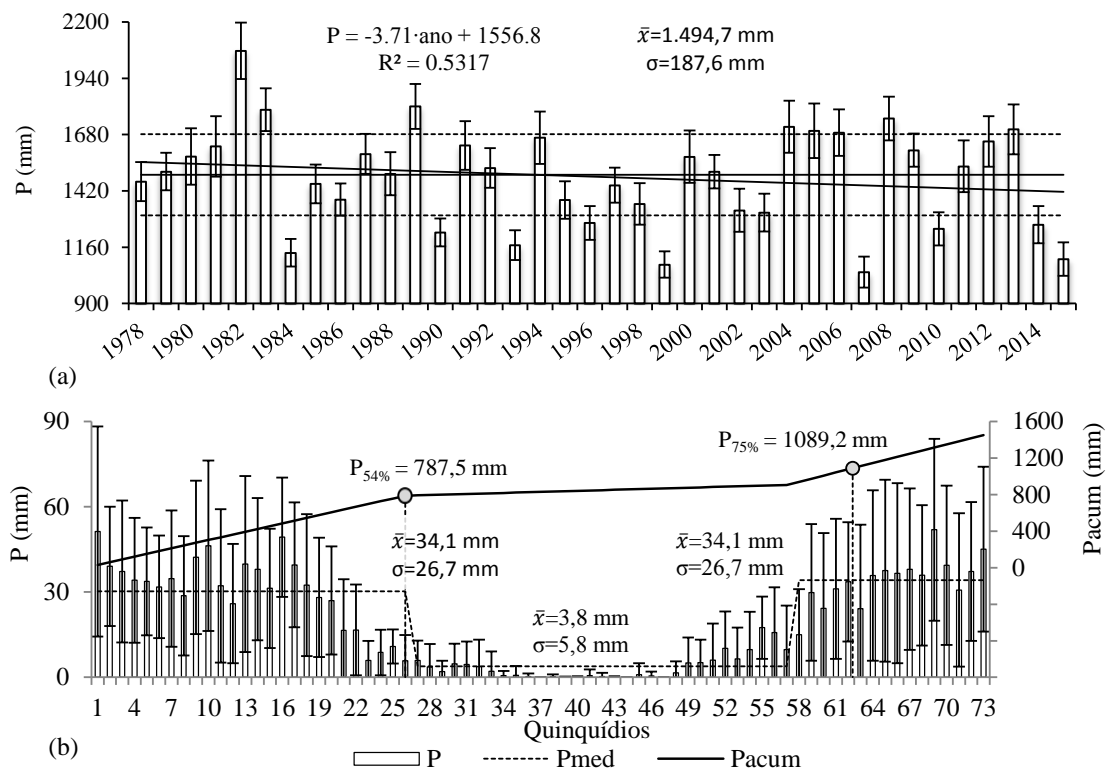


Figura 1. Distribuição da precipitação pluvial (P) anual (a) e por quinquídios (b), para o município de Goiânia-GO, no período de 1978 a 2015. As linhas pontilhadas (a) e barras (b) representam o desvio-padrão médio.

Ainda no Centro-oeste, Cardoso, Marcuzzo e Barros (2014) registraram uma precipitação média anual entre 1.000 e 1.200 mm, no entanto, essa média refere-se apenas a 10 anos de observação (1989-1998). Precipitações médias anuais entre 741 e 1.335 mm foram registradas para regiões com classificação climática semelhante à deste estudo (PIZZATO et al., 2012).

Os anos com precipitações acima (1982, 1983 e 1989) ou abaixo (1984, 1990, 1993, 1999, 2007 e 2015) da média (Figura 1a) foram marcados pelos fenômenos oceano-atmosféricos ENOS-Oscilação Sul, também conhecidos como El Niño (EN) e La Niña (LN), fases quente e fria do fenômeno, respectivamente. Assim, o El Niño ocorreu nos anos 1982/83 (Forte), 1991/92 (Forte), 1997/98 e 2015/16 (Forte), não evidenciando um padrão de redução ou aumento nas precipitações. O mesmo foi observado para os eventos de La Niña, que ocorreram em 1984/85 (Frac), 1988/89 (Forte), 1998/1999 (Moderada) e 2007/08 (Moderada) (NOAA, 2017).

Embora não se tenha identificado um padrão de ocorrência dos Fenômenos ENOS e as precipitações para o município de Goiânia-GO, estes fenômenos demonstram que podem alterar as médias de chuvas, ou potencializar outros eventos meteorológicos possuem maior influencia nos regimes pluviométricos sobre os Estados do Centro-oeste, como por exemplo, a Alta da Bolívia e frentes frias (MELO, 2011), além da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), que atua de forma significativa sobre o Estado de Goiás, ficando evidente a relação direta entre a redução nos totais anuais de precipitação e na frequência de dias com precipitação durante a fase fria da ODP, assim como aumento na precipitação anual e frequência de dias com chuva durante a sua fase quente (SOUZA et al., 2010).

A Figura 1b apresenta as precipitações médias por quinquídios. Nesta figura foram separadas as estações seca (maio-setembro) e chuvosa (outubro-abril), correspondente aos quinquídios de 26 a 53 (seca), e do 1º ao 25º, e 54º ao 73º (chuvosa). A precipitação média por quinquídio foi de 34,1 mm para a estação chuvosa e 3,8 mm na estação seca (Figura 1b). Em um estudo sobre a espacialização e sazonalidade da precipitação pluviométrica em Goiás e no Distrito Federal, os autores determinaram que na região há cinco meses secos (maio a setembro) e sete meses úmidos (outubro a abril) (COSTA; MARCUZZO; FERREIRA, 2012).

Observa-se também que 54% da precipitação total anual ocorre nos primeiros quinquídios do ano, de janeiro a abril (787,5 mm) e o restante, nos demais quinquídios da estação chuvosa (Figura 1b). A estação chuvosa determinou uma média igual a 34,1 mm por quinquídio, e a estação seca 3,8 mm, onde foram observadas as maiores variabilidades (Figura 1b). Isso caracteriza bem o subtipo climático (w) da classificação de Köppen (PINTO; LIMA; SOUZA, 2014). As maiores médias de precipitação (≥ 200 mm) ocorreram entre os quinquídios 1-17 (janeiro a março) e 63-73 (novembro a dezembro) (Figura 1b), corroborando com a literatura (ALVES, 2011).

A média de dias secos e chuvosos foi de 292 e 73 dias, respectivamente, demonstrando que apenas 20% do ano ocorrem precipitações pluviométricas. A análise de tendência mostrou que a cada 25,9 anos, aumenta um dia seco, e a cada 23,8 anos, diminui um dia chuvoso.

Ressalta-se que, aproximadamente, 66% dos valores de precipitação diária correspondentes a 0,0 mm, 22% entre 0,0 e 10,0 mm e 6,5% de 10,0 a 20,0 mm. Os anos de 1990 e 2007 foram os anos que apresentaram maiores frequências de dias secos, 308 dias secos cada. Já o ano de 1982 foi o mais chuvoso com 98 dias considerados chuvosos. Para municípios de mesma classificação climática Aw (Mato Grosso) foram encontrados valores médios de 305 (secos) e 60 (chuvosos) dias (PIZZATO et al., 2012), e 280 (secos) e 85 (chuvosos) dias (MOREIRA et al., 2010).

CONCLUSÕES

O município de Goiânia-GO apresenta duas estações bem definidas, uma seca, de abril a setembro, e outra chuvosa, de outubro a abril. A média de precipitação pluviométrica foi de 1.494,66 mm ano⁻¹, com variabilidade de 12,6%. Existe uma tendência de redução das chuvas em Goiânia-GO, na ordem de 3,7 mm dia⁻¹. Há uma probabilidade de 99% de ocorrerem chuvas iguais ou menores que 50 mm dia⁻¹. Há uma tendência de redução do número de dias chuvosos e aumento do número de dias secos.

AGRADECIMENTOS

A Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), ao Prof. Engler José Vidigal Lobato, ao Técnico em Meteorologia Sr. Paulo José da Costa.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E.D.L. Frequência e probabilidade de chuvas no município de Iporá-GO. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.12, n.37, p.65-72, 2011.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R. Mapeamento temporal e espacial da precipitação pluviométrica da região metropolitana de Goiânia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p.4594-4601.

CARDOSO, M.R.D.; MARCUZZO, F.F.N.; BARROS, J.R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v.8, n.16, p.40-55, 2014.

COSTA, H.C.; MARCUZZO, F.F.N.; FERREIRA, O.M.; Andrade, L.R. Espacialização e Sazonalidade da Precipitação Pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 1, p. 87-100, 2012.

MARCUZZO, F.; FARIA, T. G.; PINTO FILHO, R. F. Chuvas no Estado de Goiás: análise histórica e tendência futura. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v.6, n.12, p.125-137, 2012.

MELO, M. L. **Impacto do fenômeno El Niño sobre a região centro-oeste do Brasil**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2011. 4 p.

MOREIRA, P.S.P. et al. Distribuição e probabilidade de ocorrência de chuvas no município de Nova Maringá-MT. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.9-20, 2010.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. **Cold and warm episodes by season, oceanic niño index**. Acesso em abril de 2017. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>

PINTO, L.C.; LIMA, P.L.T.; SOUZA, Z.R. Maximum discharge and probable rainfall at Aiuruoca basin, Minas Gerais State. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v.9, n.2, p.203-211, 2014.

PIZZATO, J.A. et al. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.2, p.137-142, 2012.

SANS, L.M.A. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho na Região Centro-Oeste do Brasil e para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v.9, n.3, p.527-539, 2001.

SOUSA, A. J. S. et al. A Oscilação Decadal do Pacífico e sua Influência na Precipitação de Goiânia-GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. **Anais eletrônicos...** Belém: SBMET, 2010.

VIVAN, G.A. et al. Rendimento relativo da cultura da soja em função da lâmina de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.18, n.2, p.282-292, 2013.

NECESSIDADES HÍDRICAS DA CULTURA DO ALGODOEIRO IRRIGADO NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DA CHAPADA DO APODI-RN

Anna Kézia Soares de Oliveira¹, Rudah Marques Manicoba², João Henrique Zonta³, José Espínola Sobrinho⁴, José Renato Cortez Bezerra⁵

¹ Graduanda em agronomia - Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq, UFERSA, Mossoró, RN, annakezia@outlook.com; ² Eng. Agrícola e Ambiental Doutorando PPMSA, UFERSA, Mossoró, RN, rudahmanicoba@gmail.com; ³ Eng. Agrônomo Pesquisador, Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, joao-henrique.zonta@embrapa.br; ⁴ Doutor, Professor titular, UFERSA, Mossoró, RN, jespínola@ufersa.edu.br; ⁵ Pesquisador, Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, jose.cortez-bezerra@embrapa.br

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo a determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) do algodoeiro, para as condições edafoclimáticas da Chapada do Apodi-RN. O trabalho foi realizado na estação experimental pertencente à EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, no município de Apodi-RN. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método Penman-Monteith FAO através de dados do clima coletados na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET instalada no local. O ciclo de desenvolvimento do algodoeiro, foi completado aos 106 dias após a emergência. O comportamento da evapotranspiração da cultura (ET_c) foi bastante variável ao longo do seu ciclo fenológico, em função das variações das condições do tempo no local, com valor mínimo de 1,57 mm.d⁻¹ e máximo de 10,38 mm.d⁻¹. A cultura ao longo de suas fases fenológicas apresentou os seguintes valores de necessidades hídricas: 2,13; 5,56; 9,33; 7,59 e 5,31 mm d⁻¹ para as fases I, II, III, IV e V do ciclo fenológico da cultura, respectivamente, com um consumo hídrico total no ciclo de 698,00 mm.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo de irrigação, Demanda hídrica, Evapotranspiração.

WATER NEEDS OF COTTON CROP IRRIGATED IN THE EDAFOCLIMATIC CONDITIONS OF APODI PLATEAU

ABSTRACT: The mean objective of this paper is the determination of evapotranspiration (ET_c) of cotton crop, for Apodi plateau edaphoclimatic conditions. This paper was developed experimentally at Agriculture Research Company of Rio Grande do Norte - EMPARN, in the city of Apodi-RN. The Reference Evapotranspiration (ET_o) was estimated by the Penman-Monteith FAO method, using climate data collected at meteorological station of the National Institute of Meteorology (INMET). The development cycle of cotton plant was completed in 106 days after the emergency. The behavior of crop Evapotranspiration was quite variable throughout its phenological cycle, due to variation in the local weather conditions, with a minimum value of 1.57 mm.d⁻¹ and a maximum value of 10.38 mm.d⁻¹. The crop during its phenological phases presented the following values of water needs: 2.13; 5.56; 9.33; 7.59 and 5.39 mm.d⁻¹ for phases I, II, III, IV and V of the crop phenological cycle, respectively, with a total water consumption of 698.00mm in the cycle.

KEY-WORDS: Water management. Water Demand. Evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a produção agrícola, portanto, a quantificação do seu consumo pelas plantas é indispensável em qualquer projeto para fins de economia no manejo da irrigação.

Para obtenção de maiores rendimentos e maior eficiência no uso da água, é necessário se conhecer a quantidade demandada em cada fase fenológica da cultura, para que se possa oferecer, um suprimento adequado a fim de que as plantas realizem seus processos metabólicos e fisiológicos com a maior eficiência possível.

Através do uso racional da irrigação pode-se obter maiores rendimentos e economia de água, visto que, o uso eficiente da água é indispensável para o Nordeste semiárido brasileiro, já que a região apresenta constante déficit hídrico.

As condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro são favoráveis ao cultivo do algodoeiro, dessa forma, são indispensáveis estudos para o seu cultivo irrigado no Semiárido, para que o produtor nordestino possa dispor dos benefícios potenciais dessa cultura. Face ao exposto, objetivou-se com o presente estudo, a determinação das necessidades hídricas da cultura do algodoeiro, nas suas diferentes fases fenológicas, no município de Apodi-RN.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Chapada do Apodi, oeste do estado do Rio Grande do Norte, na estação experimental da EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, localizada no município de Apodi – RN (5°37'37"S; 37°49'54"W; 138 m). O clima da região, de acordo com Thornthwaite (1948), é semiárido, tipo DA'da', com precipitação média anual de 920 mm, concentrada no verão e outono. As temperaturas, máxima, mínima e média são 33,8°C, 22,9°C e 28,35°C, respectivamente (BORGES, 2009).

O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo eutrófico, de textura argilo-arenosa, com 49% de areia, 45% de argila e 6% de silte.

No estudo, foram utilizadas as cultivares de algodão 32B2RF, 368RF, 30B2RF e BR5316, desenvolvidas pela EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. As cultivares foram plantadas em fileiras simples com espaçamento de 0,8m entre linhas, com densidade de plantio de 8 plantas por metro linear.

A demanda hídrica foi estimada a partir da evapotranspiração de referência (ET_o) que, por sua vez, foi calculada tendo como base dados meteorológicos coletados na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET instalada na EMPARN, obtida pelo modelo Penman-Monteith/FAO, pela equação:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$$

Em que: ET_o: evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹; R_n: radiação líquida na superfície da cultura, MJ m⁻² dia⁻¹; G: fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹; T: temperatura média do ar, °C; U₂: velocidade média do vento a 2 m de altura, m s⁻¹; e_s: pressão de saturação de vapor, kPa; e_a: pressão parcial de vapor, kPa; Δ: declividade da curva de pressão de saturação de vapor no ponto de T, kPa °C⁻¹; γ: coeficiente psicrométrico, kPa °C⁻¹.

A necessidade hídrica diária do algodoeiro herbáceo com base na demanda climática do município, foi obtido pelo produto entre a evapotranspiração de referência (ET_o), calculada pelo método de Penman-Montheith x Coeficiente de Cultivo (K_c), obtido para o algodoeiro, de acordo com metodologia da FAO (ALLEN et al., 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo vegetativo do algodão foi dividido em cinco fases, em função da ocorrência dos principais processos fisiológicos, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Ciclo fenológico do algodoeiro, em suas diversas fases de desenvolvimento, no município de Apodi-RN, 2016.

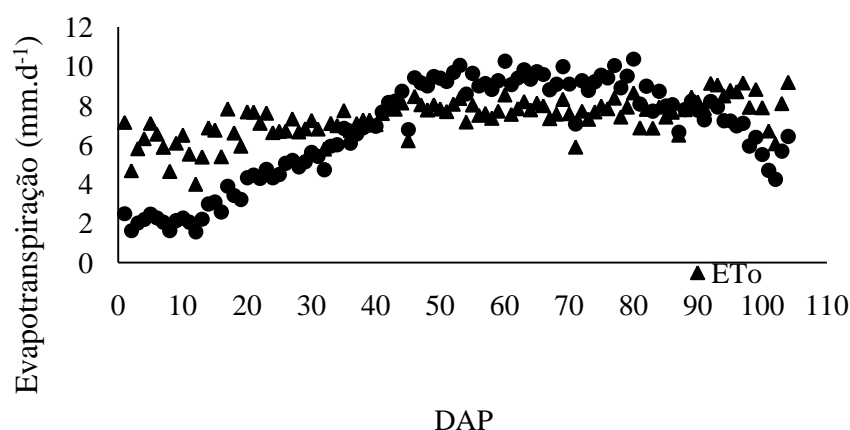
Fases de desenvolvimento		Dias após emergência (DAE)	Duração (Dias)
Fase I	Estende-se do plantio a emergência	1 - 10	10
Fase II	Surgimento do primeiro botão floral	11 - 49	39
Fase III	Aparecimento da primeira flor	50 - 80	31
Fase IV	Abertura do primeiro capulho	81 - 99	19
Fase V	Inclui das primeiras às últimas colheitas	100 - 106	7
TOTAL		-	106

Verificou-se, a partir das observações de campo, que a Fase I (Estende-se do plantio a emergência) teve duração de 10 dias; a Fase II (Surgimento do primeiro botão floral) durou 39; a Fase III (Aparecimento da primeira flor), durou 31 dias, a Fase IV, (Abertura do primeiro capulho) foi de 19 dias, e a fase V (Inclui das primeiras e às últimas colheitas) teve uma duração de 7 dias. O ciclo de desenvolvimento do algodoeiro, foi completado aos 106 dias após a emergência. .

Na Figura 1 é apresentado o comportamento diário da evapotranspiração de referência (ET_o) e da evapotranspiração da cultura (ET_c), ao longo do ciclo de desenvolvimento do algodoeiro, em Apodi, RN. A ET_o permaneceu mais ou menos constante ao longo do período experimental, com valor médio diário em torno de 7,36 mm.d⁻¹.

Com relação a evapotranspiração da cultura, o comportamento foi bastante variável ao longo do ciclo fenológico, com um mínimo de 1,57 mm d⁻¹ e um máximo de 10,38 mm d⁻¹, apresentando um valor médio para todo o ciclo de 6,71 mm d⁻¹. Esse comportamento variável pode estar associado às variações da demanda atmosférica, caracterizadas pela radiação solar global, efeito da velocidade do vento e da umidade relativa (FARAHANI et al., 2008).

Figura 1. Variação da evapotranspiração do algodão (ET_c) e da evapotranspiração de referência (ET_o), em Apodi-RN, 2016.



Na Tabela 2 são apresentados os valores médios da evapotranspiração (ETc) do algodoeiro, por fase fenológica. O consumo total de água, durante todo o ciclo vegetativo, foi 698 mm. De modo geral, o consumo hídrico do algodoeiro no ciclo total varia entre 450 mm e 700 mm para região semiárida do Nordeste (AMORIM NETO; BELTRÃO, 1992). Observa-se que a ETc máxima apresentada pelas cultivares estudadas foi similar aos valores apresentados por outras cultivares, a exemplo do algodoeiro BRS 187 – 8H, na chapada do Apodi, RN. (BEZERRA et al., 2011) encontraram um consumo hídrico total de 616,49 mm para a cultivar CNPA 6H.

Tabela 2. Valores médios da evapotranspiração (ETc) do algodão, por fase fenológica Apodi-RN, 2016.

Fases de desenvolvimento		ETc médio (mm.d ⁻¹)	ETc do período (mm)
Fase I	Estende-se do plantio a emergência	2,13	21,26
Fase II	Surgimento do primeiro botão floral	5,56	216,67
Fase III	Aparecimento da primeira flor	9,33	289,25
Fase IV	Abertura do primeiro capulho	7,59	144,25
Fase V	Inclui as primeiras e últimas colheitas	5,31	26,57
TOTAL		-	698,00

CONCLUSÕES

Nas condições edafoclimáticas de Apodi - RN, a evapotranspiração da cultura do algodoeiro, variou de um valor mínimo de 1,57 mm d⁻¹, aos 12 dias após a emergência, até um valor máximo de 10,38 mm d⁻¹, aos 80 dias após a emergência.

A cultura ao longo de suas fases fenológicas apresentou as seguintes necessidades hídricas: 2,13; 5,56; 9,33; 7,59 e 5,31 mm d⁻¹ para as fases I, II, III, IV e V do ciclo fenológico da cultura, respectivamente e um consumo total ao longo de todo o ciclo fenológico de 698 mm.

REFERÊNCIAS

ALLEN. R.G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO. 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper. 56).

AMORIM NETO, M. S. & BELTRÃO N. E. M. **Determinação da época de irrigação em algodoeiro herbáceo por via climatológica**. Embrapa Algodão, Campina Grande-PB, Comunicado Técnico, 34, 17p. 1992.

BEZERRA, José Renato Cortez et al. **EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO ALGODOEIRO BRS 187 – 8H, NA CHAPADA DO APODI, RN**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO & I COTTON EXPO 2011, 8., 2011, São Paulo. **Anais...** . São Paulo: Aaa, 2011. p. 990 - 998.

BORGES, P.F. **Evapotranspiração e coeficiente de cultura do algodoeiro herbáceo (*Gossypium Hirsutum* L.) cultivar brs 187 8h na chapada do Apodi – RN**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Coordenação de Pós – Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

FARAHANI, H. J.; OWEIS, T. Y.; IZZI, G. Crop coefficient for drip-irrigated cotton in a Mediterranean environment. **Irrigation Science**. v.26, p.375-383, 2008.

ANÁLISE ESPECTRAL DE RESPOSTAS FOTOBIOLOGICAS DA RADIAÇÃO UV PARA DANOS ÀS PLANTAS E FOTOSÍNTESE

Ana Letícia Campos Yamamoto¹, Marcelo de Paula Corrêa², Roberto Román³

¹Aluna de graduação em Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, leticia_yamamoto@hotmail.com; ² Professor Associado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, mpcorrea@unifei.edu.br; ³Pesquisador, Universidad de Granada, Granada, Espanha, robertor@ugr.es

RESUMO: Este estudo tem como objetivo analisar o comportamento de modelos de transferência radiativa (MTR) para representar respostas fotobiológicas (RF) da radiação UV. As medidas de RUV foram realizadas por um espectrorradiômetro Bentham na cidade de Granada, Espanha, entre os anos de 2008 e 2013 e ponderadas pelas RF para danos generalizados às plantas (GPD), danos generalizados às plantas altas (GhPD) e inibição da fotossíntese (InP). Os resultados mostraram que, para ângulos zenitais solares inferiores a 60°, as RF apresentaram desvios entre -2 e +4% entre o MTR e medidas feitas por um espectrorradiômetro. Esses resultados preliminares mostraram a boa capacidade da modelagem das RF, incluindo em condições de aerossóis.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação Ultravioleta, Respostas Fotobiológicas, Plantas.

SPECTRAL ANALYSIS OF UV RADIATION PHOTOBIOLOGICAL RESPONSES FOR PLANT DAMAGE AND PHOTOSYNTHESIS

ABSTRACT: The goal of this study is to analyse the radiative transfer model (MTR) capability to represent photobiological responses (RF) of UV radiation. RUV measurements were performed by a Bentham spectroradiometer in the city of Granada, Spain, between 2008 and 2013 and weighted by RF for generalized plant damage (GPD), generalized higher plants damage (GhPD) and inhibition of photosynthesis

(InP). For solar zenith angles lower than 60° , MTR reproduced RF-weighted measurements performed by a spectroradiometer with deviations between -2 and $+4\%$. These preliminary results showed good RF modeling ability, including in aerosol conditions.

KEY-WORDS: Ultraviolet Radiation, Photobiological Responses, Plants.

INTRODUÇÃO

A radiação ultravioleta (RUV) exerce influência sobre a maioria dos seres vivos. No caso das plantas, a exposição a níveis elevados à RUV pode provocar problemas em diferentes fases do desenvolvimento e crescimento, morfologia, fechamento de estômatos, inibição da fotossíntese e, até, mudar a atratividade de insetos (NEGASH; BJÖRN, 1986; BALLARÉ et al., 1996; FLINT; CALDWELL, 2003; CHEN et al., 2016). Em geral, a avaliação do impacto da RUV pode ser mensurada de modo espectral, por meio da resposta fotobiológica (RF) exercida por cada comprimento de onda de radiação.

Para tanto, é necessária a utilização de radiômetros que meçam radiação espectral na banda de RUV. Porém, esses instrumentos têm custo elevado de aquisição e manutenção. Desse modo, modelos de transferência radiativa (MTR) são utilizados como alternativa. O problema é que as estimativas podem ter erros significativos na presença de aerossóis e nuvens, uma vez atenuam a RUV. Por outro lado, para condições de céu claro, com baixas concentrações de aerossóis, fornecem resultados bastante precisos, já que o processo de absorção do ozônio é bem representado.

O presente artigo apresenta os resultados preliminares de um estudo para comparação de medidas de RUV realizadas por um espectrorradiômetro e simulações numéricas. Os objetivos são o aprimoramento do MTR para cálculos espectrais de RUV, a avaliação do efeito fotobiológico da RUV e a estimativa do impacto de propriedades ópticas de aerossóis sobre os fluxos espectrais ponderados pelas RF.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados dados espectrais de RUV coletados por um espectrorradiômetro Bentham (<http://www.bentham.co.uk/spectroradiometers.htm>), instalado no sítio experimental do Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía ($37^\circ 09' N$, $3^\circ 36' W$, 675 m), entre os anos de 2008 e 2013. Esse instrumento mede, a cada cinco minutos, irradiâncias entre comprimentos de onda de 280 a 400 nm, em intervalos de 0,5 nm.

Para a modelagem foi utilizado o MTR LibRadTran/UVSPEC (<http://www.libradtran.org>). O modelo foi alimentado com perfis atmosféricos para a localidade, conteúdo de ozônio fornecidos pelo sensor OMI/NASA (<https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data>), propriedades ópticas de aerossóis (POA) medidas por um fotômetro Cimel/Aeronet (<https://aeronet.gsfc.nasa.gov>) e cobertura de nuvens inferidas a partir de imagens de um *All-Sky Imager*, uma adaptação de uma câmera digital para uso científico com uma lente “olho de peixe” apontando no zênite. A câmera registra uma imagem do céu a cada cinco minutos e é usada para a caracterização de cobertura de nuvens e, em situações de céu claro, para avaliação de carga de aerossol atmosférico.

Para avaliar o impacto da RUV sobre as plantas, os dados medidos e simulados foram ponderados por três RF distintas apresentadas na Figura 1. Foram analisados o comportamento das RF em função das irradiâncias medidas, e os desvios médios entre dados simulados e medidos em condições de céu claro (sem nuvens) em função das propriedades ópticas dos aerossóis.

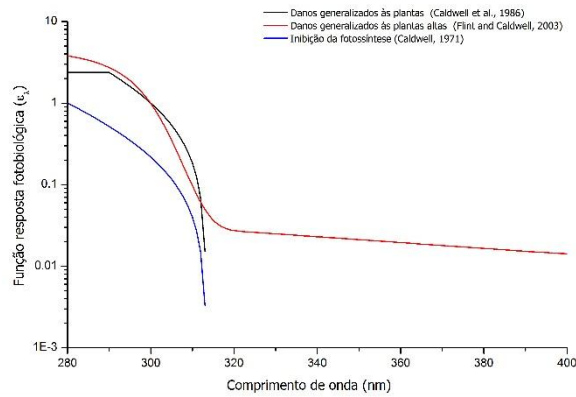


Figura 1. Funções RF para: a) danos generalizados às plantas (GPD) (Caldwell et al., 1986) – curva preta; b) danos generalizados às plantas altas (GhPD) (Flint e Caldwell, 2003) –vermelha; e, c) inibição da fotossíntese (InP) (Caldwell, 1971) – azul.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra as médias das irradiâncias espectrais UV ponderadas pelas RF em função do ângulo zenital solar.

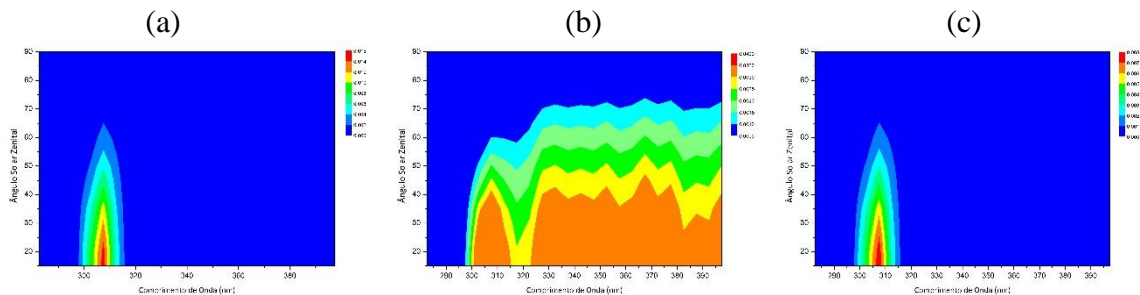


Figura 2. Irradiâncias espectrais UV (em $Wm^{-2}nm^{-1}$) ponderadas pelas respostas fotobiológicas para (a) danos generalizados às plantas (GPD); (b) danos generalizados às plantas altas (GhPD); e, (c) inibição da fotossíntese (InP)

A semelhança entre as RF GPD e InP reflete-se nas Figuras 2a e 2c. Como essas funções são dependentes de parte do espectro UVB, as irradiâncias abaixo de 300 nm e acima de 315 nm não exercem influências sobre o desenvolvimento das plantas, nem inibem a capacidade de fotossíntese. O mesmo pode-se afirmar quando a posição do sol é superior a ângulos zenitais de 60° , pois as quantidades de energia nessas bandas e horários são muito tênues. Por outro lado, no caso de GhPD, a porção UVA ($315 \leq \lambda \leq 400$ nm) do espectro também exerce efeitos relevantes. Em algumas bandas

específicas, tais como 300-310, 330, 350 e 370 nm esses efeitos são ainda mais significativos.

A Figura 3 apresenta as diferenças espectrais entre o conjunto de dados simulados e medidos sob condições de céu claro (sem nuvens) considerando a ausência ou presença de aerossóis na atmosfera.

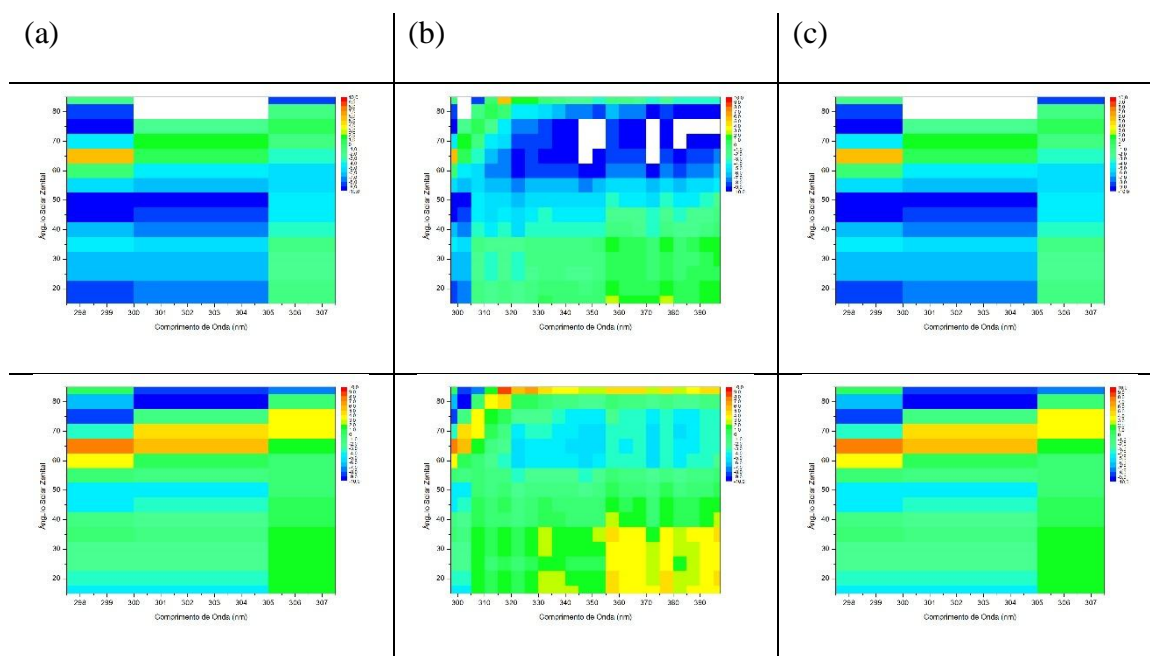


Figura 3. Desvios médios entre os dados simulados e medidos para condições de céu claro sob condições de ausência (linha superior) e presença de aerossóis (linha inferior) para: (a) GPD; (b) GhPD; (c) InP.

Pelo fato das RF GPD e InP serem dependentes apenas em parte do espectro UVB (vide Figuras 2a e 2c), os gráficos mostram apenas os desvios entre 297 e 308 nm. Abaixo de 297 nm, praticamente não há RUV atingindo a superfície.

Ambas as RF apresentam características semelhantes em relação ao comportamento dos desvios médios (Figuras 3a e 3c). Para comprimentos de onda entre 305 e 307 nm, faixa espectral de maior influência sobre o desenvolvimento das plantas e inibição da capacidade de fotossíntese, e ângulos zenitais inferiores a 60° , o MTR apresenta diferenças entre $\pm 2\%$ em relação às medidas.

Em relação à RF GhPD (Figura 3b), que se estende até 400 nm, houve comportamento semelhante de diminuição dos desvios para $\lambda < 315$ nm. Na parte UVA ($315 < \lambda < 400$ nm) os desvios passaram de subestimativa do modelo para superestimativa (desvios positivos) ao serem consideradas as POA. De qualquer modo, os desvios observados para $\lambda > 330$ nm foram da ordem de 3 a 4%, ainda inferiores ao erro instrumental considerado (5%). Boas estimativas foram observadas para ângulos zenitais solares menores que 60° . Esse comportamento dos desvios na faixa UVA do espectro se deve ao forte espalhamento de RUV exercido pelos aerossóis e à fraca absorção pelo ozônio. Na faixa UVB, a absorção do ozônio é dominante e melhor representada pelo MTR.

Os resultados obtidos nesse estudo se aproximam dos encontrados por Mayer e Seckmeyer (1997), indicando que os modelos de transferência radiativa reproduzem

melhores resultados quando são alimentados com as POA, ou seja, condições próximas àquelas da atmosfera, e ângulos zenitais inferiores a 50°.

CONCLUSÕES

A faixa espectral de maior influência sobre o desenvolvimento das plantas e inibição da capacidade de fotossíntese ($305 \leq \lambda \leq 307$ nm), apresenta boa estimativa ao se utilizar o MTR sob condições de presença de aerossóis e posição do disco solar inferior a ângulos zenitais de 60°. Os desvios observados para $\lambda > 330$ nm, no caso de GPhD, foram inferiores ao erro instrumental considerado (5%), mostrando uma boa capacidade de modelagem das RF, indicando que a boa representação de condições da atmosfera implicam em menores erros associados às estimativas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPEMIG e à Fundación Carolina.

REFERÊNCIAS

- BALLARÉ, C. L. et al. Solar Ultraviolet-B Radiation Affects Seedling Emergence, DNA Integrity, Plant morphology, Growth Rate, and Attractiveness to Herbivore Insects in *Datura ferox*, **Plant Physiology**, n. 112, p. 161-170, 1996.
- CALDWELL, M. M. Solar ultraviolet radiation and the growth and development of higher plants, in A.C. Giese (Ed.). *Photophysiology*, v.6, Academic Press, New York, p.131-177, 1971.
- CALDWELL, M. M. et al. (1986) Action Spectra and Their Key Role in Assessing Biological Consequences of Solar UV-B Radiation Change. In: WORREST, R.C.; CALDWELL, M. M. (Ed.). *Stratospheric Ozone Reduction, Solar Ultraviolet Radiation and Plant Life*. NATO ASI Series (Series G: Ecological Sciences), vol 8. Springer, Berlin, Heidelberg.
- CHEN, M. et al. Effects of enhanced UV-B radiation on morphology, physiology, biomass, leaf anatomy and ultrastructure in male and female mulberry (*Morus alba*) saplings, **Environmental and Experimental Botany**, v. 129, p. 85-93, 2016.
- FLINT, S. D.; CALDWELL, M.M. A biological spectral weighting function for ozone depletion research with higher plants, **Physiologia Plantarum**, n. 117, p. 137-144, 2003.
- MAYER, B; SECKMEYER, G. Systematic long-term comparison of spectral UV measurements and UVPEC modelling results, **Journal of Geophysical Research**, v.102, p. 8755-8767, 1997.
- NEGASH, L.; BJÖRN, L. O. Stomatal closure by ultraviolet radiation, **Physiologia Plantarum**, n. 66, p. 360-364, 1986.

ALTITUDES FAVORÁVEIS AO DESENVOLVIMENTO DA ARAUCARIA EM SANTA CATARINA

Elenice Fritzsos¹, Luiz Eduardo Mantovani², Marcos Silveira Wrege³

¹Dra. em Eng. Florestal, Embrapa Florestas, Colombo, PR, elenice.fritzsos@embrapa.br; ²Prof. do Depto de Geologia, UFPR, Curitiba, PR, lem@ufpr.br; ³Dr. em Agronomia, Embrapa Florestas, Colombo, PR, marcos.wrege@embrapa.br.

RESUMO: A relação da altitude com a temperatura é especialmente importante para as regiões tropicais e subtropicais onde uma diferença altitudinal de algumas centenas de metros provoca mudanças sensíveis no ambiente. A temperatura do ar sofre alterações com a altitude, latitude e longitude e, em função do relevo de cada local, pode apresentar um gradiente térmico específico. A araucária está presente nas regiões mais frias do sul do Brasil. Foram separadas as estações dos municípios do estado em áreas onde há condições climáticas para o desenvolvimento da araucária e as outras áreas onde não há presença da araucária ou onde o plantio da araucária não é recomendado. As altitudes dos dois grupos foram organizadas em planilhas eletrônicas e submetidas à análise estatística descritiva para identificar os valores médios, máximos e mínimos dos grupos. Foi aplicado o teste T (teste de Student) e o teste Mann Whitney de comparação entre medianas. Utilizando o gradiente térmico médio obtido para o Estado de Santa Catarina (-1°C/213m), o que equivale a uma redução de aproximadamente 0,48°C a cada 100 metros de altitude, pode-se verificar que a temperatura média anual apresenta uma amplitude de até 4,6 °C para uma variação altitudinal de 953 metros nas áreas de ocorrência de Araucaria no estado.

PALAVRAS-CHAVE: gradiente térmico, zoneamento, clima

ALTITUDES FAVORABLE TO THE DEVELOPMENT OF ARAUCARIA IN SANTA CATARINA, BRAZIL.

ABSTRACT: The relationship of altitude to temperature is especially important for tropical and subtropical regions where an altitude difference of a few hundred meters causes significant changes in the environment. The air temperature changes with altitude, latitude and longitude and, depending on the relief of each location, may present a specific thermal gradient. Araucaria is present in the colder regions of southern Brazil. We separate the meteorological stations of the municipalities of the state in areas where there are climatic conditions for the development of the araucaria and the other areas where there is no presence of the araucaria or where the planting of the araucaria is not recommended. The altitudes of the two groups were organized in electronic spreadsheets and submitted to descriptive statistical analysis to identify the mean, maximum and minimum values of the groups. The T test (Student test) and the Mann Whitney test were applied for comparison between the medians. Using the mean thermal gradient obtained for the State of Santa Catarina (-1°C / 213m), which corresponds to a reduction of approximately 0.48°C every 100 meters of altitude, we verified that the average annual temperature has a range of up to 4,6 °C for an altitudinal variation of 953 meters in the areas of occurrence of Araucaria in the state.

KEYWORDS: thermal gradient, zoning, climate.

INTRODUÇÃO

A araucária está presente nas altitudes mais elevadas e mais frias da região sul e parte da região sudeste e pertence à Floresta Ombrófila Mista, que é considerada uma

formação típica do sul do Brasil (Veloso, 1992) e ao Bioma Mata Atlântica, sendo uma das formações florestais mais sensíveis às variações climáticas e muito seletiva em relação à temperatura e umidade (KLEIN 1975; JOLLY 1998; LORENZI 2002;). Atualmente, o risco climático é uma nova ameaça devido ao aquecimento global, pois ela está adaptada às regiões mais frias do Brasil e poderá haver a extinção das mesmas em locais limítrofes e até deslocamento das populações para locais ainda mais altos e frios (CHOU et al., 2014).

Desta forma, a compreensão de questões climáticas, nas quais a araucária se estabelece na sua área de ocorrência natural atual e onde é propício o seu desenvolvimento, pode ajudar na elaboração de estratégias que visem à conservação *in situ* e melhoramento das espécies para fins florestais, bem como seu manejo no presente e no futuro.

O objetivo deste trabalho é o verificar as áreas mais favoráveis ao desenvolvimento da araucária em função da altitude para o estado de Santa Catarina *A. angustifolia* para fins de conservação e melhoramento genético da espécie em tempos atuais e futuros.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de temperatura e altitude de 44 estações meteorológicas do estado de Santa Catarina (Wrege et al., 2011, 2015) e foram divididas as estações meteorológicas em dois grupos: as áreas onde há condições climáticas para o desenvolvimento da araucária e as outras áreas onde não há presença da araucária ou onde o plantio da araucária não é recomendado. Para isto, utilizaram-se as informações do Zoneamento Ecológico para Plantios Florestais do Estado de Santa Catarina em conjunto com observações das imagens do *Google Earth*. Os dados das altitudes dos dois grupos foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística descritiva para identificar os valores médios, máximos e mínimos dos grupos. Foi aplicado o *teste T* (teste de Student) para verificar quais variáveis climáticas foram significativamente diferentes entre os valores médios dos dois grupos (com e sem araucária) e o teste Mann Whitney de comparação entre medianas.

Foi composta a diferença, em metros, do local de maior altitude de ocorrência nativa da araucária e a de menor altitude, bem como a diferença entre a temperatura média do local de maior e de menor altitude. Os valores obtidos foram comparados ao gradiente térmico médio obtido por Fritzsos et. al (2016) para o estado de Santa Catarina, 0,48 °C/100m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para o *teste t* e Mann Whitney (Tabela 1) para altitude das áreas com e sem araucária nativa confirmam que a probabilidade das médias e medianas serem as mesmas foi menor que 0,05. Assim, a altitude apresentou diferenças significativas entre os dois grupos, sendo maior onde ocorre araucária.

Tabela 1. Testes T e Mann Whitney para altitude para áreas com araucária (GCA) e áreas não aptas para a araucária (GSA).

Variáveis	Teste t	Valor P	Man Whitney	Valor P	Valor médio GSA**	amplitude GSA	Valor médio GCA***	amplitude GCA
Altitude (m)	-17,602	0*	3276	0*	176	2 a 969	895	454 a 1407

Nota: * significativamente diferentes

O resultado da análise de correlação entre as temperaturas (média anual) evidencia que há uma correlação inversa da altitude com a temperatura, de -0,91, de acordo com SANTOS (2007). Como resultado da análise de regressão entre altitude e temperatura média, o coeficiente de determinação foi de 0,84% para Santa Catarina. Assim, para o estado de Santa Catarina, como um todo, obteve-se a alteração de 0,48 °C / 100m, com um alto coeficiente de determinação.

Com as informações utilizadas neste trabalho, foi observado que nas regiões propícias ao desenvolvimento da araucária, as altitudes vão de 454 m em Agrolândia (microrregião de Rio do Sul) até 1407 m em São Joaquim (altitude onde se situam as estações meteorológicas). As regiões onde não ocorre araucária nativa no estado, vão desde o nível do mar, no litoral catarinense, até 684 m em Benedito Novo, microrregião de Blumenau, mesorregião do Vale do Itajaí. Desta forma, pode se observar que a amplitude altimétrica onde ocorre araucária nativa em Santa Catarina é de 953 m (de 454 ate 1407m). Utilizando o a alteração de 0,48°C para cada 100 metros (FRITZSONS et al, 2016), pode-se verificar que a temperatura média anual pode variar em até 4,6 °C para as áreas com e sem araucária em Santa Catarina.

Tem se que a temperatura média anual de Agrolândia é de 17,99 °C e a de São Joaquim, de 13,35 °C. Assim, a diferença entre as temperatura médias é de 4,6 °C, o que confere exatamente com o gradiente térmico para Santa Catarina.

No Paraná, Maack (1981) cita a alteração de 0,5 °C para cada 100 metros e, como um dado geral, Ometto (1981) cita a alteração de 0,6 °C para cada 100 m de altitude. Assim, nas regiões de latitudes médias, como é o caso do Paraná, as grandes diferenças de temperatura em pequenas distâncias são principalmente decorrentes dos efeitos da variação da altitude e nebulosidade e não da latitude, podendo haver também grandes diferenças nas condições de temperatura entre os locais a barlavento e os situados a sotavento de uma montanha (OMETTO, 1981). Mesmo em zonas subtropicais, considerando a altitude e a latitude, influenciando a temperatura média decendial do ar, Cargnelutti et. al. (2006) concluíram que a altitude exerce maior influência que a latitude para o Estado do Rio Grande do Sul. Assim, o mesmo ocorre no estado de Santa Catarina, isto é, as variações que ocorrem na temperatura são devidas, principalmente, ao relevo de altitude.

Segundo Maack (1981), a distribuição contínua da araucária tem seu limite altitudinal inferior de ocorrência de 500 m (para os estados de Paraná e Santa Catarina), abaixo do qual a espécie só ocorre de forma descontínua e nas linhas de escoamento de ar frio. Roderjan et al. (2002) afirmam que na cota de 650-700 m aparecem as araucárias no Paraná e, em São Paulo, acima dos 750 a 800 m. Dessa forma, uma menor latitude é compensada com uma altitude maior, justificando a ocorrência de araucária em Santa Catarina em altitudes menores.

CONCLUSÕES

No estado de Santa Catarina, as áreas favoráveis ao desenvolvimento da araucária situam se entre a Serra Catarinense até o oeste do estado, em altitudes superiores a 450 metros, embora haja uma amplitude de mais de 900 metros, considerando desde as áreas de menores altitudes até as áreas de altitudes maiores. A diferença da temperatura média anual entre as áreas de menores e de maiores altitudes é de 4,6 °C.

O conhecimento obtido nesse trabalho é bastante útil para definir áreas de conservação *in situ* da floresta com araucária, pelo estabelecimento de Unidades de

Conservação e programas de conservação genética, os quais poderiam ser orientados para verificar diferenças entre os genótipos presentes em áreas tão distintas em termos altitudinais e de temperatura.

REFERÊNCIAS

- DURY, G. H. High temperature extremes in Austrália. **Anais**. Annals of the Association of American Geographers. 62 (3), 388–400. 1972.
- FRITZSONS, Elenice; EDUARDO MANTOVANI, Luiz; SILVEIRA WREGE, Marcos. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 18, out. 2016. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/39471>>. Acesso em: 05 maio 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.39471>.
- JOLY, A.B. 1998. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal**. Companhia Editora Nacional. São Paulo, 12 ed.
- KLEIN, R. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, v. 12, p.17-48, 1960.
- LORENZI, H. 2002. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2 ed, v.1, v.2.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Ed., 1981. 442p.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1981. 129-132 p.
- PANDOLFO, C., BRAGA, H.J., SILVA Jr, V.P., MASSIGNAM, A.M., PEREIRA, E.S., THOMÉ, V.M.R., VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD Rom.
- RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; & HATSCHBACK, G. 2002. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência e Ambiente** 24: 75-92.
- SANTOS, S. M. S.; ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na bacia do rio Una, Pernambuco-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 2, p. 243-257, 2014.
- WREGE, M. S.; FRITZSONS, E. ; SOARES, M.T.S. ; SOUSA, V.A. **Variáveis climáticas relacionadas aos serviços ambientais: estudo de caso da araucária**. In: Parron, L. M.; Garcia, J. R.; Oliveira, E. B. de; Brown, G. G.; Prado, R. B.. (Org.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. 1ed. Brasília: Embrapa, 2015, v. 1, p. 242-247.
- WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; ALMEIDA, I.R. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.

RELAÇÃO ENTRE ALTITUDE E TEMPERATURA E A PRESENÇA DE ARAUCÁRIA NO PARANÁ

Elenice Fritzsos¹, Luiz Eduardo Mantovani², Marcos Silveira Wrege³

¹Dra. em Eng. Florestal, Embrapa Florestas, Colombo, PR, elenice.fritzsos@embrapa.br; ²Prof. do Depto de Geologia, UFPR, Curitiba, PR, lem@ufpr.br; ³Dr. em Agronomia, Embrapa Florestas, Colombo, PR, marcos.wrege@embrapa.br.

RESUMO: A relação da altitude com a temperatura é especialmente importante para as regiões tropicais e subtropicais onde uma diferença altitudinal de algumas centenas de metros provoca mudanças sensíveis no ambiente. A temperatura do ar sofre alterações com a altitude, latitude e longitude e, em função do relevo cada local, pode apresentar um gradiente térmico específico. A araucária está presente nas regiões mais frias do sul do Brasil. Foram separadas as estações dos municípios do estado em áreas onde há condições climáticas para o desenvolvimento da araucária e as outras áreas onde não há presença da araucária ou onde o plantio da araucária não é recomendado. As altitudes dos dois grupos foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística descritiva para identificar os valores médios, máximos e mínimos dos grupos. Foi aplicado o *teste T* (teste de Student) para verificar a diferença entre as médias. Utilizando o gradiente térmico médio do mês de janeiro para o Estado do Paraná (-1°C/126m), o que equivale a uma redução de aproximadamente 0,79 °C a cada 100 metros de altitude, pode-se verificar que houve uma amplitude térmica para o mês de janeiro de 2,34 °C para uma amplitude altitudinal de 352 metros considerando as áreas de ocorrência natural de araucária daquelas onde a araucária não ocorre naturalmente.

PALAVRAS-CHAVE: gradiente térmico, zoneamento, clima.

RELATIONSHIP BETWEEN ALTITUDE AND TEMPERATURE AND THE PRESENCE OF ARAUCÁRIA IN STATE OF PARANÁ

ABSTRACT: The relationship of altitude to temperature is especially important for tropical and subtropical regions where an altitude difference of a few hundred meters causes significant changes in the environment. The temperature of the air changes with altitude, latitude and longitude and, depending on the relief of each place, can present a specific thermal gradient. Araucaria is present in the colder regions of southern Brazil. The stations of the state districts were separated in areas where there are climatic conditions for the development of the araucaria and the other areas where there is no presence of the araucaria or where the araucaria planting is not recommended. The altitudes of the two groups were organized in electronic spreadsheets and submitted to descriptive statistical analysis to identify the mean, maximum and minimum values of the groups. The T test (Student test) was applied to verify the difference between the means. Using the mean thermal gradient of January for the State of Paraná (-1°C / 126m), which corresponds to a reduction of approximately 0.79 °C every 100 meters of altitude, we verified that there was a thermal amplitude for the month From January of 2.34 °C for an altitudinal range of 352 meters considering the areas of natural occurrence of araucaria of those where the araucaria does not occur naturally, considering as areas of natural occurrence of araucaria of those where a araucaria does not occur naturally.

KEYWORDS: thermal gradient, zoning, climate.

INTRODUÇÃO

A araucária pertence à Floresta Ombrófila Mista, que é considerada uma formação típica do sul do país (VELOSO 1992) e ao Bioma Mata Atlântica, sendo considerada uma das formações florestais mais sensíveis às variações climáticas, sendo que *A. angustifolia* é muito seletiva em relação à temperatura e umidade (KLEIN 1975; JOLLY 1998; LORENZI 2002;). Desta forma, a compreensão de questões climáticas, nas quais a araucária se estabelece na sua área de ocorrência natural atual e onde é propício o seu desenvolvimento, pode ajudar na elaboração de estratégias que visem à conservação *in situ* e melhoramento das espécies para fins florestais, bem como seu manejo no presente e no futuro.

A araucária está presente nas altitudes mais elevadas e mais frias da região sul e parte da região sudeste. A relação direta da altitude com a temperatura é especialmente importante para as regiões tropicais e subtropicais, onde uma diferença altitudinal de algumas centenas de metros provoca mudanças sensíveis no clima, no solo, na vegetação natural e, conseqüentemente, na adaptação das espécies animais e vegetais e na aptidão para vários sistemas de uso da terra.

O avanço da fronteira agrícola e a urbanização, combinado com o alto valor comercial da madeira da araucária, levou à exploração indiscriminada, colocando-a sob constante ameaça. Atualmente, o risco climático é uma nova ameaça devido ao aquecimento global, pois ela está adaptada às regiões mais frias do Brasil e poderá haver a extinção das mesmas em locais limítrofes e até deslocamento das populações para locais ainda mais altos e frios, áreas de maiores altitudes e latitudes, onde o clima será mais ameno e com umidade maior (CHOU et al., 2014), observadas as outras condições edafoclimáticas limitantes.

A temperatura do ar normalmente decresce com a elevação da altitude numa proporção de, aproximadamente, 1°C/100m (gradiente adiabático ar seco). Esta taxa de arrefecimento ocorre, pois uma massa de ar seco em ascensão está sujeita a pressão cada vez menor, expandindo seu volume e diminuindo a temperatura, isto é, transformando energia térmica em energia potencial. Como este gradiente térmico depende da saturação do ar, o decréscimo da temperatura média com a altitude se situa em torno de 1°C a cada 180 metros (DURY, 1972).

O objetivo deste trabalho é testar o gradiente térmico médio de janeiro de 1°C/126 obtido para o estado do Paraná para as áreas onde há presença natural de *A. angustifolia* no estado.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de temperatura e precipitação mensais de uma composição de dados do INMET e do IAPAR/SIMEPAR, de 44 estações climáticas, obtidos em Fritzsons et al. (2008). Deste total, foram separados os municípios em dois grupos: onde há ocorrência natural de araucária e outro, onde não há ocorrência. A presença da araucária nos municípios no estado foi verificada no mapa fitogeográfico (MAACK, 1950, MAACK, 1981, RODERJAN et al., 2002) sendo elas: Palmas, Guarapuava, Clevelândia, Castro, Rio Negro, Curitiba, Pinhais, Lapa, Fernandes Pinheiro, Ponta Grossa, Jaguariaiva, Telêmaco Borba, Mauá da Serra, Laranjeiras do Sul, Pato Branco, Francisco Beltrão, Cândido de Abreu e Cascavel. Já o município de Foz do Iguaçu, Quedas do Iguaçu, Cerra Azul, Jacarezinho, Paranaguá, Antonina, Apucarana, Campo Mourão, Morretes, Guaraqueçaba, Joaquim Távora, Londrina, Nova Cantu, Cambará, Bela Vista do Paraíso, Palotina, Planalto, Cianorte, Guaira

Bandeirantes, Ibiporã, Paranavaí, Umuarama foram consideradas como não apresentando a araucária como sendo de presença natural. Os municípios da serra do mar e litoral (Morretes, Antonina, Guaraqueçaba, Paranaguá) foram descartados pelo fato de não serem áreas onde a araucária ocorre e por apresentarem uma condição climática muito diferente do restante do estado, conforme já certificado por FRITZSONS et al. (2008).

Os dados das altitudes dos dois grupos foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística descritiva para identificar os valores médios, máximos e mínimos dos grupos. Foi aplicado o teste T (teste de Student) para verificar a diferença entre valores médios dos dois grupos (com e sem araucária).

Foi calculada a diferença, em metros, do local de maior altitude de ocorrência nativa da araucária (Palmas) e a de menor altitude de ocorrência nativa da araucária (Telêmaco Borba), bem como a diferença entre a temperatura média de janeiro do local de maior altitude e a de menor altitude. Os valores obtidos foram comparados ao gradiente térmico médio obtido por Fritzsons et. al (2008) para o estado do Paraná.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para o teste t (Tabela 1) confirmam que a probabilidade das médias serem as mesmas foi menor que 0,05 para as altitudes, havendo assim, uma diferença significativa ao nível de 95% do intervalo de confiança. Assim, a altitude é maior para as áreas onde há araucária.

Tabela 1. Teste F e teste t e valor p para a altitude para os grupos com e sem araucária.

Variáveis	Teste F	Valor P	Teste t	Valor P	Valor médio grupo com araucária	Valor médio grupo sem araucária
Altitude	2,532	0,060	5,089	0,000 *	824,00 m	512,00 m

O resultado da análise de correlação entre a temperatura média de janeiro evidencia que há uma correlação negativa forte (SANTOS, 2007), da altitude com a temperatura. Assim, para o estado do Paraná, como um todo, obteve-se a alteração de -0,79 °C / 100m, com um alto coeficiente de determinação (r^2) de 0,86. (Tabela 2).

Tabela 2. Alteração (em °C) a cada 100 m de altura para as estações de Santa Catarina e Rio Grande do Sul

Equação	X=1	X=2	gradiente	Alteração °C/100m	Coef. determinação da reta R^2
$Y = -124,79x + 3.542,9$	3418,1	3292,3	126	0,79	0,86

Fonte : Fritzsons et al (2008)

Com as informações utilizadas neste trabalho, foi observado que nas regiões naturais e propícias ao desenvolvimento da araucária, as altitudes vão de 768m (Telêmaco Borba) até 1100m (Palmas). Desta forma, pode se observar que a amplitude altimétrica onde ocorre araucária nativa em Santa Catarina é de 332m (de 768 até 1100m). Utilizando a alteração de 0,79°C para cada 100 metros (FRITZSONS et al,

2008), pode-se verificar que a temperatura média de janeiro pode variar em até 2,34 °C para as áreas com e sem araucária no Paraná.

Tem-se que a temperatura média de janeiro em Telêmaco Borba é de 22,5 °C e a de Palmas de 20,3 °C. Assim, a diferença entre as temperaturas médias é de 2,2 °C, o que está muito próximo ao gradiente térmico calculado para o mês de janeiro para o Paraná.

Neste trabalho foi utilizada a temperatura média de janeiro e não a média anual ou a de julho, pois de acordo com Fritzsos et al (2008), a correlação entre a altitude e temperatura é mais forte para a de janeiro comparado a de julho ou a média anual, pois no inverno há os efeitos dos microclimas locais e de condições estacionais que podem tamponar as tendências relativas a altitudes.

No Paraná, Maack (1981) cita a alteração de 0,5 °C para cada 100 metros e, como um dado geral, Ometto (1981) cita a alteração de 0,6 °C para cada 100 m de altitude. Assim, nas regiões de latitudes médias, como é o caso do Paraná, as grandes diferenças de temperatura em pequenas distâncias são principalmente decorrentes dos efeitos da variação da altitude e nebulosidade e não da latitude, podendo haver também grandes diferenças nas condições de temperatura entre os locais a barlavento e os situados a sotavento de uma montanha (OMETTO, 1981).

Segundo Maack (1981), a distribuição contínua da araucária tem seu limite altitudinal inferior de ocorrência de 500 m (para os estados de Paraná e Santa Catarina), abaixo do qual a espécie só ocorre de forma descontínua e nas linhas de escoamento de ar frio. Roderjan et al. (2002) afirmam que na cota de 650-700 m aparecem as araucárias no Paraná e, em São Paulo, acima dos 750 a 800 m.

CONCLUSÕES

No estado do Paraná, as áreas mais favoráveis ao desenvolvimento da araucária situam-se na porção central e centro sul do estado e na amostragem deste trabalho em altitudes superiores a 763m. A diferença da temperatura média anual de janeiro entre as áreas de menores altitudes e maiores altitudes onde há a presença natural da araucária está entre 2,2 a 2,3 °C.

O conhecimento obtido nesse trabalho é bastante útil para definir áreas de conservação *in situ* da floresta com araucária, pelo estabelecimento de Unidades de Conservação e programas de conservação genética poderiam ser orientados para verificar diferenças entre os genótipos presentes em áreas distintas.

REFERÊNCIAS

CHOU, S.C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DEREZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; SUEIRO, D.; SIQUEIRA, G.; NOBRE, P.; MARENGO, J. Evaluation of the Eta Simulation Nested in Three Global Climate Change Models. **American Journal of Climate Change**, v.3, p. 438-454, 2014. <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2014.35039>.

DURY, G. H. High temperature extremes in Austrália. **Anais**. Annals of the Association of American Geographers. 62 (3), 388-400. 1972.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E. ; AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**. v. 10, p. 40-48, 2008.

JOLY, A.B. 1998. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal**. Companhia Editora Nacional. São Paulo, 12 ed.

KLEIN, R. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, v. 12, p.17-48, 1960.

LORENZI, H. 2002. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2 ed, v.1, v.2.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Ed., 1981. 442p.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1981. 129-132 p.

RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; & HATSCHBACK, G. 2002. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência e Ambiente** 24: 75-92.

SANTOS, S. M. S.; ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na bacia do rio Una, Pernambuco-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 2, p. 243-257, 2014.

VELOSO HP, RANGEL-FILHO ALR & LIMA JCA. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 123p.

CLASSIFICAÇÃO, DURAÇÃO E INFLUÊNCIA DOS VERANICOS NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE SEQUEIRO NO MUNICÍPIO DE IPANGUAÇU-RN

Isaac Alves da Silva Freitas¹, Jacques Carvalho Ribeiro Filho², Daniel de Freitas Brasil³, Marlon de Moraes Dantas⁴, José Espínola Sobrinho⁵

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, isaacntn@outlook.com; ² Técnico em Irrigação e Drenagem, Mestrando em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, jacquesfilho1@hotmail.com; ³ Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Ciência animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, danieldfb@gmail.com; ⁴ Engenheiro agrônomo, Ms. Ciência do solo, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, mdmoraes@hotmail.com; ⁵ Engenheiro Agrônomo, D. Sc. em Recursos Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, espinola@ufersa.edu.br

RESUMO: Objetivando-se analisar o efeito dos veranicos na produtividade do milho e feijão no município de Ipanguaçu-RN, desenvolve-se um estudo sobre os veranicos no período chuvoso entre os anos de 2004 e 2015. Verificou-se os dados de altura pluviométrica diária e os classificando de acordo com a quantidades de dias em que a precipitação era zero, comparando anualmente com o rendimento das culturas do milho e feijão. Observou-se que a uma predominância de veranicos de classe A (3 a 6 dias consecutivos de chuva), e que a maior frequência desses é nos meses de abril e maio. Notou-se ainda que quando houve veranicos de classe D (>15 dias consecutivos de chuva) o rendimento nas culturas foi zero. Quando comparado os maiores dias consecutivos sem chuva com o rendimento médio das culturas de milho e feijão, não houve correlação linear significativa.

PALAVRAS-CHAVE: precipitação; agricultura de sequeiro; correlação.

CLASSIFICATION, DURATION AND IMPACT OF DRY SPELLS IN NON-IRRIGATED AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE MUNICIPALITY OF IPANGUAÇU-RN

ABSTRACT: Aiming to analyze the effect of spells on productivity of maize and beans in the municipality of Ipanguaçu-RN, developed a study on the dry spells during the rainy season between 2004 and 2015. It was verified the data of daily rainfall and the height sorting according to the numbers of days in which the precipitation was zero, comparing each year with the yield of crops of corn and beans. It was observed that a predominance of class spells (3 to 6 consecutive days of rain), and the increased frequency of these is in the months of April and may. Notice that when class D spells (> 15 consecutive days of rain) the crop yield was zero. When compared the aiores consecutive days without rain with the average yield of the crops of corn and beans, there was no significant linear correlation.

KEY-WORDS: precipitation; rain-fed agriculture; correlation.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do semiárido do Nordeste do Brasil, em particular de municípios de pequeno porte, é por demais dependente de chuvas. Estudo pluviométrico

com base no conceito diário pode fornecer valiosa informação acerca do risco agrícola de uma determinada região ou município, diminuindo os prejuízos econômicos e sociais. (MENEZES et al., 2010)

Em regiões semiáridas, o clima passa a ter uma importância fundamental na organização do planejamento, do tempo e do espaço agrícola e, principalmente, na determinação da tipologia do modelo de exploração da unidade produtiva Fernandes (2014). Com essas características se faz necessário um melhor conhecimento das aptidões edafoclimáticas da região e a definição de um modelo adequado a essas condições, com identificação de períodos menos propícios a secas. Silva e Rao (2002)

Por décadas, muitos dos estudos de variabilidade e mudanças climáticas da precipitação estiveram focados em mudanças nos valores médios. Entretanto, há uma necessidade de se verificar mudanças não só em totais pluviométricos, mas também na distribuição temporal dos eventos climatológicos, que em quadras chuvosas de curto período em regiões semiáridas não ultrapassa os 5 meses (MENEZES et al., 2015; NOBREGA et al., 2015). Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo verificar a distribuição e classificação dos veranicos e sua relação com o rendimento do milho e feijão no município de Ipangaçu-RN.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Ipangaçu-RN, foram utilizados dados diários de chuva, disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN, 2017), para o período de janeiro de 2004 a dezembro de 2015. Para o mesmo período, utilizou-se dados de rendimento médio das culturas de Milho e Feijão, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

A análise dos dados diários de precipitação foi utilizada, a fim de determinar a ocorrência e duração dos veranicos durante o período chuvoso (Janeiro a Junho). Foram utilizados os critérios utilizados por CASTRO e VILELLA (1986) e ASSAD e SANO (1998) para determinação dos veranicos. Assim considerou-se como veranico, o período de pelo menos três dias consecutivos sem chuva, sendo classificado em classes de acordo com os seguintes intervalos de duração: três a seis dias (A); sete a dez dias (B); 11 a 14 dias (C); e superior a 15 dias (D).

Verificou-se ainda a relação entre os maiores veranicos e a produção de milho e feijão para o município de Ipangaçu-RN. Com base na metodologia aplicada por Menezes et al. (2010), estimou-se os coeficientes de correlação linear (r) entre os maiores veranicos e a produção agrícola, no período de 2004 a 2015. Utilizou-se o Método dos Mínimos Quadrados, em que o coeficiente de correlação (r) foi calculado de acordo com Morettin (1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se os veranicos ocorridos em escala mensal para o período chuvosa entre os anos de estudo (2004-2015) (Tabela 1), observa-se que os maiores números de veranicos ocorrem no mês de abril e maio (31 veranicos em ambos os meses). Contudo, nesses meses ocorre a predominância de veranicos de classe A (3 a 6 dias consecutivos de chuva). Nobrega et al. (2015), observaram essa tendência de maior número de veranicos de 5 dias consecutivos na mesorregião do sertão pernambucano.

Tabela 1. Frequência das classes de veranicos e distribuição temporal

Meses	Nº de veranicos	Classes de veranicos			
		Frequência (%)			
		A	B	C	D
Jan	29	48,20	13,80	13,80	24,20
Fev	26	42,30	42,30	3,80	11,60
Mar	31	64,50	29,10	0,00	6,40
Abr	31	64,50	32,50	3,20	0,00
Mai	26	57,70	15,40	19,20	7,70
Jun	29	55,20	17,30	17,30	10,20

Observa-se, ainda na Tabela 1, que a maior frequência da ocorrência dos veranicos tipo classe A para todos os meses do período chuvoso. Nota-se ainda que as menores frequências de veranicos do tipo classe D ocorre entre março e maio. Segundo Fernandes (2014) esse período de menos ocorrência de dias consecutivos secos, devem ser feitos o planejamento para o calendário agrícola, selecionando as técnicas mais adequadas para: o preparo do solo, a época de plantio, o sistema de cultivo, dentre outros, objetivando o alcance de resultados na redução dos riscos de perdas de safras, ocasionadas pelos veranicos, consequentemente garantia da produção alimentar.

Analisando-se o efeito do maior veranico anual na produção agrícola (Figura 1) observa-se que dependendo do mês em que ocorra, pode ocorrer grande influência na produtividade das culturas de sequeiro. Embora Fernandes (2014) afirme que o número de eventos de veranicos, por si só, não é o fator determinante no aumento dos riscos na agricultura de sequeiro, uma vez que eles podem acontecer com poucos dias consecutivos sem chuva, não causando danos às plantas. Silva e Rao (2002) relatam que os veranicos se constituem problemas, quando vão além dos dez dias, principalmente quando eles coincidem com os estádios fenológicos da floração e da formação e enchimento dos grãos, o que possivelmente ocorreu no ano de 2012 quando se registrou 21 dias consecutivos sem precipitação.

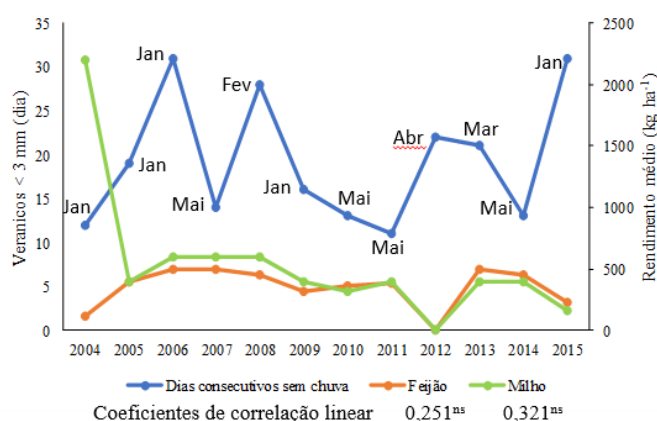


Figura 1. Dias consecutivos sem chuva durante o período chuvoso, mês de ocorrência, rendimento do milho e do feijão para o município de Ipanguaçu-RN durante o período de 2004 a 2015.

Analisando-se ainda a Figura 1, observa-se que não houve correlação linear ao nível de 5% e 1% entre a duração dos veranicos com o milho ou feijão. Menezes et al. (2010) e Menezes et al (2015), observaram que com o uso de irrigação ocorre uma correlação significativa entre veranicos e a cultura do milho tanto para o Estado da Paraíba quanto para Filomena -PI, evidenciando que outros fatores como o total precipitado influência no rendimento das culturas

CONCLUSÕES

Os veranicos apresentaram, predominância do tipo classe A no período de 2004 a 2015, com maior frequência de ocorrência nos meses de abril e maio para o município de Ipanguaçu-RN;

O rendimento médio das culturas de milho e feijão no município de Ipanguaçu-RN, não apresentaram relações diretamente proporcionais aos maiores veranicos ocorridos no período estudado;

Veranicos de classe D ocorridos no mês de abril podem causar a perda total da produção nas culturas de milho e feijão, contudo um período mais longo de estudos deve ser conduzido.

REFERÊNCIAS

ASSAD, E.D.; SANO E.E. **Sistema de Informações Geográficas – Aplicações na agricultura**. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC, 20 ed, 1998. 434p.

CASTRO NETO, P.; VILELLA, E.A. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, V. 12, n.138. p. 59-62. 1986.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE (EMPARN). Disponível em: < <http://187.61.173.26/monitoramento/monitoramento.php>>. Acessado em: ABR-2017

FERNANDES, F. B. P. **Disponibilidade hídrica para a cultura do feijão-de-corda em função do manejo de solo no semiárido cearense**. 2014. Tese de Doutorado.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=240470&search=rio-grande-do-norte|ipanguacu>>. Acesso em: ABR. 2017.

MENEZES, H. E. A. et al. Influência de veranico na produção agrícola no município de Santa Filomena, Piauí, **Brasil. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 21-25, 2015.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B.; LIMA, R. A. F.. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.14, n.2, p.181–186, 2010.

MORETTIN, L. G. **Estatística básica**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil Ltda. 6.ed., 1991. 183p.

NÓBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L.; SANTOS, C. A. C. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 2, p. 171-180, 2015.

SILVA, F. A. S.; RAO, T. V. R. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3; p. 453-459, 2002.

INFLUÊNCIA DOS VERANICOS NA PRODUÇÃO DE FEIJÃO NO MUNICÍPIO DE IPANGUAÇU-RN

Isaac Alves da Silva Freitas¹, Daniel de Freitas Brasil², Jacques Carvalho Ribeiro Filho³, Marlon de Moraes Dantas⁴, José Espínola Sobrinho⁵

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando Manejo de solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, isaacntn@outlook.com; ² Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Ciência animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, danieldfb@gmail.com; ³ Técnico em Irrigação e Drenagem, Mestrando em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, jacquesfilho1@hotmail.com; ⁴ Engenheiro agrônomo, Ms. Ciência do solo, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, mdmorais@hotmail.com; ⁵ Engenheiro Agrônomo, D. Sc. em Recursos Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, jespínola@ufersa.edu.br

RESUMO: A agricultura de sequeiro é uma técnica agrícola utilizada em regiões com baixos índices pluviométricos, esse tipo de plantio somente torna-se eficiente quando a umidade armazenada no solo é totalmente aproveitada. Este trabalho objetivou analisar a ocorrência dos diferentes tipos de veranicos e sua influência na produtividade de feijão de sequeiro entre os anos de 2004 a 2015 no município de Ipanguaçu/RN. Os veranicos foram classificados de acordo com os dias consecutivos sem chuva em classes A; B; C e D, onde os dias consecutivos sem chuva representativos de cada classe são 3-6 (A); 7-10 (B); 11-14 (C) e maior que 15 dias (D). A ocorrência dos diferentes tipos de veranicos foi analisada estatisticamente através da ANOVA, já sua influência sobre a cultura do feijão de sequeiro foi verificada através da metodologia de correlações de Pearson. Os resultados demonstraram que os veranicos de classe “A” foram os mais frequentes, seguido pelos tipos B e D que não apresentaram diferenças estatísticas. Já o veranico de classe “C” foi o menos presente neste período de estudo. Verificou-se também que quanto maior o período de veranico, maior será seu impacto sobre a produtividade final.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação; Análise de variância; Correlação.

DROUGHT INFLUENCE ON THE PRODUCTION OF BEANS IN THE CITY OF IPANGUAÇU-RN

ABSTRACT: Non-irrigated agriculture is an agricultural technique used in regions with low pluviometric indices, this type of planting only becomes efficient when the moisture stored in the soil is totally utilized. This work aims to investigate the occurrence of different types of droughts and its influence on non-irrigated bean yield between the years 2004 and 2015 in the municipality of Ipanguaçu/rn. The droughts were classified according to the consecutive days without rain in classes a, b, c and d, where the consecutive days without rain are 3-6 (A); 7-10 (B); 11-14 (C) and greater than 15 days (D). The occurrence of different types of droughts was analyzed through Anova and its influence on the non-irrigated bean culture was verified through Pearson correlations. The results showed that the "a" classics were the most frequent, followed by types b and d that did not present statistical differences, whereas the "c" class drought was the least present in this period of study. It was also verified that the longer the drought period, the greater its impact on the final production.

KEY-WORDS: Precipitation; Analysis of variance; Correlation.

INTRODUÇÃO

A agricultura no nordeste brasileiro é predominantemente realizada em condições de sequeiro, praticada principalmente em pequenas propriedades agrícolas que dependem exclusivamente da distribuição pluviométrica (DINIZ, 2012).

Em regiões semiáridas, o clima passa a ter uma importância fundamental na organização do planejamento do tempo e do espaço agrícola e, principalmente, na determinação da tipologia do modelo de exploração da unidade produtiva (FERNANDES, 2014). Descrever regionalmente o regime pluvial, principalmente na estação chuvosa, é fundamental para o planejamento agrícola, bem como para basear programas de crédito e investimento rural (SILVA; RAO 2002).

Prever com antecedência os veranicos é crucial para o bom desenvolvimento da agropecuária, uma vez que o planejamento agrícola, principalmente para os cultivos de sequeiro, pode auxiliar na maximização dos resultados produtivos (CARVALHO et al, 2009). Conhecer o regime pluviométrico de uma região, no que diz respeito à duração e ao final da quadra chuvosa e conhecer os períodos críticos susceptíveis aos veranicos dentro desta estação, são fundamentais. Portanto a elaboração de calendários agrícolas são um passo inicial do planejamento, uma vez que o crescimento e desenvolvimento das culturas em regime de sequeiro dependem exclusivamente da época chuvosa (AZEVEDO e SILVA, 2007). Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo verificar qual a classificação dos veranicos é mais presente e sua correlação com os aspectos produtivos da cultura de feijão no município de Ipanguaçu-RN.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Ipanguaçu-RN, localizado entre as coordenadas geográficas 5°29'56" S e 36°51'10" W, com altitude de 13 m. Foram utilizados dados diários de chuva, disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN, 2017), para o período de janeiro de 2004 a dezembro de 2015. Para o mesmo período, utilizou-se dados de Produção da cultura de feijão, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

A análise dos dados diários de precipitação foi utilizada, a fim de se determinar o tipo mais frequente de veranico e sua influência sobre as produtividades anuais de 2004 a 2015. Neste trabalho, utilizou-se combinação de metodologias descritas por Castro Neto & Vilella (1986) e Assad & Sano (1988), considerando-se, como veranico, o período de pelo menos três dias consecutivos sem chuva, os respectivos períodos de veranico eram classificados de acordo com os seguintes intervalos de duração: três a seis dias (A); sete a dez dias (B); 11 a 14 dias (C); e superior a 15 dias (D). Todos os dados foram submetidos inicialmente a estatística descritiva básica para verificar a normalidade de distribuição. Em seguida, caso houvesse normalidade entre os dados, era feito o teste F, através da análise de variância (ANOVA), para verificar a existência de diferenças significativas entre as médias dos dados. Verificou-se ainda o efeito e entre os diversos tipos de veranicos e a produção das culturas de feijão, para o município de Ipanguaçu-RN através da correlação de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Feitas as análises de homogeneidade e consistência dos dados observou-se através da análise de variância das médias com posterior teste de Tukey a 5% de probabilidade que o veranico de classe "A" foi o mais observado, diferindo

estatisticamente de todos as demais classes, seguido pelos veranicos do tipo “B” e “D” que foram estatisticamente semelhantes (Tabela 1). Já o veranico com intervalos de 11 a 14 dias, ou seja, o veranico de classe “C” foi o menos observado ao longo do período experimental. Esse comportamento também foi observado por Nóbrega, Farias e Santos (2015), que observaram um maior número de veranicos de 5 dias consecutivos na mesorregião do sertão pernambucano. Este comportamento também fora observado por Minuzzi (2015) que observou que os veranicos classe “A” são mais presentes para o estado de Minas Gerais que contém região inserida do conjunto do semiárido nordestino.

Tabela 1. Frequência das classes de veranicos ao longo do período estudado

Tipo de Veranico	ANOVA
A	10,16 a
B	5,33 b
C	2,25 c
D	6,33 b

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se, ainda na Tabela 1, que a maior frequência de ocorrência dos veranicos é do tipo classe A, para todos os meses do período chuvoso. Verifica-se ainda que as menores frequências de veranicos ocorridos são do tipo classe D e ocorrem entre março e maio. Segundo Fernandes. (2014) esse período de menos ocorrência de dias consecutivos secos, devem ser usados para o planejamento do calendário agrícola, selecionando-se as técnicas mais adequadas para: o preparo do solo, a época de plantio, o sistema de cultivo, dentre outros, objetivando-se o alcance de resultados na redução dos riscos de perdas de safras, ocasionadas pelos veranicos e, conseqüentemente, garantia da produção alimentar.

Na Tabela 2, são apresentados os coeficientes de correlação linear entre as classes de veranicos ocorridos e a produção agrícola de feijão no município de Ipanguaçu/RN. Além destes, a Tabela 2 também apresenta outras correlações relacionadas às precipitações totais anuais e os dias que apresentaram chuva.

Ao se analisar as correlações entre as classes de veranicos e os índices produtivos, verifica-se que os dados estão de acordo com diversos trabalhos semelhantes, como Menezes, Brito e Lima et al. (2010), que identificaram grande dependência entre a produção de milho e feijão e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba, no período de 1975 a 1994 e Menezes et al (2015) que observaram a influência de veranicos na produção agrícola no município de Santa Filomena/PI. Na Tabela 2 também é possível observar que a medida em que há um aumento do número de dias com veranicos, há também uma maior influência na produtividade agrícola, conforme verificado por Santos (2011) e Medeiros et al, (2015).

Tabela 2. Correlações entre as variáveis analisadas

Correlações Entre Variáveis	Coef. De Correlação	P-valor
Dias de Chuva X Precipitação Anual Total (mm)	0,905	p<0,01
Dias de Chuva x Produção de Feijão (kg/ha)	0,218	p>0,05
Precipitação Anual Total (mm) x Produção de Feijão (kg/ha)	0,101	p>0,05
Veranico Tipo A x Produção de Feijão (kg/ha)	0,091	p>0,05
Veranico Tipo B x Produção de Feijão (kg/ha)	0,182	p>0,05
Veranico Tipo C x Produção de Feijão (kg/ha)	0,274	p>0,05
Veranico Tipo D x Produção de Feijão (kg/ha)	-0,563	p>0,05

CONCLUSÕES

Os veranicos apresentaram, predominância do tipo classe A no período de 2004 a 2015; A produtividade de feijão no município de Ipanguaçu-RN no período de 2004 a 2015 sofreu influência proporcional à variação de classe dos veranicos ocorridos; O número de dias com chuva e a precipitação total anual não responderam como indicadores da produtividade de feijão na região de Ipanguaçu-RN, uma vez que os coeficientes de correlação não foram significativos.

REFERÊNCIAS

ASSAD, E.D.; SANO E.E. **Sistema de Informações Geográficas – Aplicações na agricultura**. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC, 20 ed, 1998. 434p.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, F. D. S. Risco climático para o cultivo do algodoeiro na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.22, p.408-416, 2007.

CASTRO NETO, P.; VILELLA, E.A. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, V. 12, n.138. p. 59-62. 1986.

DINIZ, A. F. **Estudo da variabilidade da pluviosidade (1994-2010) no município de Feira de Santana (Bahia) e seus reflexos na agricultura de sequeiros: o caso do milho**, 2012. Dissertação de Mestrado.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE (EMPARN). Disponível em: <<http://187.61.173.26/monitoramento/monitoramento.php>>. Acessado em: ABR-2017

FERNANDES, F. B. P. **Disponibilidade hídrica para a cultura do feijão-de-corda em função do manejo de solo no semiárido cearense**. 2014. Tese de Doutorado.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=240470&search=rio-grande-do-norte|ipanguacu>>. Acesso em: ABR. 2017.

MEDEIROS, G. I. B.; FLORINDO, T. J.; COSTA, J. S.. Impacto climático na produtividade e seguro rural. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 77-87, 2015.

MENEZES, H. E. A. et al. Influência de veranico na produção agrícola no município de Santa Filomena, Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 4, p. 21-25, 2015.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B.; LIMA, R. A. F. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** Campina Grande, v.14, n.2, p.181–186, 2010.

MINUZZI, R. B et al. Estudo climático do comportamento do período chuvoso no estado de Minas Gerais. **Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, 2015.

NÓBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L.; SANTOS, C. A. C. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista brasileira de meteorologia**, São José dos Campos, v. 2, p. 171-180, 2015.

SANTOS, R.; BASSEGIO, D. Comportamento histórico da precipitação e ocorrências de dias secos e chuvosos em Cascavel, Paraná. **Revista Thêma et Scientia**, Cascavel, v. 1, n. 1, p. 30-40, 2011.

SILVA, F. A. S.; RAO, T. V. R. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3; p. 453-459, 2002.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DA VIDEIRA NIÁGARA ROSADA NO NORTE FLUMINENSE

¹Barbara dos Santos Esteves, ²Claudio Roberto Marciano, ³Elias Fernandes de Sousa, ⁴Lidiane de Lima Lousada, ⁵David Pessanha Siqueira

¹Coordenadora do curso de agronomia das Faculdades Integradas Aparício Carvalho, barbbarase@gmail.com; ²Professor do Laboratório de Solos, marciano@uenf.br; ³Professor Titular do Laboratório de Engenharia Agrícola, efs@uenf.br; ⁴Doutora em Produção Vegetal, delimalousada@yahoo.com.br; ⁵Doutorando em Produção Vegetal, Laboratório de Fitotecnia, pessanhasdavid@hotmail.com.

RESUMO: O conhecimento de como as plantas utilizam a água do solo e respondem aos níveis de armazenagem, a partir do balanço hídrico, pode levar ao estabelecimento de estratégias eficazes de manejo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a evapotranspiração de cultura da videira Niágara Rosada através do método do balanço hídrico do solo e os coeficientes de cultivo. O experimento foi conduzido em um pomar comercial durante um ciclo produtivo da videira, entre setembro de 2013 e janeiro de 2014. O solo local é Argissolo Vermelho Amarelo, o parreiral é conduzido em sistema de latada a 1,80 m acima da superfície do solo, tem espaçamento entre plantas de 2 m e entre linhas de 2,7 m, e irrigado por gotejamento. O consumo hídrico total da videira Niágara Rosada foi de 456,7 mm. O maior consumo hídrico da cultura foi na fase IV (Frutificação-Maturação). Os valores de coeficientes de cultivo encontrados no presente estudo poderão ser utilizados pelos agricultores da região, para o manejo adequado de irrigação da videira Niágara Rosada.

Palavras-chave: balanço hídrico via solo, manejo de água, fruticultura irrigada, coeficientes de cultivo.

CROP EVAPOTRANSPIRATION OF THE NIAGARA ROSADA GRAPE TO THE NORTE FLUMINENSE

ABSTRACT: Knowledge of how plants use soil water and respond to storage levels from the water balance can lead to the establishment of effective management strategies. Thus, the objective of this work was to determine the crop evapotranspiration of the Niagara Rosada grape through the soil water balance method and the crop coefficients. The experiment was conducted in a commercial orchard during a productive cycle of the grape, from September 2013 to January 2014. The soil is a Hapludult, and the orchard has plant spacing of 2 m, and between rows of 2.7 m, being conducted in a trellis system 1.80 m above the soil surface, and irrigated by drip irrigation. The total water consumption of Niagara Rosada grape was 456.7 mm. The highest water consumption of the crop was in phase IV (Fructification-Maturation). The values of the crop coefficients found in the present study may be used by the farmers of the region for the proper irrigation management of the Niagara Rosada grape.

KEY WORDS: water balance in the soil, water management, irrigated horticulture, crop coefficients.

INTRODUÇÃO

A quantificação dos processos hídricos, de forma isolada ou integrada, pode auxiliar na avaliação de diferentes cenários de desenvolvimento em sistemas produtivos (Prevedello et al., 2007). O uso eficiente da água na irrigação tornou-se componente chave na viabilidade da produção agrícola e no aumento de qualidade da produção, principalmente em áreas onde a disponibilidade hídrica é reduzida.

O conhecimento de como as plantas utilizam a água no solo e como respondem aos níveis de água disponível no solo, obtido a partir do balanço hídrico, pode levar ao estabelecimento de estratégias eficazes de manejo, visando o melhor uso possível das reservas de água no solo pelas culturas (Silva et al., 2014). Neste contexto o coeficiente de cultivo (Kc) se caracteriza como componente importante no cálculo das necessidades hídricas de culturas, as quais são específicas às condições edafoclimáticas do local onde a cultura se desenvolve (Silva et al., 2013).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar a evapotranspiração e os coeficientes de cultivo da videira ‘Niagara Rosada’ (*Vitis labrusca* L.) na Região Norte Fluminense, por meio do método do balanço hídrico do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no 3º Distrito do Município de São Fidélis, na Região Norte Fluminense, em um pomar comercial (latitude 21°30’S e longitude 41°42’W). O período experimental foi de setembro de 2013 a janeiro de 2014 (primavera-verão). O clima de São Fidélis, segundo a classificação climática de Köppen, é Aw. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2013). A cultivar de videira utilizada no estudo foi a Niágara Rosada enxertada sobre o porta-enxerto IAC-766, o parreiral é conduzida em sistema de latada, com espaçamento 2,0 m x 2,7 m. A área foi irrigada por gotejamento, com emissores autocompensantes de 4 L h⁻¹. Ao lado da área experimental, um barranco de carreador foi utilizado para a coleta de amostras deformadas e indeformadas de solo em camadas de 0,2 m de espessura até a profundidade de 1,0 m. Os atributos físico-hídricos do solo estudado estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Frações granulométricas (areia, silte e argila), densidade (Ds), densidade das partículas (Dp), porosidade total (PT), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD), obtidos para o solo da área experimental, até 1 m de profundidade.

Camada (cm)	Areia	Silte	Argila	Ds	Dp	PT	Ma	Mi	CC	PMP	AD
	-----(g kg^{-1})-----			-(Mg m^{-3})-		-----($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)-----					
0-20	624	73	304	1,44	2,60	0,44	0,17	0,25	0,23	0,16	0,07
20-40	654	74	273	1,55	2,51	0,38	0,14	0,29	0,28	0,20	0,08
40-60	569	78	353	1,54	2,61	0,41	0,14	0,27	0,26	0,19	0,07
60-80	465	120	415	1,44	2,69	0,47	0,18	0,28	0,27	0,22	0,05
80-100	347	72	581	1,46	2,67	0,45	0,11	0,34	0,33	0,27	0,06

O monitoramento do balanço hídrico do solo foi realizado em três plantas, a partir da contabilização de todas as entradas e saídas de água, cuja soma algébrica resulta na variação de armazenagem - Δh (Cruz, 2003). Esta equação, porém, é usualmente rearranjada para deixar a evapotranspiração da cultura (ETc, mm) como variável dependente:

$$ETc = \Delta h - (P + I + q + R) \quad (1)$$

em que: q é o fluxo de água (mm) no limite inferior da camada de solo considerada no balanço hídrico (zona radicular); R é o escoamento superficial ou enxurrada (mm); P é a precipitação (mm); e I é a irrigação (mm). Detalhes dos cálculos podem ser visualizados em Moraes et al., (2015) e Libardi (1995).

O coeficiente de cultivo foi obtido pela Equação 3:

$$Kc = ETc/ETo \quad (3)$$

em que: ETo é a evapotranspiração de referência totalizada para cada período a partir dos valores diários pelo método de Hargreaves e Samani (1985), utilizando-se os dados de uma miniestação da marca Spectrum, modelo Whatch-dog 2450.

A estimativa da área foliar foi realizada por intermédio da metodologia proposta por Pedro Júnior et al. (1986), utilizando a Equação 8, desenvolvida para a cultivar Niágara Rosada:

$$AF = 0,85\pi(L/2)^2 \quad (4)$$

onde: AF - área foliar estimada em cm^2 ; L - largura da folha em cm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, são apresentados os componentes do balanço hídrico para o ciclo avaliado.

Tabela 2 - Armazenagem (h), evapotranspiração de referência (ETo), evapotranspiração de cultura (ETc), precipitação+irrigação ($P+I$), enxurrada (R), variação de armazenagem (Δh), fluxo de água no limite inferior da camada de solo considerada no balanço hídrico (q), coeficiente de cultivo (Kc), para a videira Niágara Rosada em São Fidélis, RJ.

Área sem cobertura plástica											
Data	Fases	Nº dias	H	ETo	ETc	$P+I$	R	Δh	Q	ETc	Kc
			Mm	mm período ⁻¹			mm d ⁻¹				
02/10	I	-	264,38	-	-	-	-	-	-	-	-
17/10	I	15	274,84	85,1	-24,5	47,1	0,0	0,70	-0,10	-1,63	0,29
31/10	II	14	272,26	86,4	-45,6	44,3	0,0	-0,20	-0,10	-3,11	0,50
13/11	III	13	257,82	80,3	-60,3	59,0	0,0	-1,10	-0,10	-4,63	0,75
02/12	IV	19	335,80	124,4	-108,8	269,0	-80,0	4,10	-0,10	-5,72	0,87
19/12	IV	17	290,18	108,0	-95,2	81,0	-30,0	-2,70	-0,10	-5,60	0,88
09/01	V	21	301,14	157,5	-91,3	158,2	-40,0	0,50	-0,20	-4,36	0,58
23/01	V	14	290,68	110,8	-32,7	100,3	0,0	-0,70	-0,60	-2,33	0,29
Total/média			286 a	753,0	-456,7	759	-150,0	0,10 a	-0,20 a	-3,90 a	0,60 a

Fases Fenológicas: I – Poda a brotação; II – Brotação-Floração; III – Floração-Frutificação; IV – Frutificação-Maturação; V – Maturação-Colheita.

O consumo hídrico da videira Niágara Rosada no ciclo avaliado foi de 456,7 mm. Observando-se a Tabela 2, percebe-se que no período de dezembro a janeiro ocorreram as maiores entradas de água na área de cultivo, gerando volumes que provocaram enxurradas. Avaliando a distribuição de chuvas no Norte e Noroeste Fluminense, Marques et al. (2002) citam que no início da estação chuvosa, que ocorre no mês de outubro, a precipitação é utilizada quase que totalmente para a gradual reposição de água ao solo, enquanto nos meses subsequentes ocorre uma expansão da área com excesso hídrico, que atingi seu máximo em dezembro. As entradas de água contabilizadas, precipitação + irrigação, foram de 759 mm e as saídas 150 mm por escoamento superficial (R). A ETc diária média variou de 1,63 $mm d^{-1}$ a 5,72 $mm d^{-1}$, sendo que estes valores correspondem a fase de poda e brotação (Fase I) e frutificação-

maturação (Fase IV), respectivamente. A relação entre a área foliar e a evolução do Kc é apresentada na Figura 1.

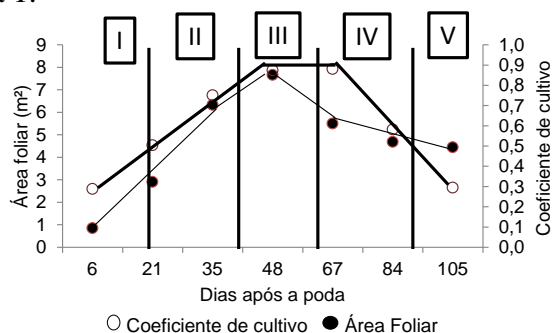


Figura 1. Variação do coeficiente de cultivo (Kc) e da área foliar da cultura (AF) na videira Niágara Rosada.

A maior área foliar ocorreu na fase III (Floração-Frutificação), em torno de 48 dias após a poda. Os valores de Kc variaram de 0,29 a 0,88, os quais são compatíveis com os valores encontrados por Conceição et al., (2012), em Jales, SP. Observa-se que os valores de Kc das fases fenológicas I e V foram os mesmos, indicando que houve um menor consumo hídrico durante estas fases. Possivelmente, esses valores menores de Kc ocorreram durante a fase I, devido a área foliar da cultura ainda ser pequena; e na para a fase V, devido a senescência das folhas, por ser o final do ciclo.

CONCLUSÕES

O consumo hídrico total da videira Niágara Rosada foi de 456,7 mm. O maior consumo hídrico da cultura foi na fase IV (Frutificação-Maturação). Os valores de coeficientes de cultivo encontrados no presente estudo poderão ser utilizados pelos agricultores da região, para o manejo adequado de irrigação da videira Niágara Rosada.

REFERÊNCIAS

CONCEIÇÃO, M. A. F. et al. Coeficiente de cultura (Kc) para videira com e sem cobertura vegetal no solo. Irriga, Botucatu, p. 234-249, 2012. Edição especial.

CRUZ, A.C.R. **Consumo de água por cultura de citros cultivada em Latossolo Vermelho- Amarelo**. 2003. 92p. Tese (Doutorado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa. 2013. 353p.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, v. 1, n. 2, p. 96-99, 1985.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 1. ed. Piracicaba: Departamento de Física e Meteorologia (ESALQ/USP). 1995. 497p.

MARQUES, V. S. et al. **Possíveis modificações na classificação climática das regiões norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro**. Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro-SIMERJ. 2002.15 p.

MORAES, J.G. et al. Balanço hídrico e coeficiente de cultura da laranjeira ‘Folha Murcha’ no Noroeste Fluminense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2, p. 241-249, 2015.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; RIBEIRO, I.J.A.; MARTINS, F.P. Determinação da área foliar em videira cultivar Niágara Rosada. **Bragantia**, v.45, n.1, p.199-204, 1986.

PREVEDELLO, C. L. et al. Balanço de água por aquisição automática de dados em cultura de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31 p.1-8, 2007.

SILVA, R.A.B. et al. Balanço hídrico em Neossolo Regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria Decumbens* Stapf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.147-157, 2014.

SILVA V.P.R. et al. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo simples e dual do coentro. **Horticultura Brasileira**, v.31, p.255-259, 2013.

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO EM PORTO VELHO-RO, NO PERÍODO DE 2007-2016

ESTEVES, B.S.¹, OLIVEIRA, S.V.², CHAVES, P.P.³,

¹Coordenadora do Curso de Agronomia, Faculdades Integradas Aparício Carvalho, Porto Velho, Rondônia, barbbarase@gmail.com; ²Graduando em Agronomia, aluno de iniciação científica, Faculdades Integradas Aparício Carvalho, Porto Velho, Rondônia, svobedo@gmail.com; ³Professora do Curso de Agronomia das Faculdades Integradas Aparício Carvalho, Porto Velho, Rondônia, priscillapch2004@yahoo.com.br.

RESUMO: A disponibilidade hídrica é um dos principais fatores para o sucesso agrícola. A falta ou excesso de água inviabiliza a produção de diversas culturas. O objetivo deste estudo foi calcular o balanço hídrico climatológico em Porto Velho, Rondônia, visando caracteriza-lo no período de 2007 a 2016. O presente trabalho foi desenvolvido com dados de uma estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Porto Velho. Para a elaboração do balanço hídrico climatológico, utilizou-se o método de Thornthwaite & Mather (1955). O armazenamento de água no solo foi determinado pela capacidade de água disponível, onde se adotou o valor de 125 mm. O mês com a temperatura média mais elevada foi o de setembro, no período de 2007-2016. O mês mais chuvoso da década avaliada foi o de março. Houve uma redução no excedente hídrico para o mês de dezembro.

Palavras-chave: Thornthwaite & Mather (1955), disponibilidade hídrica, manejo de irrigação.

CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE IN PORTO VELHO-RO, FOR THE PERIOD 2007-2016

ABSTRACT: Water availability is one of the main factors for agricultural success. The lack or excess of water makes the production of several crops unfeasible. The objective of this study was to calculate the climatological water balance in Porto Velho, Rondônia, aiming to characterize it in the period from 2007 to 2016. The present work was developed with data from a station of the National Meteorological Institute (INMET) in Porto Velho. For the preparation of the climatological water balance, using the method of Thornthwaite & Mather (1955). Soil water storage was determined by the available water capacity, where the value of 125 mm was adopted. The month with the highest average temperature was the month of September in the period 2007-2016. The wettest month of the decade evaluated was March. There was a reduction in the water surplus for the month of December.

Key words: Thornthwaite & Mather (1955), water availability, irrigation management.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica é um dos principais fatores para o sucesso agrícola. A falta ou excesso de água inviabiliza a produção de diversas culturas, sendo necessário conhecer os padrões da demanda atmosférica regional. Segundo Carvalho et al. (2011), o balanço hídrico climatológico (BHC) é considerado uma das ferramentas mais utilizadas para a estimativa da deficiência e do excedente hídrico, da reposição e da retirada da água do solo e da quantidade de água armazenada.

Segundo Franca (2015), em Rondônia, devido sua grande extensão, a distribuição espacial das chuvas exibe grande heterogeneidade. Dessa forma, o balanço

hídrico é diferenciado para cada região do estado. No caso do município de Porto Velho, o clima, conforme a classificação de Köppen, está inserido no grupo tropical chuvoso do tipo Am (clima tropical de monção), com características de elevados índices pluviométricos e um breve período de estiagem (três meses secos) (Tejas et al., 2012).

Observa-se que ao longo dos anos existem em algumas regiões alterações no balanço hídrico local. Tais alterações podem ser devidas a mudanças no uso do solo e as próprias mudanças climáticas globais. Estudos preveem que o regime de chuvas da Amazônia será reduzido nos próximos anos (IPCC, 2007).

Assim, o objetivo deste estudo foi calcular o balanço hídrico climatológico em Porto Velho, Rondônia, visando caracteriza-lo no período de 2007 a 2016, as variabilidades sazonais conforme a deficiência e o excedente hídrico e a disponibilidade de água, para subsidiar informações para uso da irrigação e comparar os dados com as normais climatológicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido para Porto Velho, capital do estado de Rondônia. A cidade está situada na Amazônia Meridional entre as coordenadas geográficas 07°58' e 13°43' de Latitude Sul e 59°50' e 66°48' de Longitude a Oeste de Greenwich com uma área urbana de 116,90 km² (PORTO VELHO, 2008). Segundo o IBGE (2016), o município de Porto Velho, RO, conta com uma população de 511.219 pessoas.

O presente trabalho foi desenvolvido com dados de uma estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Porto Velho, localizada nas coordenadas 08°45'S e 63°28'O, há 95 metros de altitude. Para a elaboração do balanço hídrico climatológico, foi utilizado o método de Thornthwaite & Mather (1955). O armazenamento de água no solo foi determinado pela capacidade de água disponível, onde se adotou o valor de 125 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do BHC para o período de 2007 a 2016 podem ser observados na Tabela 1. Observou-se que o mês com a maior temperatura média foi o de setembro, com média de 27,8°C.

Tabela 1. Balanço hídrico climatológico de Porto Velho, RO, dados de 2007 a 2016, segundo a metodologia de Thornthwaite & Mather (1955).

Meses	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NEG-AC (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	25,83	284	130	154	0	125	0	130	0	154
Fev	25,72	271	114	157	0	125	0	114	0	157
Mar	25,93	354	127	226	0	125	0	127	0	226
Abr	26,01	209	130	79	0	125	0	130	0	79
Mai	25,72	149	120	29	0	125	0	120	0	29
Jun	25,39	43	109	-66	-66	74	-51	95	-15	0
Jul	25,83	24	121	-97	-164	34	-40	64	-58	0
Ago	27,41	37	146	-109	-273	14	-20	56	-90	0
Set	27,80	86	148	-62	-335	9	-5	92	-56	0
Out	27,24	172	151	21	-179	30	21	151	0	0
Nov	26,90	188	145	43	-67	73	43	145	0	0
Dez	25,89	263	132	131	0	125	52	132	0	80

T é a temperatura média mensal; P é a precipitação; ETP é a evapotranspiração de referência; NEG-AC é o negativo acumulado; ARM é a armazenagem; ALT é a alteração; ETR é a evapotranspiração real; DEF é o déficit hídrico e; EXC é o excedente hídrico.

Observando-se a Tabela 1, percebe-se que o período de maior precipitação no município foi de outubro a maio. Neste período foi observado também que a armazenagem manteve-se máxima. Nos meses de junho a novembro, observou-se que a armazenagem de água no solo foi inferior a CAD. Verificou-se um déficit hídrico anual médio de 218 mm, distribuídos ao longo de junho a setembro, no chamado período de verão amazônico, em que há a redução da precipitação regional. O mês mais chuvoso da década avaliada foi março. Este resultado divergiu dos dados das Normais Climatológicas do INMET (1961-1990), em que o mês mais chuvoso é o mês de janeiro.

Na década analisada, o mês de março acumulou, durante vários anos, médias pluviométricas acima da Normal Climatológica de 1961-1990 (274 mm para o período de 30 anos e 354 mm para 2007-2016). Houve neste período um evento extremo, no mês em questão, no ano de 2014; uma inundação de grandes proporções no município de Porto Velho. Segundo FEARNSTIDE (2014) a inundação foi devido a um evento extremo meteorológico, que tem período de retorno a cada 100 anos, e também, possivelmente a mudanças no uso da bacia hidrográfica. Na Figura 1 estão apresentadas as variações do excedente hídrico e do déficit, para a década analisada.

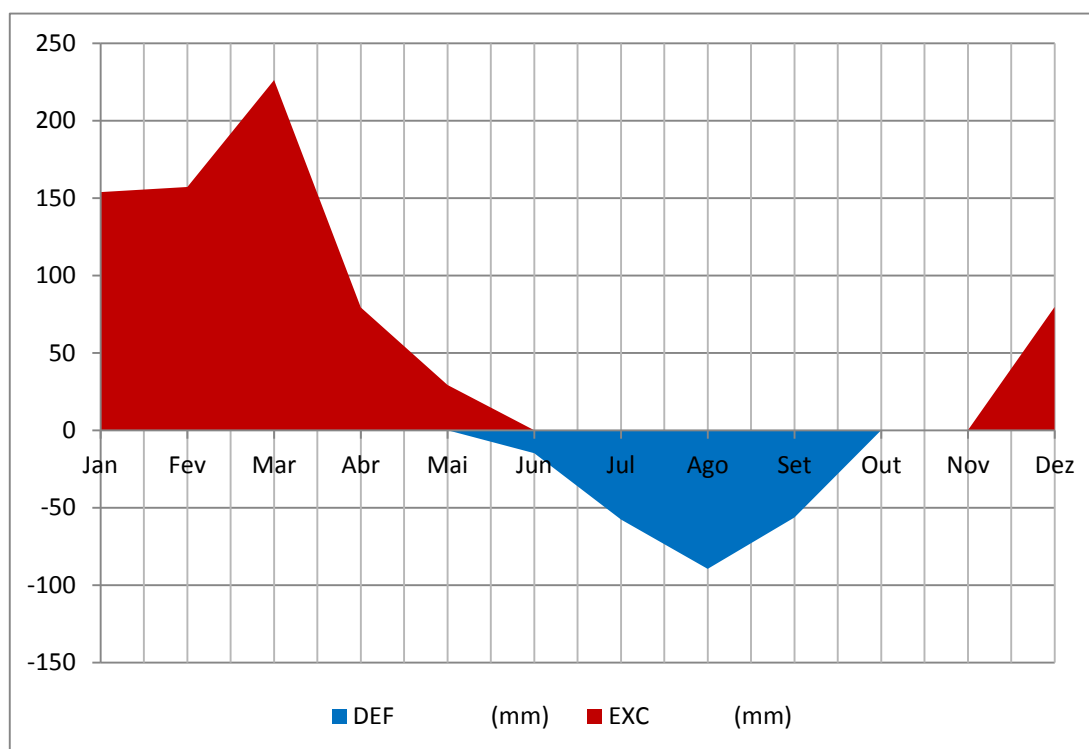


Figura 1. Extrato do balanço hídrico mensal.

Observa-se que mesmo Porto Velho sendo uma região do domínio amazônico, com alta pluviosidade anual, há a necessidade de reposição hídrica, via irrigação para o desenvolvimento de algumas culturas agrícolas, no período seco, como a pupunheira, por exemplo. Segundo Franca e Ribeiro (2012), o estado de Rondônia está sujeito a períodos de estiagem durante o chamado verão amazônico (inverno do Hemisfério Sul). Franca (2015) aponta que os meses de junho, julho e agosto são os mais secos da região.

Em relação ao período de 1961-1990, foi observado que para a década de 2007-2016, houve redução do excedente hídrico do mês de dezembro (de 192 mm, com os dados de 1961-1990, para 80 mm em 2007-2016).

CONCLUSÕES

O mês com a temperatura média mais elevada foi o de setembro no período de 2007-2016. O mês mais chuvoso da década avaliada foi o de março. Houve uma redução no excedente hídrico para o mês de dezembro.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, H.P. et al. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, 2011, v. 27, n. 2, p. 221-229.

FEARNSIDE, P.M. As barragens e as inundações no rio Madeira. **Ciência Hoje**, 2014, v.53, nº314, p.56-57.

FRANCA, R. R. Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. **Geografias - Artigos Científicos**, Belo Horizonte, 2015, v.11, nº1, p.44-58.

FRANCA, R. R.; RIBEIRO, A. F. A. O fenômeno da estiagem em Rondônia: estudo de caso sobre agosto de 2010 em Porto Velho. **Revista Geonorte**, 2012, Edição especial 2, v.1, n.5, p.1070-1078.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=110020>> Acesso em: MAI. 2016.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas (1961-1990) 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>> Acesso em: MAI. 2016.

IPCC Climate Change 2007: Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

PORTO VELHO, LEI complementar nº311, de 30 de Junho de 2008, dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Porto Velho. Diário Oficial [do município de Porto Velho], Porto Velho, 2008. Disponível em Acesso em MAI de 2017.

TEJAS, G.T. et al Estudo da variabilidade climática em Porto Velho/RO Brasil no período de 1982 a 2011. **Revista de Geografia**, 2012, v.29, n.2, p.63-82.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (**Publications in Climatology, vol. VIII, n.1**).

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O VERÃO AMAZÔNICO UTILIZANDO DADOS DE TEMPERATURA E UMIDADE

Barbara dos Santos Esteves¹, Sidnei Vobedo de Oliveira.²

¹Coordenadora do Curso de Agronomia, Faculdades Integradas Aparício Carvalho, Porto Velho, Rondônia, barbarase@gmail.com; ²Graduando em Agronomia, aluno de iniciação científica, Faculdades Integradas Aparício Carvalho, Porto Velho, Rondônia, svobedo@gmail.com.

RESUMO: A escolha do método de estimativa da evapotranspiração de referência é uma importante etapa para o manejo adequado de irrigação. Objetivou-se com este trabalho analisar duas metodologias que utilizam apenas dados de temperatura e umidade, na região de Porto Velho-RO, durante o verão amazônico (junho a agosto). Foram avaliados os métodos de Hargreaves-Samani (1985) e Ivanov (Jensen et al., 1973), entre os anos de 2007 a 2016. Para análise utilizou-se a regressão linear, a correlação, o índice de concordância de Willmott, e o índice de Camargo e Sentelhas (1997). As metodologias analisadas superestimaram a evapotranspiração de referência no verão amazônico. A metodologia de Hargreaves-Samani foi considerada com desempenho bom, para o período analisado. Já a metodologia de Ivanov foi classificada como mediana para região de Porto Velho, RO, no período de verão amazônico.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo de irrigação, Amazônia, Hargreaves-Samani, Ivanov.

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATE FOR AMAZONIAN SUMMER USING TEMPERATURE AND HUMIDITY DATA

ABSTRACT: The choice of the method of estimation of the reference evapotranspiration is an important step for the proper management of irrigation. The objective of this work was to analyze two methodologies that only use data of temperature and humidity, in the region of Porto Velho, RO, during the Amazonian summer (June to August). Analysis of the methods of Hargreaves-Samani (1985) and Ivanov (Jensen et al., 1973), between the years 2007 to 2016. For this analysis was used a linear regression, a correlation, the Willmott concordance index, and the Index of Camargo and Sentelhas (1997). The methodologies analyzed overestimated the reference evapotranspiration in the Amazonian summer. The Hargreaves-Samani methodology was considered with good performance, for the analyzed period. The Ivanov methodology was classified as median for the region of Porto Velho, RO, in the Amazonian summer period.

KEY-WORDS: Irrigation management, Amazon, Hargreaves-Samani, Ivanov.

INTRODUÇÃO

O manejo de água é um importante fator para o sucesso da agricultura irrigada. Nesse sentido, o conhecimento do método de estimativa adequado para obtenção da evapotranspiração de referência (ET_o) é um fator importante. A evapotranspiração de referência é definida como a taxa evapotranspirométrica de uma cultura hipotética, com altura de 12 cm, resistência aerodinâmica de 70 s.m⁻¹ e albedo de 0,23 (Allen et al., 1998).

A escolha do método de estimativa da ET_o deve ser baseada em função da disponibilidade dos dados climáticos, da precisão necessária, da simplicidade e dos

custos. O método de Hargreaves-Samani (1985) é uma metodologia simples que utiliza apenas informações de temperatura. O método de Ivanov (Jensen et al., 1973) utilizada dados de temperatura e umidade relativa, apenas.

Embora a região de Porto Velho, RO, esteja situada no bioma amazônico, faz-se necessário o uso da irrigação para o desenvolvimento de algumas culturas agrícolas. Segundo Franca e Ribeiro (2012), o estado de Rondônia está sujeito a períodos de estiagem durante o chamado verão Amazônico (inverno do Hemisfério Sul). Franca (2015) aponta que os meses de junho, julho e agosto são os mais secos da região.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de duas metodologias simples para a estimativa da evapotranspiração de referência, sendo testados os métodos de Hargreaves-Samani e Ivanov, para a região de Porto Velho, RO, entre os anos de 2007 e 2016, nos meses do chamado verão Amazônico.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido com dados de uma estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Porto velho, localizada nas coordenadas 08°45'S e 63°28'O, a 95 metros de altitude. O período avaliado foi o verão Amazônico, considerando os meses de junho a agosto, entre os anos de 2007 e 2016. Foram excluídos dados de dias chuvosos e um dia posterior a estes, além de dias em que ocorreram manutenção de equipamentos e eventuais anormalidades. Para elaborar a comparação foi utilizado o método de Penman-Monteith, apresentado a seguir.

a) Método de Penman-Monteith parametrizado (EToPM)

Para estimativa da ETo pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 1998), foi utilizada a seguinte equação:

$$ETo^{PM} = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

em que, ETo é a evapotranspiração de referência, em mm.dia⁻¹; Rn é o saldo de radiação e G é o fluxo de calor no solo, ambos em MJ.m⁻².dia⁻¹; T é a temperatura média diária do ar, em °C; γ a constante psicrométrica, em kPa.°C⁻¹; Δ é a tangente da curva de pressão de saturação de vapor em função da temperatura do ar, em kPa.°C⁻¹; U₂ é a velocidade média diária do vento a 2 m de altura, em m.s⁻¹; e_a é a pressão atual de vapor, em kPa; e_s pressão de saturação de vapor à temperatura da superfície, em kPa.

A seguir estão apresentados os métodos de Hargreaves-Samani e Ivanov.

b) Método de Hargreaves-Samani (EToHS)

Esse método necessita apenas de dados de temperatura do ar e da radiação solar extraterrestre para estimar a ETo. Para a sua aplicação utilizou-se a seguinte equação:

$$EToHS = 0,0023 Ra (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} (T + 17,8) \quad (2)$$

em que Ra é a radiação solar extraterrestre, em mm.dia⁻¹; T_{máx} é a temperatura máxima do ar em °C; T_{mín} é a temperatura mínima do ar, em °C.

c) Método de Ivanov (EToIV)

$$EToIV = 0,006(25 + T)^2 \left(1 - \frac{UR}{100}\right) \quad (3)$$

Para análise estatística utilizou-se a regressão linear considerando o modelo $y = a + bx$, na qual a variável dependente foi o método de Penman-Monteith (EToPM), e a variável independente, os métodos de Hargreaves-Samani (EToHS) e Ivanov (EToIV). Foi utilizado a correlação (r), e o índice de concordância de Willmott (D) que é um índice que varia de 0 a 1, em que 1 representa 100% de concordância e 0 é sem nenhuma concordância, sendo apresentado na Equação 4.

$$D = 1 - \frac{\sum (O - E)^2}{\sum (|E - X| + |O - X|)^2} \quad (4)$$

em que: O = valores estimados por EToPM; E = valores estimados pelos demais métodos; X = média dos valores EToPM.

Utilizou-se ainda índice de concordância de Camargo e Sentelhas (1997) (c), que é o resultado do produto entre o coeficiente de correlação de Pearson (r) e o índice de exatidão de Willmott (D), cujos critérios de interpretação encontram-se especificados acordo com a Tabelas 1.

Tabela 1. Índice de concordância, conforme proposto por Carmargo e Sentelhas (1997).

Valor de “c”	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 – 0,85	Muito Bom
0,66 – 0,75	Bom
0,61 – 0,65	Mediano
0,51 – 0,60	Sofrível
0,41 – 0,51	Mau
<0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das análises estatísticas das comparações.

Tabela 2. Análise estatística das metodologias avaliadas no período de verão amazônico (junho a agosto) entre os anos de 2007 e 2016, para Porto Velho, RO.

Método	D	R	c	R ²	Equações
EToHS	0,87	0,77	0,67	0,60	y = 0,7314x+0,9501
EToIV	0,76	0,84	0,64	0,71	y = 0,3274x+2,3427

Analisando-se a Tabela 2, pode-se observar que o método de Ivanov, obteve um coeficiente de determinação (R²) mais elevado que o método de Hargreaves-Samani. No entanto, Barros et al. (2009) mencionam que a adoção do R² como único critério de definição da qualidade de métodos não é adequada, uma vez que esse método não estabelece o tipo e a magnitude das diferenças entre um valor padrão e um valor previsto por modelos de estimativa ou outros mecanismos de medida diferentes do padrão. Deste modo, a análise dos índices de concordância de Willmott (D) e do índice de Camargo e Sentelhas (1997) auxiliam na interpretação dos resultados. Assim, observou-se que para as condições do verão amazônico, o D de EToHS, foi superior ao de EToIV. EToHS foi classificado, pelos critérios da Tabela 1, com desempenho bom,

enquanto EToIV, foi considerado mediano. A seguir, na Figura 1 estão apresentadas as médias da evapotranspiração de referência para o período de estudo.

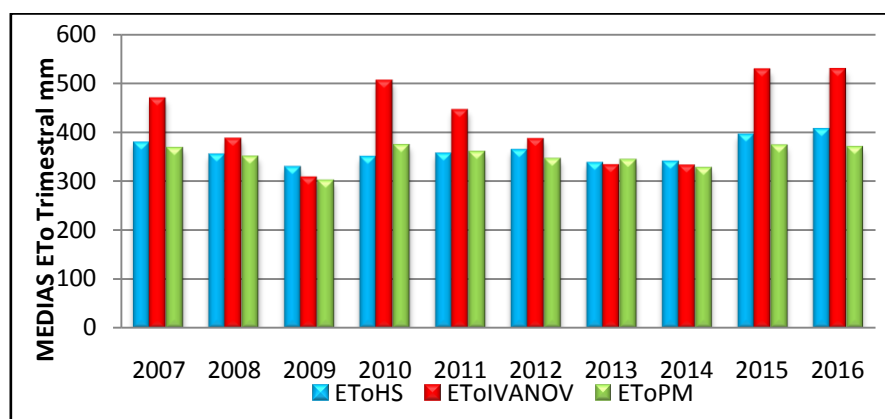


Figura 1. Evapotranspiração de referência média dos meses do verão Amazônico, do período de 2007-2016.

Analisando a Figura 1, percebe-se que a média de EToIV foi superior em 8 dos 10 anos dos dados trimestrais, em relação a EToPM. Pode-se observar que de maneira geral, houve uma tendência de superestimativa dos valores da ETo por parte das metodologias analisadas, para a maioria dos dados. Em relação à Hargreaves-Samani, tal resultado concorda com os obtidos por Mendonça et al. (2003), para a região Norte Fluminense. Os autores encontraram a tendência de superestimativa da ETo, para sua região de estudo, quando Hargreaves-Samani foi comparado ao lisímetro de pesagem e ao método EToPM. Porém, a superestimativa foi mais evidente para a metodologia de Ivanov, principalmente para valores mais elevados da ETo. A média total acumulada dos dados analisados em 10 anos da EToHS para o período de junho-agosto foi de 361,81 mm, enquanto que para EToPM foi de 351,72 mm. A média dos valores de Ivanov foi de 422,03 mm, para o período analisado. Para Nunes et al. (2011), o método de Ivanov poderia ser utilizado como método de controle para aplicação da lâmina de água para irrigação, sendo uma boa opção para a região de Palmas, TO. Porém, para o período de verão amazônico, em Porto Velho, RO, observa-se que o método de Hargreaves-Samani apresenta-se como uma melhor opção, utilizando apenas dados de temperatura.

CONCLUSÕES

A metodologia Hargreaves-Samani foi considerada com desempenho bom, para o período analisado. Já a metodologia de Ivanov foi classificada como mediana para região de Porto Velho, RO, no período de verão Amazônico.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G et al. Crop Evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998, 301p. **Irrigation and Drainage, 56.**

CAMARGO, A. P. SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 1997, v.5, p.89-97.

FRANCA, R. R.; RIBEIRO, A. F. A. O fenômeno da estiagem em Rondônia: estudo de caso sobre agosto de 2010 em Porto velho. **Revista Geonorte**, 2012, Edição especial 2, v.1, n.5, p.1070-1078.

FRANCA, R. R. Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. **Geografias - Artigos Científicos**, Belo Horizonte, Janeiro – Junho, 2015, v.11, nº1, p.44–58.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, 1985, v. 01, n. 02, p. 96-99.

JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, 1973, ASCE, 89: 15-41, 1973.

MENDONÇA, J. C. et al. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração potencial de referencia (ET_o) para região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 2003, v.7, n.2, p.275-279.

NUNES, R.G. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de PALMAS - TO através do método de Ivanov. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2011, Guarapari, **Anais...** Guarapari

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE PIRACICABA-SP

Tamires Teles de Souza¹, Luiz Ricardo Sobenko², Laís Teles de Souza³; Vitor de Jesus Martins Bianchini⁴, Fábio Ricardo Marin⁵

¹ Engenheira Agrônoma, mestranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, e-mail: tamiresteles@usp.br; ² Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, e-mail: luizsobenko@usp.br; ³ Mestranda em Fitotecnia, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, e-mail: laisteles.souza@hotmail.com; ⁴ Graduando em Engenharia Agrônoma, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, e-mail: vitor.bianchini@usp.br; ⁵ Engenheiro Agrônomo, professor do departamento de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, e-mail: fabio.marin@usp.br

RESUMO: Dentre os modelos indiretos de determinação da evapotranspiração de referência (ET_o), recomenda-se o uso do método de Penman-Monteith padrão FAO (PM_{FAO56}); porém, devido a necessidade de uma quantidade maior de elementos meteorológicos, que muitas vezes não estão disponíveis, recorre-se a métodos de estimativas mais simples. Com isso, objetivou-se com este trabalho, avaliar o desempenho de métodos empíricos para a estimativa da ET_o, na escala diária, comparando-os com o método padrão PM_{FAO56} para Piracicaba -SP. A ET_o foi estimada pelos seguintes métodos: Camargo, Hargreavis-Samani, Linacre, Priestley e Taylor, Makkink e Thornthwaite. Os resultados obtidos foram comparados, quanto à precisão e exatidão, em relação aos valores estimados pelo método padrão PM_{FAO56}. Os métodos de Camargo, Hargreavis-Samani e Thornthwaite obtiveram os piores coeficientes de determinação avaliados, bem como os maiores erros. O método de Linacre apresentou desempenho mediano, além de superestimar 87% dos valores de PM_{FAO56}. Os métodos de Priestley-Taylor e Makkink foram os que melhor se ajustaram para estimar a evapotranspiração de referência em Piracicaba-SP.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, Penman-Monteith, Temperatura, Radiação Solar.

COMPARISON OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION (ET_o) ESTIMATION METHODS FOR THE REGION OF PIRACICABA-SP

ABSTRACT: Among the indirect models for the determination of reference evapotranspiration (ET_o), it is recommended to use the FAO standard Penman-Monteith method (PM_{FAO56}); however, due to the need for a greater amount of meteorological elements, which are often not available, simpler estimation methods are used. The objective of this work was to evaluate the performance of empirical methods for estimating ET_o in the daily scale, comparing them with the standard method PM_{FAO56} for Piracicaba -SP. The ET_o was estimated by the following methods: Camargo, Hargreavis-Samani, Linacre, Priestley and Taylor, Makkink and Thornthwaite. The results obtained were compared for precision and accuracy in relation to the values estimated by the standard method PM_{FAO56}. The Camargo, Hargreavis-Samani and Thornthwaite methods obtained the worst determination coefficients evaluated, as well as the largest errors. The Linacre method presented a median performance, in addition to overestimating 87% of the values PM_{FAO56}. The Priestley-Taylor and Makkink methods were the best fit to estimate the reference evapotranspiration in Piracicaba-SP.

KEY-WORDS: Irrigation, Penman-Monteith, Temperature, Solar Radiation.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é considerada um dos principais componentes do ciclo hidrológico, sendo controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997). A determinação da evapotranspiração de referência E_{To} pode ser feita por meio de métodos de estimativa, menos onerosos e, métodos diretos. Dentre os modelos indiretos, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) recomenda o uso do método de Penman-Monteith como método padrão, uma vez que este mostra-se eficiente em diversas condições climáticas (ALLEN et al., 1998).

O método de Penman-Monteith necessita de elementos meteorológicos que nem sempre estão disponíveis em algumas regiões, levando, dessa forma, ao uso de equações mais simples (CAMARGO; CAMARGO, 2000). Diante disso, objetivou-se avaliar o desempenho de métodos empíricos para a estimativa da E_{To} na escala diária, comparando-os com o método padrão de Penman-Monteith, na região de Piracicaba/SP.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados neste estudo foram obtidos no ano de 2016, na estação meteorológica automática do Departamento de Engenharia de Biosistemas, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no município de Piracicaba-SP. De acordo com a classificação de Köppen (1936), o clima da região é classificado como Cwa, apresentando verão chuvoso e inverno seco. O cálculo da E_{To} foi realizado através do método padrão de Penman-Monteith (PM_{FAO56}), e os demais métodos utilizados foram calculados de acordo com Pereira, Villa Nova e Sedyama (1997).

Método de Camargo (E_{ToCAM}), fórmula simples, porém com a mesma eficiência da equação de Thornthwaite na estimativa de E_{To} em períodos de 10 ou 30 dias. O modelo de Hargreaves-Samani (E_{ToHS}), desenvolvido em condições semiáridas, tendo como variável de entrada, apenas temperatura. O método de Linacre (E_{ToLIN}) considera a temperatura do ar como única variável local para estimar a E_{To} . O método de Priestley e Taylor (E_{ToPT}) constitui-se em uma aproximação do método de Penman, em que permanece apenas o termo radiativo corrigido por um coeficiente empírico “ α ”. O método de Makkink (E_{ToMAK}) correlaciona a E_{To} com a radiação solar ao nível da superfície. E por fim, o método de Thornthwaite que utiliza apenas a temperatura do ar como variável independente (E_{ToTW}).

Análises de regressão linear foram feitas para obtenção dos coeficientes da equação de estimativa da E_{To} e do coeficiente de determinação. Para verificar a exatidão e a precisão dos modelos empíricos, utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2), o índice de concordância (d) de Willmott et. al. (1995), o índice de desempenho (c) de Camargo e Sentellhas (1997) e o Índice de Eficiência de Nash-Sutcliffe (EF).

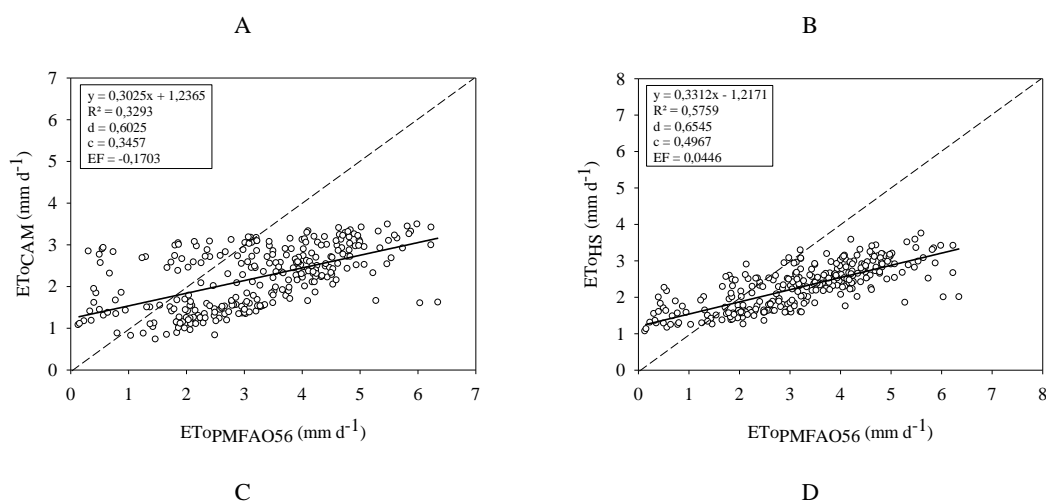
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentados os gráficos e os modelos resultantes da regressão linear efetuada entre a E_{To} obtida por diferentes métodos de estimativa e o método padrão PM_{FAO56} , bem como, a exatidão e a precisão dos modelos. Nota-se que os métodos E_{ToCAM} (Figura 1A) e E_{ToHS} (Figura 1B) apresentaram tendência de subestimar os valores de E_{To} PM_{FAO56} . Além disso, ambos, junto com E_{ToTW} (Figura 1F), obtiveram os piores coeficientes de determinação com os maiores erros.

O método desenvolvido por Camargo (1971) aplica-se a regiões de clima úmido, para regiões de clima seco, não apresenta bom desempenho. Observa-se na Figura 1A que esse método apresentou desempenho classificado como “péssimo” (0,34), $R^2 = 0,32$, $d = 0,60$ e $EF = -0,17$. O método ET_{OHS} apresentou desempenho classificado como “mau” (0,49), $R^2 = 0,57$, $d = 0,65$ e $EF = 0,04$ (Figura 1B). Sentelhas e Camargo (1996) verificaram que, na escala mensal, o método de HS superestima a evapotranspiração potencial para o estado de São Paulo, sendo aplicado em climas áridos e semi-áridos. O método ET_{OLIN} (Figura 1C) também não apresentou bom ajuste comparado ao método padrão, superestimando os valores em aproximadamente 87%, classificado como mediano (0,63), $R^2 = 0,67$, $d = 0,76$ e $EF = 0,28$.

Pela Figura 1D, pode-se observar que o melhor desempenho foi do método ET_{OPT} , com valor do índice “c” = 0,93, classificando-o como “ótimo”, $R^2 = 0,92$, $d = 0,97$ e $EF = 0,884$. Apesar de ser um método baseado em um grande conjunto de dados obtidos em diferentes partes do mundo, outros autores confirmaram o método para diferentes condições de cobertura do solo e temperatura do ar (DAVIES e ALLEN, 1973; THOMPSON, 1975; STWEART; ROUSE, 1977). Na sequência, o método ET_{OMAK} , também apresentou índice de desempenho ótimo ($c = 0,89$), $d = 0,96$ e $EF = 0,04$, com uma leve subestimativa em relação ao método padrão (Figura 1E). Em estudos conduzidos em Araraquara-SP (VESCOVE; TURCO, 2005) e Fortaleza-CE (ALMEIDA et. al., 2010), verificou-se subestimativa do método ET_{OMAK} comparado ao método padrão da FAO.

O método ET_{OTW} apresentou valor do índice “c” = 0,43 (“mau”), $R^2 = 0,57$, $d = 0,65$ e $EF = 0,28$. Resultados semelhantes foram observados por Silva et. al., (2005) em que se verificou tendência dos métodos de Thornthwaite e Camargo fornecerem estimativas de evapotranspiração potencial inferiores àquelas obtidas pelo método de Penman-Monteith.



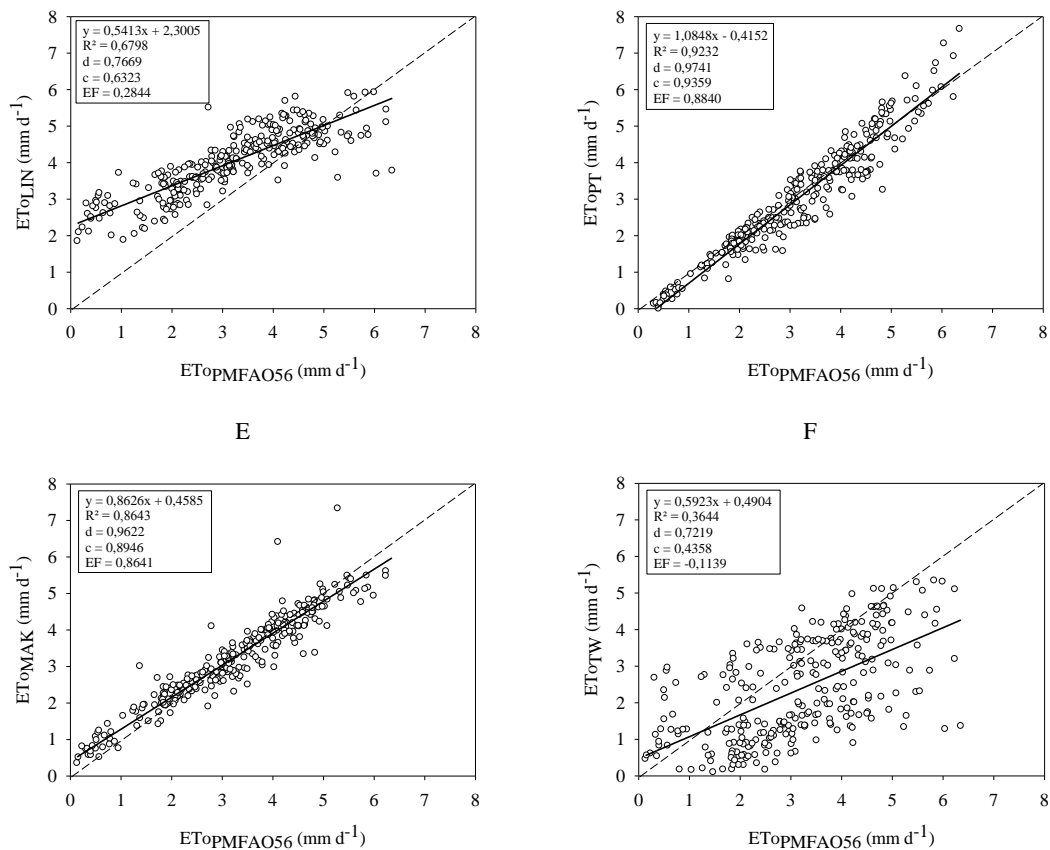


Figura 1. Regressão linear entre os valores diários de evapotranspiração de referência (ETo) estimados pelos métodos de Camargo (A), Hargreaves-Samani (B), Linacre (C), Priestley-Taylor (D), Makkink (E) e Thorthwaite (F), e o método padrão da FAO (PM-FAO56)

CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi realizado, pode-se concluir que os métodos de Priestley-Taylor e Makkink foram os que melhor se ajustaram para estimar a evapotranspiração de referência em Piracicaba-SP.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al **Crop evapotranspirations: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 297p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALMEIDA, B. M. et. al. Comparação de métodos de estimativa da ETo na escala mensal em Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 93-98, 2010.
- CAMARGO, A. P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. 3.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1971. 24p. (Boletim, 116).
- CAMARGO, Â. P.; CAMARGO, M. B. P. Revisão Analítica da Evapotranspiração Potencial, **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

DAVIES, J. A.; ALLEN, C. D. Equilibrium, potential and actual evaporation from cropped surfaces in southern Ontario. **J. Appl. Meteorol.**, 12 (1973), pp. 649–657

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, A. P. Equação para a estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, baseada no método de Hargreaves - 1974. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 77-81, 1996.

SILVA, K. O.; MIRANDA, J. H. De; DUARTE, S. N.; FOLEGATTI, M. V. Análise de métodos de estimativa de evapotranspiração na otimização de sistemas de drenagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 1966, p. 161–165, 2005.

STEWART, R. B.; ROUSE, W.R. Substantiation of the Priestley and Taylor parameter $\alpha=1.26$ for potential evaporation in high latitudes. **Journal of Applied Meteorology**, 16 (1977), pp. 649-650.

THOMPSON, J. R. Energy budgets for three small plots-substantiation of Priestley and Taylor's large-scale evaporation parameter. **Journal of Applied Meteorology**, 14 (1975), pp. 1399-1401.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara - SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 713-721, 2005.

WILLMOTT, C. **Some comments on the evaluation of model performance** *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1982. Disponível em: [http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/15200477\(1982\)063%3C1309:SCOTEO%3E2.0.CO;2](http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/15200477(1982)063%3C1309:SCOTEO%3E2.0.CO;2)>

CONTEÚDO RELATIVO DE ÁGUA FOLIAR DO FEIJÃO-CAUPI EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS, CASTANHAL-PA

Deborah Luciany Pires Costa¹, Lucilene de Cassia dos Santos Fiel,² Daniely Florencia da Silva Souza³, Vivian Dielly da Silva Farias⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁵

¹Eng. Agrônoma, MSc em Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, deborahpires.agro@gmail.com; ²Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, lenefiel@hotmail.com; ³ Mestranda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, daniely.souza@ufra.edu.br; ⁴ Dra. em Agronomia, Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Juruti, Pará, viviandielly19@yahoo.com.br; ⁵ Prof^o. Dr., Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: O feijão-caupi é uma cultura de relevância à economia do Nordeste Paraense, e conhecer a ecofisiologia desta é importante para aperfeiçoar sua produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar o conteúdo relativo de água (CRA) nas folhas do feijão-caupi em diferentes disponibilidades hídricas. Para tanto, foi cultivado 0,5 ha da cv. BR3 Tracuateua em Castanhal-PA. No centro da área experimental foi montada um torres micrometeorológica com sensores de radiação global incidente, temperatura e umidade relativa do ar. Os tratamentos foram T100%, T50%, T25% e T0% (lâminas de água), correspondente ao percentual de evapotranspiração diária da cultura, o experimento foi em blocos ao acaso. Foram retirados discos de 1 cm de raio dos folíolos em plantas tomadas ao acaso, em horários sem radiação solar, e posterior foram realizados as pesagens necessárias para o CRA (%). Foi aplicado o Teste de Tukey, ao nível de 1%. O CRA apresentou variou em função dos tratamentos de disponibilidades hídricas. O menor valor de CRA foi de 68,39%, e o maior valor foi de 90,52%. Nos dias 37 e 43 não houve diferença estatística entre os tratamentos, enquanto que aos 50 e 57 DAS, R8 e R9, respectivamente, o T100% foi mais eficiente na manutenção do turgor foliar, e nestes estádios T0% teve pior desempenho. Assim, na granação e maturação do feijão-caupi, a disponibilidade hídrica foi determinante no CRA.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata*; Turgor foliar; Condições climáticas.

RELATIVE WATER CONTENT LEAF OF COWPEA IN DIFFERENT HYDRAULIC AVAILABILITIES, CASTANHAL-PA

ABSTRACT: Cowpea is a culture of relevance to the economy of the Northeast Paraense, and to know the ecophysiology of this is important to optimize its production. The objective of this work was to evaluate the relative water content (CRA) in the leaves of the cowpea in different water availability. For this, 0,5 ha of cv. BR3 Tracuateua in Castanhal-PA. In the center of the experimental area was mounted a micrometeorological towers with sensors of incident global radiation, temperature and relative humidity of the air. The treatments were T100%, T50%, T25% and T0% (water slides), corresponding to the percentage of daily evapotranspiration of the crop, the experiment was in randomized blocks. Discs of 1 cm radius were removed from the leaflets in randomized plants, at times without solar radiation, and posterior necessary weighing were performed for CRA (%). The Tukey test was applied at the 1% level. The CRA presented varied according to the treatments of water availability. The lowest CRA value was 68,39%, and the highest value was 90,52%. On days 37 and 43 there was no statistical difference between the treatments, whereas at 50 and 57 DAS, R8 and

R9, respectively, T100% was more efficient in maintaining leaf turgor, and at these stages T0% had worse performance. Thus, in the granulation and maturation of cowpea, water availability was determinant in CRA.

KEY-WORDS: *Vigna unguiculata*; Leaf turgidity; Climate conditions.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) apresenta boa adaptabilidade às diversas condições ambientais, características as quais promoveram sua elevada aceitabilidade de cultivo. O Pará é quarto maior produtor no âmbito nacional, com um volume estimado de produção na ordem de 42,94 mil toneladas, sendo que a concentração da produção de feijão-caupi encontra-se no nordeste paraense (LIMA et al., 2016).

Porém, nos últimos anos, a produção de feijão-caupi, no Brasil, sofreu variações, devido alterações nas condições meteorológicas nas principais regiões de cultivo e a conjuntura de mercado (TAKAKI; COSTA, 2014). Assim, é indispensável conhecer a melhor forma de manejar essa cultura em meio às variáveis ambientais. A água é um dos principais recursos limitante na produção dos vegetais. Entre as alternativas para minimizar esses efeitos é utilização de sistemas de irrigação em épocas de sequeiro (CASTRO JÚNIOR et al. 2015).

O Conteúdo Relativo de Água (CRA) é um indicador bastante utilizado para indicar lâmina ideal, em que representa o turgor do vegetal indicando quantidade de água disponível a ser utilizada na transpiração. Tal medição indica se a planta em alguma circunstância adversa está ou não sofrendo déficit hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o CRA foliar do feijão-caupi submetida a diferentes regimes hídricos, nas condições meteorológicas de Castanhal-PA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Escola de Castanhal, pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia, município de Castanhal, nordeste paraense (01° 17' S e 47°55' W). O estudo foi realizado em uma área de 0,5 ha cultivado com feijão-caupi cv. BR3 Tracueteua, entre os meses de setembro e novembro de 2014. No centro da área experimental foi instalada uma torre micrometeorológica de 3,0 m de altura, que abrigou uma estação meteorológica automática com sensores para medição de radiação solar global incidente, temperatura, umidade relativa do ar, e precipitação. Estes foram conectados a um datalogger (CR10X, Campbell Scientific) e a um multiplexador (AM416, Campbell Scientific), que realizavam leituras a cada 10 segundos e gravação das médias e totais a cada 10 minutos. O déficit de pressão de vapor (DPV) foi calculado a partir da metodologia de Tetens (1930).

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, cada bloco continha 4 tratamentos, que foram 100%, 25%, 50% e 0% da lâmina de água de irrigação diária necessária para cultura do feijão-caupi, calculada através da evapotranspiração da cultura. Assim os tratamentos foram identificados como T100%, T50%, T25% e T0%. O sistema de irrigação foi em fitas gotejadoras. A evapotranspiração de cultura (ETc) foi calculado a partir da determinação da evapotranspiração de referência (ETo) diária, obtida através do método de Penman-Monteith (PEREIRA et al., 2010).

O CRA foi medido pela equação 1, tomando-se seu peso da matéria fresca (PMF1) de 5 discos de 1cm de raio dos folíolos centrais, em seguida essa massa foliar foi mergulhada em água destilada em placas de petri, e depois de 10h, pesou-se

novamente (PMF2) depois de enxugar a água superficial. O peso da matéria seca (PMS) foi determinada após 24h de estufa a 80°C (±5). O CRA é expresso em %.

$$CRA = \frac{PMF1 - PMS}{PMF2 - PMS} * 100 \text{ Eq. (1)}$$

Os dias de avaliação do CRA foram realizados em 5 estádios fenológicos da cultura. Os dados foram analisados pelo Teste de Tukey, ao nível de 1% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dias avaliação do CRA fora 30, 37, 43, 50 e 57 Dias Após a Semeadura (DAS), em que o 30 DAS a cultura encontrava-se na fase vegetativa, enquanto que os demais dias a mesma encontra-se na fase reprodutiva. Assim as condições climáticas do presente trabalho correspondem ao período de dias de avaliação do CRA, em que correspondeu dos 30 a 57 Dias Após a Semeadura (DAS) (Tabela1). Nesse período a precipitação total foi de 51,31 mm, e a ETc total foi de 124, 33 mm.

Tabela 1. Condições climáticas, valores médios correspondentes entre 30 e 57 DAS, cultivo de feijão-caupi 2016, Castanhal-PA.

	Rg (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	Tar (C°)	UR (%)	DPV (kPa)
Média	18,76	27,28	72,99	0,98
±	3,54	0,62	4,70	0,20
Mínimo	11,98	25,18	65,38	0,46
Máximo	28,42	28,01	79,33	1,29

Fonte: Os autores

O CRA apresentou valores médios acima de 68%, em que o mínimo foi de 68,39% que ocorreu no 37 DAS no tratamento sem irrigação (T0%), e o máximo foi de 90,52%, ocorrendo no 50 DAS no tratamento ideal para necessidade da cultura (T100%). Aos 30 DAS, o feijão-caupi encontra-se no estádio fenológico V4, nesse dia a cultura ainda não havia recebido diferenciação de lâmina de irrigação, em que os dados de estatística corroboram com essa informação, isto é, nesse dia não houve diferença significava entre as médias. Para esse dia, representativo da fase vegetativa, o valor médio do CRA foi de 74,00 (±2,51) % (Figura 1).

Aos 37 DAS (R5), representa o início da fase reprodutiva com aparecimento dos botões florais), a diferenciação hídrica não foi determinante para variar o CRA, uma vez que não houve diferença estatística. Isso ocorreu também aos 43 DAS (R7, aparecimento das vagens em forma de canivete). Já aos 50 e 57 DAS houve diferença estatística ente os tratamentos (Figura 1).

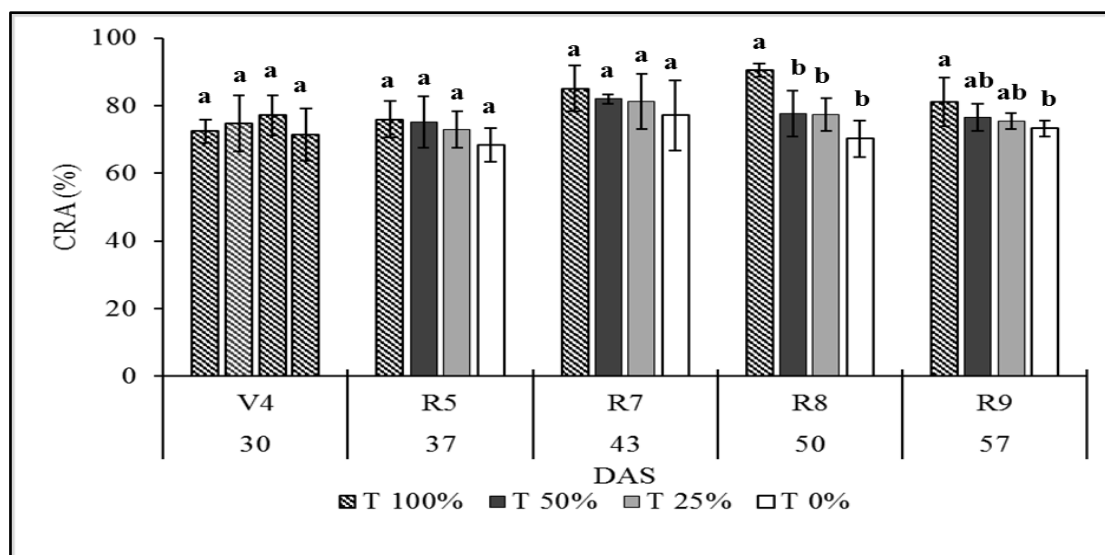


Figura 2. Valores médios do Conteúdo Relativo de Água (CRA) de folhas de feijão-caupi, Castanhal-PA (2014). Letras acima das barras de valores representam a estatística entre os tratamentos, Teste de Tukey (1%). Coeficiente de Variação (CV): 30 DAS-10,31%; 37 DAS-6,29%; 43 DAS-7,83%; 50 DAS-6,63%; 57 DAS-5,44%.

Fonte: Os autores.

Na granação, 50 DAS (R8), o T100% foi o único eficiente para o CRA manter elevado, enquanto que na maturação, 57 DAS (R9), além do T100%, os tratamentos T50% e T25% também foram eficientes para manter o CRA elevado, ou seja, de maneira geral, o tratamento sem irrigação (T0%) não foi eficaz quanto ao parâmetro CRA nos estágios R8 e R9, inferindo que nesta situação essa disponibilidade de água promoveu um estresse a planta (Figura 1).

A diferença de valores de CRA nos estádios encontradas no presentes trabalhos ocorrem devido que a planta demanda água de forma diferenciada em cada momento do seu desenvolvimento, e conseqüentemente a transpiração varia em função dessa condição, o que é possível perceber pela diferenciação do CRA, uma vez que esse turgor representa quantidade de água que pode ser disponibilizada para atmosfera em forma de vapor (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os valores encontrados neste estudo divergem com valores encontrados por Ferraz et al. (2012), em que realizaram um estudo com feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L) no semiárido paraibano. Em contrapartida se assemelhou aos valores encontrados por Maia et al. (2007), que quantificou CRA de milho em estresse hídrico (*Zea mays* L.) realizado em Belém-PA. Mesmo mediante as diferenças fisiológicas entre essas plantas (feijão e milho), o que explica a diferença e semelhança com o presente trabalho são as condições climáticas.

CONCLUSÕES

O CRA variou em função dos tratamentos aplicados na cultura do feijão-caupi. O menor valor foi de 68,39% aos 37 DAS (R5), e o maior valor foi de 90,52% aos 50 DAS (R8). Nos dias 37 e 43 não houve diferença estatística entre os tratamentos, indicando que até mesmo o T0% foi suficiente para manutenção da turgescência das folhas. Enquanto que aos 50 e 57 DAS, R8 e R9, respectivamente, o T100% foi mais eficiente na manutenção do turgor foliar, e nestes estádios T0% teve pior desempenho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, a CAPES e a FADESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo n° 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade do quinto autor (processo n° 311145/2013-2. À UFRA pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação-Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAM).

REFERÊNCIAS

CASTRO JÚNIOR, W.L.; OLIVEIRA, R.A.; SILVEIRA, S.F.R. Viabilidade econômica de tecnologias de manejo da irrigação na produção do feijão-caupi, na região dos Cocais-MA. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.406-418. 2015.

FERRAZ, R. L. DE S; MELO, A.S DE; SUASSUNA, J. F; FERREIRA, R. S; FERNANDES, P.D. Desenvolvimento e produção de ecótipos de feijoeiro cultivados na época das águas sob irrigação suplementar. **Bioscience Journal** (UFU. Impresso), v. 28, p. 920-928. 2012.

LIMA, M.J.A; FARIAS, V.D.S; COSTA, D.L.P; SAMPAIO, L.S; SOUZA, P.J.O.P. Efeito combinado das variáveis meteorológicas sobre a condutância estomática do feijão-caupi. **Horticultura Brasileira**, v.34, p. 547-553. 2016.

MAIA, P.S.P; OLIVEIRA NETO, C. F; CASTRO, D. S; LOBATO, A.K.S; SANTOS, P. C. M; COSTA, R. C. L. Respostas do déficit hídrico sobre o CRA e teor de aminoácidos solúveis totais em folhas de duas variedades de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 918-920. 2007.

PEREIRA, L.S.; VALERO, J.A. de J.; BUENDÍA, M.R.P.; MARTÍN-BENITO, J.M.T. **El riego y sus tecnologías**. Albacete: CREA-UCLM, 296 p.2010.

TAKAKI, A.Y.; COSTA, D.L.P. **Condutância estomática do feijão-caupi submetido a diferentes regimes hídricos em Castanhal, Pará**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia. 37p. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 954p. 2013.

TETENS, O. Ueber eniger meteorologische Begriffe. **Z. Geophys**, n.6, p. 297-309, 1930.

ALTITUDE, TEMPERATURA E A ARAUCÁRIA NO SUL DO BRASIL

Elenice Fritzsos¹, Luiz Eduardo Mantovani², Marcos Silveira Wrege³

¹Dra. em Eng. Florestal, Embrapa Florestas, Colombo, PR, elenice.fritzsos@embrapa.br; ²Prof. do Depto de Geologia, UFPR, Curitiba, PR, lem@ufpr.br; ³Dr. em Agronomia, Embrapa Florestas, Colombo, PR, marcos.wrege@embrapa.br.

RESUMO: Em aspectos gerais, a araucária está adaptada a regiões de altitude, de clima frio e úmido no sul e parte do sudeste do Brasil, entretanto, há condições mais propícias para o seu desenvolvimento. O objetivo deste trabalho foi o de verificar a diferença entre o clima nas regiões onde *A. angustifolia* ocorre e onde não ocorre, utilizando as variáveis climáticas precipitação, temperatura e altitude. Assim, foram separados dois grupos de estações meteorológicas: estações localizadas em áreas onde há a presença natural da araucária e onde não há ocorrência. Foi aplicado o teste *T* (teste de Student) para verificar a diferença entre as médias. A altitude e temperatura média anual são diferentes para as áreas com araucária. As araucárias se localizam em áreas mais altas e frias. Para o estado de Santa Catarina, a precipitação acumulada em um ano e a precipitação acumulada no verão são diferentes entre as áreas com e sem araucária, embora não tenham apresentado diferenças para o Rio Grande do Sul e Paraná.

PALAVRAS-CHAVE: clima, precipitação, teste *T de Student*.

ALTITUDE, TEMPERATURE AND ARAUCÁRIA IN SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT: In general, Araucaria is adapted to high altitude, cold and humid climates in the south and part of southeastern Brazil, however, there are more and less favorable conditions for the development of the species in each state of southern of Brazil. The objective of this work is to verify the difference between the regions with natural presence of araucaria and the others, without the natural presence of Araucaria, using the variables precipitation, temperature and altitude, in southern Brazil. Thus, the meteorological stations of the municipalities were separated into two groups: areas where there is the natural presence of the araucaria and other areas where there is no natural presence of the araucaria. The T test (Student test) was applied to verify the difference between the means. The altitude and average annual temperature are different for the araucaria areas. In this way araucarias are located in higher and cold areas. For the total annual and total precipitation of the summer, there are differences between areas with and without araucaria for the state of Santa Catarina, although they did not show differences for states of Rio Grande do Sul and Paraná.

KEYWORDS: Climate, precipitation, T student test.

INTRODUÇÃO

A araucária pertence à Floresta Ombrófila Mista, que é considerada uma formação típica do sul do país (VELOSO 1992) e também ao Bioma Mata Atlântica. É uma das formações florestais mais sensíveis às variações climáticas, sendo que *A. angustifolia* é muito seletiva em relação à temperatura e umidade (KLEIN 1975; JOLLY 1998; LORENZI 2002;). Desta forma, a compreensão de questões climáticas, nas quais a araucária se estabelece na sua área de ocorrência natural e onde é propício o seu desenvolvimento, pode ajudar na elaboração de estratégias que visem à conservação *in situ* e melhoramento das espécies para fins florestais, bem como seu manejo no presente e no futuro.

O avanço da fronteira agrícola e a urbanização, combinado com o alto valor comercial da madeira da araucária, levou à exploração indiscriminada, colocando-a sob constante ameaça. Atualmente, o risco climático é uma nova ameaça devido ao aquecimento global, pois ela está adaptada às regiões mais frias do Brasil e poderá haver a extinção das mesmas em locais limítrofes e até deslocamento das populações para locais ainda mais altos e frios, áreas de maiores altitudes e latitudes, onde o clima será mais ameno e com umidade maior (CHOU et al., 2014), observadas as outras condições edafoclimáticas limitantes.

A araucária está presente nas altitudes mais elevadas e mais frias da região sul e parte da região sudeste. A relação direta da altitude com a temperatura é especialmente importante para as regiões tropicais e subtropicais, onde uma diferença altitudinal de algumas centenas de metros provoca mudanças sensíveis no clima, no solo, na vegetação natural e, conseqüentemente, na adaptação das espécies animais e vegetais e na aptidão para vários sistemas de uso da terra.

A temperatura do ar normalmente decresce com a elevação da altitude numa proporção de, aproximadamente, 1°C/100m (gradiente adiabático do ar seco). Esta taxa de arrefecimento ocorre, pois uma massa de ar seco em ascensão está sujeita a pressão cada vez menor, expandindo seu volume e diminuindo a temperatura, isto é, transformando energia térmica em energia potencial. Como este gradiente térmico depende da saturação do ar, o decréscimo da temperatura média com a altitude se situa em torno de 1°C a cada 180 metros (DURY, 1972).

O objetivo deste trabalho é o de verificar a influência da pluviosidade, da temperatura e da altitude nas regiões com presença natural de araucária na região sul do país.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de temperatura e precipitação mensais de uma rede de estações composta com dados do INMET e do IAPAR/SIMEPAR, em um total de 41 estações meteorológicas, cujos dados foram organizados e compilados, em parte por Fritzsons et al. (2008) e em parte por WREGGE et al. (2011), para o Paraná, e de 30 estações meteorológicas do estado de Santa Catarina e 39 estações no Rio Grande do Sul (WREGGE et al., 2011, 2015). Para cada estado foram separadas as estações meteorológicas em dois grupos para fins de comparação: onde há ocorrência natural de araucária e outro, onde não há ocorrência. A presença da araucária foi verificada no mapa fitogeográfico (MAACK, 1950, MAACK, 1981, RODERJAN et al., 2002) e imagens do *Google Earth*.

Foram utilizados dados de altitude, de temperatura média anual, de precipitação acumulada em um ano e no verão. Os dados foram separados e organizados em

planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística descritiva, para identificar os valores médios, máximos e mínimos dos grupos. Foi aplicado o teste T (*teste de Student*) para verificar a diferença entre valores médios dos dois grupos (com e sem araucária) para cada estado para a temperatura, altitude e precipitação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Paraná, foram utilizados dados de 18 locais com araucária e 23 sem araucária (excluindo pontos do litoral e da Floresta Ombrófila densa na Serra do Mar). Em Santa Catarina, 17 locais com araucária e 13 sem araucária (incluindo pontos próximos ao litoral) e no Rio Grande do Sul, 24 locais com araucária e 15 sem araucária (incluindo locais próximos ao litoral).

Os valores obtidos para o teste *t* (Tabela 1) confirmam que a probabilidade das médias serem as mesmas foi menor que 0,05 para as altitudes e temperaturas médias, nos três estados estudados, havendo assim, uma diferença significativa ao nível de 95% do intervalo de confiança. Desta forma, a altitude e temperatura média são diferentes para as áreas com araucária. A precipitação total anual e total do verão apresentaram diferenças entre as áreas com e sem araucária para o estado de Santa Catarina, embora não tenham apresentado diferenças para o Rio Grande do Sul e Paraná.

Para as áreas naturais de araucária, as maiores altitudes se encontram em Santa Catarina (895m), seguida do Paraná (824m) e, por último, do Rio Grande do Sul (690m). Quanto à temperatura média anual, os menores valores são encontrados em Santa Catarina, (16,5°C) e no Rio Grande do sul (16,9 °C), seguido pelo Paraná (17,9 °C).

A média da precipitação acumulada em um ano, nas regiões onde ocorre araucária no sul do país está entre 1732 mm a 1767 mm, sendo que os estados do Paraná e do Rio Grande do sul apresentam a precipitação total anual e de verão similares e muito próximas entre si. Já para Santa Catarina, há diferença na precipitação de verão das áreas com e sem araucária. O estado está localizado em zona subtropical e sofre influência de diversas formas de circulação atmosférica, recebendo tanto fluxos de umidade atlântica pelo quadrante leste, quanto correntes úmidas de origem amazônica pelo quadrante noroeste. Invasões de ar mais frio e, normalmente, mais seco, ocorrem com certa frequência pelos quadrantes sul e sudoeste (WREGE et al., 2013).

Segundo Maack (1981), a distribuição contínua da araucária tem seu limite altitudinal inferior de ocorrência de 500 m (para os estados de Paraná e Santa Catarina), abaixo do qual a espécie só ocorre de forma descontínua e nas linhas de escoamento de ar frio. Roderjan et al. (2002) afirmam que na cota de 650-700 m aparecem as araucárias no Paraná e, em São Paulo, acima dos 750 a 800 m.

Assim, observa-se que a araucária está presente nos estados do sul onde as altitudes são maiores, pois são áreas mais frias. No Paraná, Maack (1981) cita a alteração de 0,5 °C para cada 100 metros e, como um dado geral, Ometto (1981) cita a alteração de 0,6 °C para cada 100 m de altitude. Assim, nas regiões de latitudes médias, como é o caso do Paraná, as grandes diferenças de temperatura em pequenas distâncias são principalmente decorrentes dos efeitos da variação da altitude e nebulosidade e não da latitude, podendo haver também grandes diferenças nas condições de temperatura entre os locais a barlavento e os situados a sotavento de uma montanha (OMETTO, 1981).

Tabela 1. Teste *t* e valor *p* para a altitude para os grupos com e sem araucária.

	Variáveis	Teste t	Valor P	Valor médio grupo com araucária	Valor médio grupo sem araucária
Paraná	Altitude (m)	5,089	0,000 *	824,00	512,00
	Temp. média anual (°C)	-10,200	6,99 E-12*	17,89	21,13
	Precip. total (mm)	1,763	0,087	1734	1598
	Precip. verão (mm)	-1,186	0,2435	525	540
Sta. Catarina	Altitude (m)	-17,602	0*	895	176
	Temp. média anual (°C)	7,381	4,81E-09*	16,53	19,69
	Precip. total anual (mm)	-2,524	0,0129*	1767	1659
	Precip. verão (mm)	2,436	0,0164*	507	551
Rio Gde do Sul	Altitude (m)	7,676	2,37E-8*	690	414
	Temp. média anual (°C)	-6,386	3,09 E-7*	16,9	18,34
	Precip. total anual (mm)	-1,012	0,3153	1732	1775
	Precip. verão (mm)	1,902	0,062	450	432

CONCLUSÕES

As regiões com aptidão natural para a araucária no sul do País apresentam-se com maiores altitudes e menores temperaturas, considerando os três estados estudados. Entretanto, para os estados do Paraná e Rio Grande do sul, não há diferenças em relação à precipitação para as áreas com e sem ocorrência natural da araucária, o que não ocorre em Santa Catarina.

Estudos mais aprofundados deveriam envolver a umidade relativa e disponibilidade hídrica e também um maior número de estações meteorológicas para compreender melhor a associação da araucária com a umidade.

O conhecimento obtido nesse trabalho é bastante útil para definir áreas de conservação *in situ* da floresta com araucária, pelo estabelecimento de Unidades de Conservação. Programas de conservação genética poderiam ser orientados para verificar diferenças entre os genótipos presentes em áreas climáticas distintas.

REFERÊNCIAS

CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DEREZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; SUEIRO, D.; SIQUEIRA, G.; NOBRE, P.; MARENGO, J. Evaluation

of the Eta Simulation Nested in Three Global Climate Change Models. **American Journal of Climate Change**, v.3, p. 438-454, 2014. <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2014.35039>.

DURY, G. H. High temperature extremes in Austrália. **Anais**. Annals of the Association of American Geographers. 62 (3), 388–400. 1972.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**. v. 10, p. 40-48, 2008.

JOLY, A.B. 1998. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal**. Companhia Editora Nacional. São Paulo, 12 ed.

KLEIN, R. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, v. 12, p.17-48, 1960.

LORENZI, H. 2002. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2 ed., v.1, v.2.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Ed., 1981. 442 p.

OMETTO. J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1981. 129-132 p.

RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; & HATSCHBACK, G. 2002. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência e Ambiente** 24: 75-92.

VELOSO HP, RANGEL-FILHO ALR & LIMA JCA. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 123p.

WREGE, M. S.; FRITZSONS, E.; SOARES, M.T.S.; SOUSA, V.A. **Variáveis climáticas relacionadas aos serviços ambientais: estudo de caso da araucária**. In: Parron, L. M.; Garcia, J. R.; Oliveira, E. B. de; Brown, G. G.; Prado, R. B.. (Org.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. 1ed. Brasília: Embrapa, 2015, v. 1, p. 242-247.

WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; ALMEIDA, I.R. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.

PREVISÃO DE SAFRA PARA A CULTURA DO GLADIÓLO EM SANTA MARIA – RS

Lilian Osmari Uhlmann¹, Nereu Augusto Streck², Camila Coelho Becker³, Darlan Scapini Balest⁴, Mara dos Santos Braga⁵

¹Estudante de doutorado, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil, E-mail: uhlmannlilian@gmail.com; ² Professor do Departamento de Fitotecnia da UFSM, E-mail: nstreck2@yahoo.com.br; ³ Estudante de Doutorado, Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, E-mail: camilabecker07@hotmail.com; ^{5,6} Estudantes de Graduação em Agronomia da UFSM, Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, E-mail: darlanbalest@gmail.com; marabraga59@gmail.com.

RESUMO: As hastes florais do gladiólo possuem picos de consumo no mercado, como no dia de Finados e dia das Mães. É importante para o produtor conhecer o ciclo de desenvolvimento das cultivares para ter hastes prontas para comercialização próximo destes picos de consumo. Objetivou-se com este trabalho realizar a previsão de data de colheita das hastes florais de diferentes cultivares de gladiólo no município de Santa Maria – RS, utilizando como ferramenta o modelo PhenoGlad. Realizou-se o acompanhamento de uma lavoura comercial durante o período de julho a novembro de 2016. Nas visitas à lavoura, foram coletados dados fenológicos da cultura para validação da previsão. A previsão foi realizada através de rodadas do modelo PhenoGlad a partir da data de emergência observada a campo. Os dados de entrada utilizados foram temperatura mínima e máxima diária do ar, e a estimativa da data de colheita era realizada com base em dados de uma série histórica de 55 anos. Com base nas rodadas do modelo PhenoGlad, foi possível realizar a previsão da data de aparecimento da terceira folha e data de ocorrência do ponto de colheita das hastes florais. Estes estágios são cruciais para a cultura do gladiólo, pois consistem no momento de realização da adubação nitrogenada na lavoura e colheita das hastes florais. Essa informação foi repassada ao produtor através de boletins contendo a previsão de safra e orientações de manejo. Essas informações foram úteis para o produtor no planejamento dos tratos culturais da cultura e da época de colheita das hastes.

PALAVRAS-CHAVE: *Gladiolus x grandiflorus* Hort., planejamento da produção, floricultura, PhenoGlad.

YIELD FORECAST FOR GLADIOLUS IN SANTA MARIA - RS

ABSTRACT: The gladiolus spikes have demand peaks in the market, such as All Souls' Day and Mother's Day. It is important the farmer knowing the gladiolus developmental cycle to have gladiola spikes at the right time before specific holidays. The objective of this work was to predict the harvest time of the spikes of different gladiolus cultivars in Santa Maria, using the PhenoGlad model. The accompaniment of the commercial farm was carried out during the period between July until November of 2016. During the visits to the commercial farm, the phenological data were collected for the validation of the forecast. The yield forecast was performed through the PhenoGlad model from the emergence date observed in the field. The input data used were minimum and maximum daily air temperature, and the yield forecast was based on a historical daily weather data of 55 years. Based on the resulting date of the forecast

using the PhenoGlad model, it was possible to predict the occurrence date of the appearance of the third leaf and the day of the harvest point of the gladiolus spikes. These stages are important for the gladiolus farmers, because they consist on the recommended timing of nitrogen side dressing in the crop and the moment of harvesting the spikes. This information was transmitted to the farmer through reports containing the yield forecast and management guideless. This information was useful to help the farmer in planning management practices and harvesting time of the gladiolus spikes.

KEY-WORDS: *Gladiolus x grandiflorus* Hort., scheduling flowering, floriculture, PhenoGlad.

INTRODUÇÃO

O consumo de flores brasileiro vem crescendo cerca de 8% anualmente e os picos de comercialização são centrados em ocasiões especiais. Como as flores são consideradas produtos não essenciais pelo consumidor brasileiro, seus picos de comercialização se dão em torno das principais datas comemorativas e ocasiões especiais durante o ano. Em virtude disso, é importante o produtor se planejar para ter seu produto pronto para comercialização na véspera dos picos de consumo do mercado de flores. Dentre as principais flores de corte comercializadas no Brasil está o gladiolo ou Palma-de-Santa-Rita (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.). O pico de consumo desta flor de corte no mercado brasileiro se dá próximo ao dia de Finados.

Os modelos matemáticos devidamente calibrados para as condições e genótipos locais são ferramentas úteis para auxiliar na tomada de decisões referentes ao manejo da cultura (STRECK et al., 2003a,b), as quais são importantes para a qualidade final do produto. Um modelo de desenvolvimento denominado PhenoGlad foi proposto para simular o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura do gladiolo (UHLMANN et al., 2017). O modelo simula a fenologia do gladiolo para diferentes cultivares, datas de plantio, anos e locais, para condições irrigadas e não irrigadas, incluindo lavouras comerciais.

Objetivou-se com este trabalho realizar a previsão de data de colheita das hastes florais de diferentes cultivares de gladiolo no município de Santa Maria – RS, utilizando como ferramenta o modelo PhenoGlad e emitir boletins com os resultados desta previsão.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados necessários para realizar a previsão de safra foram coletados em uma lavoura comercial localizada no distrito de São Marcos, município de Santa Maria, RS, Brasil. Foram realizadas visitas à lavoura comercial, a partir da data de plantio, a cada dois dias, para acompanhamento da data média de emergência das plantas. A partir da emergência das cultivares, foram iniciadas as previsões de safra para a lavoura, através de rodadas com o modelo PhenoGlad a partir da data de emergência coletada a campo. As rodadas foram realizadas semanalmente utilizando como variáveis de entrada dados meteorológicos de temperatura mínima e máxima atualizados até o dia anterior à previsão e a estimativa da data de colheita foi realizada com base em dados de uma série histórica de 55 anos (1961-2015) para Santa Maria. O preenchimento das falhas dos dados meteorológicos foi realizado através de um banco de dados disponível na literatura (XAVIER; KING; SCANLON, 2016).

A cada semana foi realizada a previsão de safra e os resultados da mesma foram divulgados na página Facebook oficial do modelo PhenoGlad (www.facebook.com/PhenoGlad). Juntamente com os resultados da previsão, na forma de boletim, foram emitidas orientações de manejo ao produtor de gladiolo para a semana corrente. Os boletins foram postados semanalmente. Com a finalidade de avaliar o desempenho do modelo e acompanhar a situação da lavoura comercial, foi realizada a número de folhas (NF) acumuladas em 20 plantas de cada cultivar. A partir do momento que as plantas encontravam-se na fase reprodutiva, caracterizada pelo aparecimento da espiga floral (estágio R1) foi realizado o acompanhamento dos principais estágios reprodutivos das plantas, como o estágio R1, e o mais importante deles, que é o momento em que os três primeiros floretes da espiga floral mostram a cor (estágio R2), considerado ponto de colheita comercial das hastes florais. Nestas visitas, também foram feitas avaliações na lavoura para balizar as orientações de manejo que foram dadas nos boletins de previsão de safra.

O desempenho da previsão em estimar a data do R2, que é o estágio mais importante da cultura e de maior interesse para o produtor, foi avaliada através da diferença do número de dias estimado pela previsão para a colheita e o observado a campo. A estatística foi aplicada considerando a média de todas as previsões realizadas (Erro médio) e o erro da última rodada da previsão e comparadas com a data média do R2 coletado a campo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo acompanhamento da lavoura comercial e da previsão de safra, foi possível prever a data de ocorrência de estágios fenológicos importantes da cultura do gladiolo, como o estágio V3 (dados não mostrados), e o estágio R2 (Fig. 1), momento indicado para a colheita das hastes florais. O erro médio da previsão da data de colheita variou de 1 dia para a cultivar Peter Pears e White Friendship (Fig. 1A e 1C) a 7 dias para a cultivar Green Star (Fig. 1E). Já o erro da última previsão foi de 1 dia para a cultivar Amsterdam (Figura 1D) a 8 dias para a cultivar Green Star (Fig. 1E). Com o passar do tempo e a aproximação da colheita, a precisão da previsão aumentou através da diminuição do período previsto para a colheita (variação entre a data mais cedo prevista para a colheita e a data mais tardia) (Fig. 1).

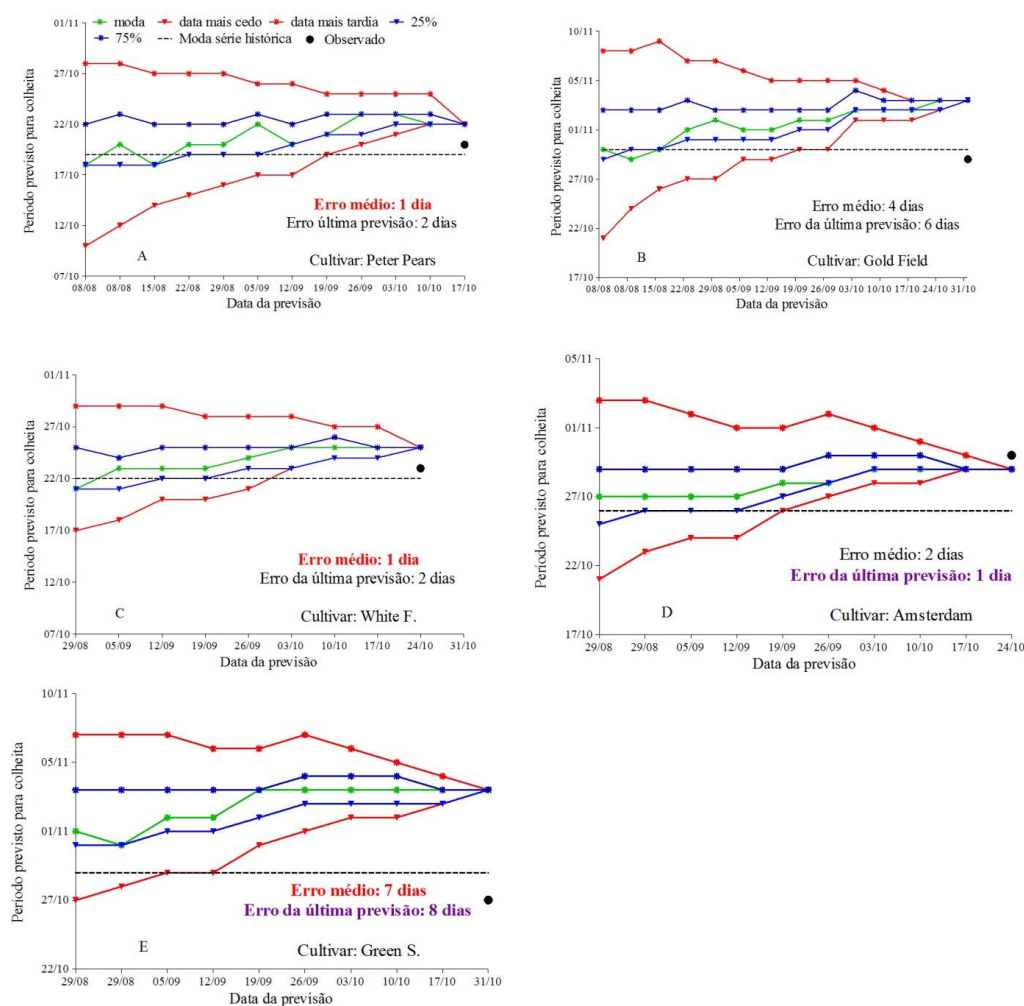


Figura 1. Resumo da previsão de safra para uma lavoura comercial de gladiólo para as cultivares (A) Peter Pears, (B) Gold Field, (C) White Friendship, (D) Amsterdam e (E) Green Star. Santa Maria, RS, Brasil.

A previsão apontou que, para a maioria das cultivares (exceto para a cultivar Amsterdam), as hastes florais ficariam prontas depois da data observada a campo, ou seja, o modelo foi mais lento. Este cenário é positivo, pois se o modelo errasse para antes, ou seja, se apontasse que as hastes estariam prontas num período e, naquela data elas não estivessem em ponto de colheita, o produtor perderia sua produção e não teria produto para ofertar ao mercado nos picos de comercialização.

Com base nas rodadas da previsão, pode-se indicar para o produtor, através dos boletins de previsão de safra, quais as cultivares que tinham a maior probabilidade de estarem em ponto de colheita muito tempo antes (7 a 15 dias antes) do dia de Finados. Assim, o produtor foi orientado a reservar local na câmara fria para armazenar as hastes florais até a véspera do pico de consumo desejado para comercialização das hastes florais. Nos boletins de previsão de safra também foram emitidas outras orientações de manejo ao produtor, como indicação de capinas, tutoramento das hastes florais, controle de doenças e pragas, objetivando que ele colhesse um produto de qualidade, livre de defeitos, pois as flores são muito sensíveis a danos por insetos, doenças e queimaduras pelo sol.

A mesma metodologia foi adotada para estimar a produtividade potencial de milho nos EUA durante quatro anos (2011 a 2014) e comparada com as estatísticas oficiais de produtividade da cultura em cada ano (MORELL et al., 2016). Para a cultura do arroz, também foi realizada a previsão de safra durante o último ano agrícola (2016-2017), a qual foi divulgada através de boletins de previsão de safra disponibilizados no site cropmodels.ufsm.br.

CONCLUSÕES

Por meio das informações geradas pela previsão de safra e das orientações emitidas nos boletins de previsão, o produtor pode se organizar antecipadamente, com equipamentos e mão-de-obra, para realizar práticas de manejo na lavoura. O erro apresentado pela previsão foi pequeno (1 a 8 dias), e para depois da data de colheita observada a campo. Esse erro foi contornado pelo produtor, pois ele retardou a comercialização das hastes de algumas cultivares que ficaram prontas antes, utilizando-se do armazenamento das mesmas em câmara fria.

REFERÊNCIAS

MORELL, F. J. et al. Can crop simulation models be used to predict local to regional maize yields and total production in the U.S. Corn Belt? **Field Crop Research**, v.192, p. 1-12, 2016.

STRECK, N. A. et al. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 115, n. 3/4, p. 139-150, 2003a.

STRECK, N. A. et al. Incorporating a chronology response function into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, v. 92, n. 2, p. 181-190, 2003b.

UHLMANN, L. O. et al. PhenoGlad: A model for simulating development in Gladiolus. **European Journal of Agronomy**, v.82, p. 33-49, 2017.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016.

PHENOGLAD: A MODEL FOR SIMULATING DEVELOPMENT IN GLADIOLUS

Lilian Osmari Uhlmann¹, Nereu Augusto Streck², Camila Coelho Becker³, Natalia Teixeira Schwab⁴, Rômulo Pulcinelli Benedetti⁵

¹Estudante de doutorado, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil, E-mail: uhlmannlilian@gmail.com; ^{2,4} Professores do Departamento de Fitotecnia da UFSM, E-mail: nstreck2@yahoo.com.br, natalia_schwab@hotmail.com; ³ Estudante de Doutorado, Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, E-mail: camilabecker07@hotmail.com; ⁵ Bacharel em Ciência da Computação, Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, E-mail: rbenedetti@inf.ufsm.br.

ABSTRACT: Crop simulation models are important tools to help farmers in planning management practices and flowering time of cut flowers, like Gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.). The objective of this study was to develop a robust Gladiolus phenology model, named PhenoGlad, for field applications. The model describes the timing of developmental stages. The Gladiolus developmental model simulates on a daily basis the cumulative leaf number and the phenology using a non-linear temperature response function and genotype-specific coefficients considering three main phases: corms sprouting phase, vegetative phase, and reproductive phase. Data from nine field experiments conducted during five years (2011 – 2015) in three locations across the Rio Grande do Sul State, Brazil, were used. These cultivar x planting dates x years x locations experiments provided a rich data set for parameterizing and evaluating the Gladiolus model. The PhenoGlad model accurately simulated the dynamics of leaf development, final leaf number and the timing of developmental stages among cultivars, planting dates, years and locations, with an overall Root Mean Square Error (RMSE) of 0.5 leaves for leaf development and final leaf number, 6.5 days for the date of reproductive developmental stages.

KEY-WORDS: *Gladiolus x grandiflorus* Hort., phenology, developmental stages, crop models, spike quality, floriculture.

PHENOGLAD: UM MODELO DE SIMULAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO EM GLADIÓLO

RESUMO: Modelos matemáticos de simulação das culturas agrícolas são importantes ferramentas para auxiliar os produtores a planejar práticas de manejo a campo e prever a data de florescimento de flores de corte, como o gladiólo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.). O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo robusto de fenologia chamado PhenoGlad com aplicações de campo, através da descrição da data de ocorrência dos estágios de desenvolvimento da cultura do gladiólo. O modelo de desenvolvimento de gladiólo simula a fenologia da cultura utilizando uma função de resposta não-linear à temperatura, através do acúmulo de valores diários da taxa de desenvolvimento a partir do plantio ou da emergência, usando três principais fases de desenvolvimento da cultura: fase de brotação dos cormos, fase vegetativa e fase reprodutiva. Dados de nove experimentos de campo conduzidos durante cinco anos (2011 – 2015) em três locais do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, foram utilizados. Estes experimentos com diferentes cultivares x datas de plantio x anos x locais

proporcionam um rico banco de dados para calibração e validação do modelo para a cultura do gladiolo. O modelo PhenoGlad mostrou uma boa estabilidade entre cultivares, datas de plantio, anos e locais, demonstrado pelos baixos valores de Raíz do Quadrado Médio do Erro (RMSE), de 0,5 dias para aparecimento de folhas e número final de folhas, 6,5 a 5,0 dias quando o modelo é rodado a partir do plantio e da emergência, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: *Gladiolus x grandiflorus* Hort.. fenologia, estágios de desenvolvimento, modelos agrícolas, qualidade de hastes, floricultura.

INTRODUCTION

Gladiolus (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) is native of areas in the Mediterranean, and southern and central Africa, propagated by corms, and commercially grown as a cut flower, with a wide range of colours (SCHWAB et al., 2015). Crop simulation models are simple representations of complex processes that drive growth and development during the growing season (LENTZ, 1998). In process-based models, processes of the system (plant) are described using mathematical functions, which contain genetic and environmental parameters that affect biological processes (PRUSINKIEWICZ, 2004). Furthermore, crop models provide quantitative information from which management decisions, such as irrigation, fertilization and pest control, can be taken at the field scale (GARY; JONES; TCHAMITCHIAN, 1998).

Most of crop modeling efforts have been devoted to grain crops, and only a few for ornamental crops (GARY; JONES; TCHAMITCHIAN, 1998). However, ornamental crop models have a large range of applications, including to assist growers in planning the timing of management practices and to predict flowering time, as growers usually sale their products in markets close to the consumers or for specific holidays and events. In addition, ornamental crops models should provide information about quality, a major price component of ornamental products (LENTZ, 1998).

The objective of this study was to develop a robust *Gladiolus* phenology model for field applications. In order to have practical application, the model has to predict the timing of developmental stages, including harvest point.

MATERIAL AND METHODS

Field experiments were conducted in three locations (Santa Maria, Itaqui and Frederico Westphalen) across the Rio Grande do Sul State, Brazil, during five years (2011 – 2015). Experiments in Santa Maria were irrigated (drip irrigation) whereas experiments in Itaqui and Frederico Westphalen were rainfed.

A total of ten cultivars of *Gladiolus* were used in the experiment. The ten *Gladiolus* cultivars were selected because they are widely grown by commercial farmers and representative of the wide range of colours and developmental cycles of *Gladiolus* cultivars used in Brazil. These cultivar x planting dates x years x locations experiments provide a rich data set for parameterizing and evaluating the *Gladiolus* model. During all field experiments, the date of occurrence of the vegetative (V-stages) and reproductive (R-stages) developmental stages were observed on the tagged plants (6 plants per plot) according to phenological scale of *Gladiolus* (SCHWAB et al., 2015).

The *Gladiolus* development model, named PhenoGlad, simulates *Gladiolus* phenology on a daily basis. The developmental cycle of *Gladiolus* is divided into three

main phases based on the developmental scale by Schwab et al. (2015): corms sprouting phase, from planting (PL) until emergence (VE), vegetative phase, from VE until heading (R1.0), and reproductive phase, from R1.0 until the end of florets senescence (R5). During the vegetative phase, leaf appearance starts at VE and stops when the crop reaches R1.

The PhenoGlad model (leaf appearance and phenology) was parameterized for the ten *Gladiolus* cultivars with part of the field experiments conducted in Santa Maria. The dataset for model parameterization was selected to have a wide range of durations of developmental phases. The evaluation of the model in simulating CLN and the developmental stages was with data collected in the field experiments that were not used for model parameterization, which were independent data. For each planting date, cultivar and location, the model was run twice: one run started at planting date and the other run started at emergence date.

Model performance was evaluated with the statistics Root Mean Square Error (RMSE), BIAS index (BIAS) (WALLACH, 2006), index of agreement (dw) (WILLMOTT, 1981), correlation coefficient (r) and systematic (MSEs) and unsystematic (MSEns) errors (WILLMOTT, 1981). Low RMSE, close to zero BIAS, close to one dw and r, and low systematic and high unsystematic error are characteristics of a good model.

The model was coded in FORTRAN 77 and a friendly interface was built in Java (version 1.8.0_66). Version 1.1 of PhenoGlad is available in www.ufsm.br/phenoglad.

RESULTS AND DISCUSSION

Simulated versus observed cumulative leaf number (CLN) for the independent data simulated with the PhenoGlad model are presented in Fig. 1A. Pooling all data (cultivar x planting dates x years x locations), the RMSE was 0.5 leaves for the CLN (Fig. 1A). Decomposing the RMSE into systematic (MSEs) and non-systematic (MSEns) percentage components (WILLMOTT, 1981), the MSEs was 1% and the MSEns was 99.0%. The RMSE for leaf number in wheat and rice with the Wang and Engel model varied from 0.3 to 0.7 leaves (STRECK et al. 2003, 2008), indicating that the PhenoGlad model had good performance in simulating leaf development. The BIAS index was close to zero and the dw and r were high, with values of 0.98 and 0.96, respectively. For final leaf number (Fig. 1B), the RMSE was 0.5 leaves, systematic and non-systematic errors were 22.3% and 77.7%, respectively, and the dw and r indexes were 0.87 and 0.78.

Pooling all data (cultivars x planting dates x years x locations), when the model started at emergence (Fig. 1C), RMSE for R-stages varied from 4.8 to 5.2 days whereas when the model started from planting (Fig. 1D), the RMSE was higher (6.4 to 7.3 days). Overall, other statistics (BIAS, dw, r, MSEs and MSEns) were slightly better when the model started from emergence (Fig. 1C) compared to when the model started from planting (Fig. 1D). A slightly greater error in simulating the R-stages when PhenoGlad was run from planting was because the model had an average error of 4.3 days to predict emergence (VE). The accuracy of the PhenoGlad model in simulating the developmental stages was lower when the model was run from planting compared to when the model was run from emergence date. Other factors like soil type, soil temperature (instead of air temperature), planting depth, and internal factors of the corm that affect the degree of sprouting at planting may contribute to sprouting rate.

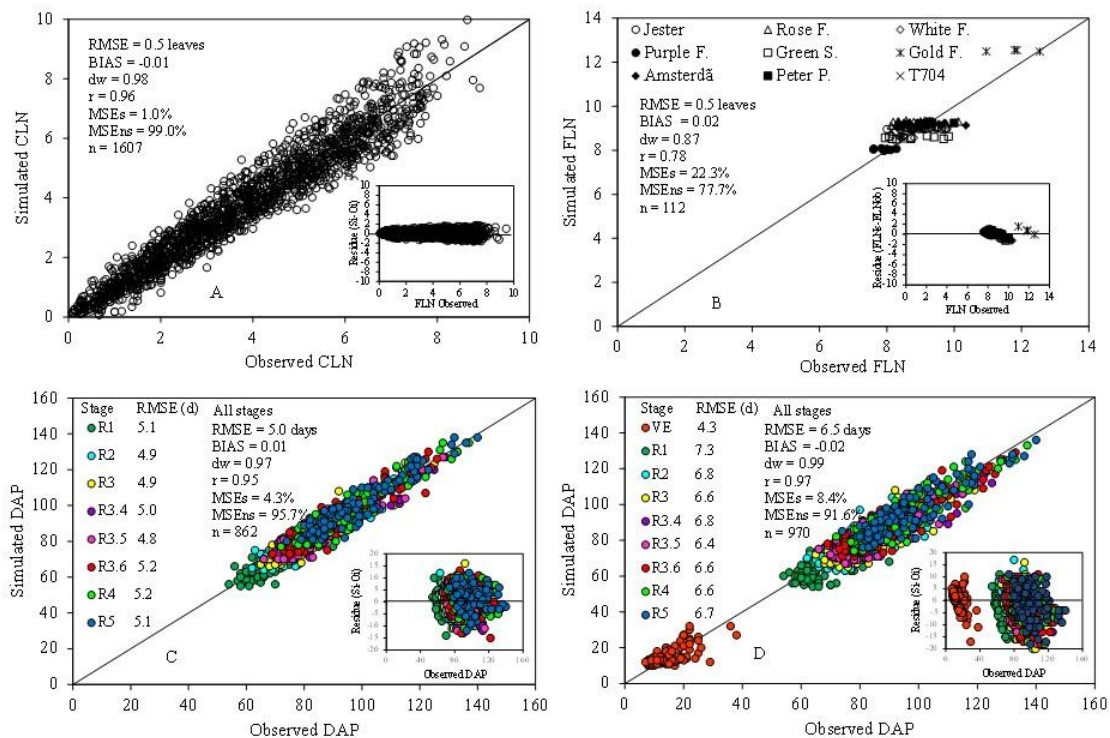


Figure 1. The simulated versus observed cumulative leaf number (CLN) (A), final leaf number (FLN) (B), and days after planting (DAP) with the PhenoGlad model starting at emergence (C) and days after planting (DAP) with the PhenoGlad model starting at planting (D) of the developmental stages emergence (VE), heading (R1), blooming (R2), onset of anthesis (R3), half of anthesis (R3.4), beginning floret senescence (R3.5), half of florets senesced (R3.6), anthesis completed (R4) and end of floret senescence (R5) in Gladiolus. Data of 10 cultivars, three locations in Rio Grande do Sul State (Santa Maria, Itaquí and Frederico Westphalen) and several planting dates are pooled. The solid line is the 1:1 line. Insets are the residuals. n= number of observations.

The different cultivars, planting dates, and locations led plants to grow under distinct temperatures and soils. This is important in order to test the robustness of PhenoGlad in simulating the timing of developmental stages under conditions different from the parameterization environments. PhenoGlad uses a non-linear response function (WANG and ENGEL, 1998) to describe the temperature effects on the rate of development. This approach has been successfully used to simulate the phenology and LAR in other cultures, and has now been successfully applied to Gladiolus with the PhenoGlad model.

CONCLUSIONS

We proposed a model for simulating the vegetative and reproductive development of Gladiolus, named PhenoGlad. The model was able to simulate the Gladiolus phenology across a wide range of cultivars, planting dates, years and locations, irrigated and rainfed experiments. The PhenoGlad model can be used for practical applications, as data inputs requirement are only minimum and maximum temperature, cultivar and planting date or emergence date.

REFERENCES

- GARY, C., JONES, J.W., TCHAMITCHIAN, M. Crop modeling in horticulture: state of the art. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 74, n. 1-2, p. 3-20, abr. 1998
- LENTZ, W., 1998. Model applications in horticulture: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.74, p. 151-174, 1998.
- PRUSINKIEWICK, P. Modeling plant growth and development. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 7, n. 1, p. 79-83, 2004.
- SCHWAB, N.T. et al. A phenological scale for the development of Gladiolus. **Annals of Applied Biology**, United Kingdom, v. 166, n. 3, p. 496-507, 2015.
- STRECK, N. A. et al. Incorporating a chronology response function into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, United Kingdom, v. 92, n. 2, p. 181-190, jun. 2003.
- STRECK, N. A.; BOSCO, L. C.; LAGO, I. Simulating leaf appearance in rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 3, p. 490-501, 2008.
- WALLACH, D. Evaluating crop models. In: Wallach D, Makowski D, Jones JW, eds. **Working with dynamic crop models: Evaluation, analysis, parameterization, and applications**. Amsterdam: Elsevier, 11-50, 2006.
- WANG, E.; ENGEL, T. Simulation of phenological development of wheat crops. **Agricultural Systems**, London, v. 58, n. 1, p. 1-24, set. 1998.
- WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.

GRADIENTE DE TEMPERATURA EM NOITES COM GEADA DE RADIAÇÃO EM PALMAS, PR

Nilson Aparecido Vieira Junior¹, Paulo Henrique Caramori², Pablo Ricardo Nitsche³,
Marcelo Augusto de Aguiar e Silva⁴, Angela Beatriz Ferreira da Costa⁵

¹Engenheiro Agrônomo, Discente do Curso de Mestrado em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, nilsonvieirajunior@live.com; ² Engenheiro Agrônomo Pesquisador, Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, Paraná, pcaramori@gmail.com; ³ Engenheiro Agrícola Pesquisador, Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, Paraná, pablonitsche@gmail.com; ⁴ Engenheiro Agrônomo Professor, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, aguiaresilva@uel.br; ⁵ Meteorologista, Sistema Meteorológico do Paraná, Londrina, Paraná, angela@simepar.br;

RESUMO: Em noites com geada de radiação ocorre inversão térmica próximo à superfície. O conhecimento do gradiente entre relva e abrigo possibilita realizar estudos de risco de geadas com base em séries de temperatura mínima de abrigo, disponíveis em estações meteorológicas. O objetivo deste trabalho foi determinar as diferenças de temperatura entre o abrigo meteorológico e a relva em Palmas, Paraná, Brasil, bem como, ajustar as funções de distribuição de probabilidade da ocorrência dessas diferenças e classificar a intensidade dos eventos. Foram analisados os dados da temperatura mínima medida no abrigo e na relva para o período de 1986 a 2015. Foram selecionados somente os eventos com temperatura mínima de relva menor que 0 °C, constituindo 761 pares de dados, que foram testados quanto ao ajuste às funções de distribuição de probabilidade Normal, Gama e Log Normal. O teste de X² foi utilizado para verificar o ajuste das distribuições. Posteriormente, os eventos de geada foram classificados em termos de intensidade com base em anotações do observador meteorológico. A função de distribuição de probabilidade Normal mostrou melhor ajuste para o local estudado. Em torno de 57% das geadas foram classificadas como de fraca intensidade. A diferença média entre a temperatura do abrigo e relva foi de 5,9 °C e a maioria dos eventos que registrados como forte intensidade pelo observador meteorológico ocorreu com diferenças de temperatura próximas à média.

PALAVRAS-CHAVE: inversão térmica, temperatura mínima de abrigo, temperatura mínima de relva, probabilidade de geada.

TEMPERATURE GRADIENT IN NIGHTS WITH RADIATIVE FROST IN PALMAS, PR, BRAZIL

ABSTRACT: On nights with radiation frost occurs a thermal inversion near the ground. Knowledge of the gradient between grass and shelter makes it possible to study frost risk based on minimum shelter temperature series available in meteorological stations. The objective of this work was to determine the temperature differences between the meteorological shelter and grass in Palmas, Paraná, Brazil, as well as to adjust the probability distribution functions of the occurrence of these differences and to classify the intensity of the events. The assessments considered minimum temperature data measured in the shelter and grass for the period from 1986 to 2015. Only events with a minimum grass temperature below 0 °C were selected, constituting 761 pairs of data, which were tested for Normal, Gamma, and Normal Log distribution functions. The X² test was used to verify the fit of the distributions. Subsequently, the frost events were classified in terms of intensity based on meteorological observations. The Normal probability distribution function showed a better fit for the study site. Around 57% of the frosts were classified as of low intensity. The mean difference between the shelter

and grass temperature was 5.9 ° C. Most of the events that registered as strong intensity by the meteorological observer occurred with temperature differences close to the mean. **KEY-WORDS:** thermal inversion, minimum screen temperature, grass temperature, frost probability.

INTRODUÇÃO

As geadas de radiação são frequentes no Estado do Paraná. Ocorrem após a passagem de frentes frias, em noites com a ausência de ventos e nuvens. Em noites com geadas ocorre a formação de uma inversão térmica, devido ao resfriamento da superfície e baixa condutividade térmica do ar (CARAMORI; MANETTI FILHO, 1993). Quando a temperatura cai abaixo de 0°C ocorre a sublimação do vapor d'água presente nas camadas de ar mais próximas das superfícies e resulta na formação de geada (VAREJÃO-SILVA, 2006).

As diferenças entre as temperaturas mínimas medidas no abrigo meteorológico e na relva em noites de geada foram analisadas por diversos autores, como por exemplo Bootsma, 1980; Grodzki et al., 1996; Sentelhas et al., 1995; Silva e Sentelhas, 2001. Esses estudos visaram determinar o gradiente médio que possibilite extrapolar as temperaturas mínimas de abrigo para a superfície de relva, viabilizando estudos de risco de geadas com base em séries históricas. Isto se justifica devido à escassez de séries de longa duração de registros de temperatura de relva, enquanto as temperaturas mínimas de abrigo são rotineiramente observadas nas estações meteorológicas.

O presente estudo tem como objetivo determinar a diferença entre temperatura mínima medida no abrigo meteorológico e a relva, para o município de Palmas-PR, bem como ajustar funções de distribuição de probabilidade de ocorrência das diferenças e classificar as intensidades dos eventos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de temperatura mínima no abrigo meteorológico, a 1,60 m de altura, e na relva a 0,05 m, medidos entre 1986 a 2015 na estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná localizada no município de Palmas, Paraná, com latitude de 26°29' S, longitude 51°59' W e altitude de 1100 m. O clima é classificado como temperado (Cfb), com ocorrência frequente de geadas.

Foram analisados somente eventos com temperatura mínima de relva menores que 0°C. Os valores médios obtidos pela diferença de temperatura mínima do abrigo meteorológico e a relva foram divididos em intervalos de classe (ASSIS et al., 1996), e, posteriormente, verificou-se o ajuste às distribuições Normal, Log Normal e Gama conforme descrito por Sentelhas et al. (1995) e Silva; Sentelhas (2001). O ajuste foi avaliado por meio do teste de qui-quadrado (χ^2), ao nível de 5% de probabilidade, como sugerido por Assis et al. (1996):

Por fim, foram analisadas as frequências dos eventos de geada classificados por intensidade, com base em anotações do observador meteorológico, considerando: Geada Fraca (1) as que ocorrem em somente nas baixadas; Geada Moderada (2), com ocorrência também nas regiões com altitudes medianas e Geada Forte (3), quando há ocorrência generalizada em regiões baixas e altas próximas à estação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo probabilístico em que houve melhor ajuste das frequências observadas foi o de distribuição Normal (Figura 1). O valor de X^2 calculado de 8,78, menor que o valor tabelado de 11,07 a 5% de significância, com 5 graus de liberdade. As

distribuições Gama e Log Normal não tiveram ajuste para as diferenças entre abrigo e relva estudadas.

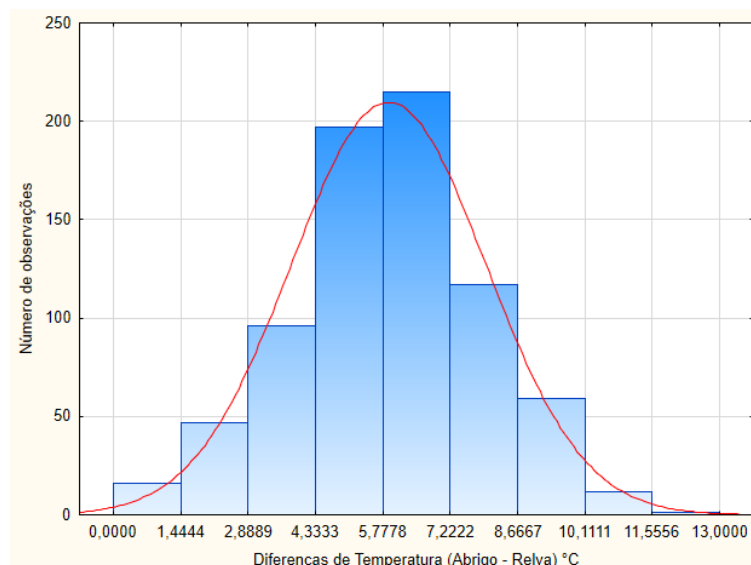


Figura 1. Ajuste da distribuição Normal de probabilidade de ocorrência das diferenças de temperatura entre o abrigo e a relva no período de 1986 a 2015, para o município de Palmas, PR.

A Tabela 1 apresenta as probabilidades de ocorrência das diferenças de temperatura entre o abrigo e a relva, assim como número de eventos ocorridos ao longo da série histórica estudada. É possível verificar também a distribuição da intensidade dos eventos dentro de cada intervalo de classe. No presente estudo foram constatados episódios com temperatura mínima de relva menor que 0°C em que não houve a anotação do observador quanto a intensidade de geada, devido a falha de observação ou pelo fenômeno não ter sido visualizado (Não observado).

Verifica-se que as maiores probabilidades de ocorrência de diferenças entre relva e abrigo estão entre 4,3 a 7,4 °C, totalizando 57,82% dos eventos. A média da diferença de temperatura entre o abrigo e relva foi de 5,9°C para Palmas, porém, com gradientes de temperatura entre o abrigo e a relva variando de 0,1 até 13 °C. Grodzki et al. (1996), selecionando eventos nos quais foram registradas temperaturas mínimas menores que 10 °C no abrigo, para os meses de março a setembro, obtiveram uma diferença média de 3°C, com gradientes de até 7°C.

Tabela 1. Probabilidade de ocorrência da diferença entre o abrigo e a relva por intervalos de classe e intensidade de geada, sendo: 1 – fraca, 2 – moderada e 3 – forte.

Diferença de temperatura (°C)	Intensidade Geada			Número de ocorrências	Probabilidade (%)
	1	2	3		
0 – 1,4	5	3	7	2	2,23
1,5 – 2,8	13	13	12	9	6,18
2,9 – 4,2	43	20	15	14	12,09

4,3 - 6	125	52	26	54	257	33,77
6,1 – 7,4	73	42	20	48	183	24,05
7,5 – 8,8	43	24	10	26	103	13,53
8,9 – 10,2	20	13	3	16	52	6,83
10,3 – 11,6	2	2	2	3	9	1,18
11,7 - 13	0	1	0	0	1	0,13
Total	324	170	95	172	761	100

Palmas é um município com alta ocorrência de geadas, devido sua latitude e altitudes elevadas. Deste modo, 324 dos 761 eventos estudados foram classificados como fracos, com expressiva ocorrência dentro da faixa de diferença de 2,9 a 8,8 °C. Os eventos de geadas classificados em forte intensidade tiveram maior ocorrência nos intervalos de classe próximos à média. Foram registrados 95 eventos classificados de forte intensidade, dos quais 48% ocorreram dentro do intervalo de 4,3 a 7,4°C.

CONCLUSÕES

A distribuição Normal mostrou melhor ajuste para o local estudado. A diferença média entre a temperatura do abrigo e relva foi de 5,9 ° C e a maioria dos eventos que foram classificados como forte intensidade ocorreu em diferenças de temperatura próximas à média.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. Aplicações de Estatística a Climatologia – Teoria e Prática. **Pelotas: Editora Universitária/UFPel**, 1996. 161 p.
- BOOTSMA, A. Frost risk survey of Prince Edward Island. Ottawa: **Department of Agriculture and Forestry**, Canada, 35p., 1980.
- CARAMORI, P. H., MANETTI FILHO, J. Proteção de cafeeiros contra geadas. **Boletim Técnico**. Londrina:IAPAR, 27p.,1993.
- GRODZKI, L.; CARAMORI, P.H.; BOOTSMA, A; OLIVEIRA, D.; GOMES, J. Riscos de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 93-99, 1996.
- SENTELHAS, P. C.; ORTOLANI, A. A.; PEZZOPANE, J. R. M. Diferença de temperatura entre abrigo meteorológico e a relva, em noites de geada, no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n.2 p.437-445, 1995.
- SILVA, J. G.; SENTELHAS, P. C. Diferença entre temperatura mínima do ar medida no abrigo e na relva e probabilidade de sua ocorrência em eventos de geadas no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 9-15, 2001.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. **Versão Digital 2**, p.515, 2006. Disponível

em:<http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce5702/Meteorologia_e_Climatologia_VD2_Mar_2006.pdf> Acesso em: 11 maio 2017.

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS EMPÍRICOS PARA ESTIMAR A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO MUNICÍPIO DE CABROBÓ-PE

Laelson Freires Gomes¹, Robson Argolo do Santos², Victor Brenno Britto de Menezes³, Rogério Cícero Martins da Conceição⁴, Rosângela Santos Leal⁵

¹Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, laesio_rodela@hotmail.com; ²⁻³⁻⁴Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia; ³Professor adjunto na Universidade Estadual de Feira de Santana.

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo realizar o estudo comparativo entre seis métodos empíricos para se estimar a ETo, utilizando como padrão o método de Penman-Monteith FAO 56, no município de Cabrobó-PE. Foram utilizados dados diários de temperatura máxima, temperatura mínima e média do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento compreendidos entre os meses de janeiro a dezembro do ano de 2016. Na análise estatística foram utilizados os índices de precisão de Wiilmott (d), coeficiente de correlação (r), e coeficiente “c” de Camargo & Sentelhas. Depois de feita a realização da estatística, os métodos que tiveram os melhores desempenhos foram os de Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor, sendo que o primeiro método citado teve desempenho “muito bom” e o segundo “bom”. Os métodos de Camargo e Jensei-Haise tiveram “mau” desempenhos e os métodos de Makkink e Linacre tiveram desempenhos “péssimos”. As equações recomendadas para estimar a Eto no município de Cabrobó são Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, Condições Climáticas, Penman-Monteith

COMPARISON BETWEEN EMPIRICAL METHODS TO ESTIMATE EVAPOTRANSPIRATION OF NON-MUNICIPAL REFERENCE OF CABROBÓ-PE

ABSTRACT: The objective of this study was to compare six empirical methods to estimate ETo using the Penman-Monteith method FAO 56, in the municipality of Cabrobó-PE. Daily data of maximum temperature, minimum and average air temperature, relative air humidity and wind velocity were used between January and December of the year 2016. In the statistical analysis, the Wiilmott precision indexes (d), Correlation coefficient (r), and coefficient "c" of Camargo & Sentelhas. After performing the statistic, the methods that had the best performances were those of Hargreaves-Samani and Priestley-Taylor, and the first method quoted had "very good" performance and the second "good". The Camargo and Jensei-Haise methods had "poor" performances and the methods of Makkink and Linacre performed "awful". The recommended equations for estimating Eto in the municipality of Cabrobó are Hargreaves-Samani and Priestley-Taylor.

KEY-WORDS: Irrigation, Climate Conditions, Penman-Monteith

INTRODUÇÃO

Um dos parâmetros mais importantes para se dimensionar e fazer o correto manejo da irrigação é possuir o conhecimento das necessidades hídricas das culturas. Para isso é preciso determinar a Evapotranspiração de referência (ETo), que nada mais é

que a perda de água da superfície do solo e da planta, em dois processos: evaporação e transpiração, respectivamente (SEDIYAMA, 1998).

Os métodos para determinar a ETo podem ser divididos em métodos diretos e métodos indiretos. Os métodos diretos têm pouca viabilidade na prática, pois são necessários de equipamentos geralmente sofisticados, se tornando bastante onerosos se comparado aos métodos indiretos, que possuem aplicação mais prática e as variáveis podem ser obtidas em estações meteorológicas apropriadas (PERREIRA et al., 2009). A Food and Agriculture Organization (FAO) determinou que o método de Penman-Monteith seria utilizado como padrão. Mas devido a necessidade de um grande número de variáveis, muitas vezes não disponíveis em diversos locais, esse método se torna inviável, tendo seu uso limitado. Assim para se determinar o método a ser escolhido, para uma determinada região, devem-se levar em conta diversos fatores, como por exemplo, as variáveis disponíveis e a escala temporal.

O objetivo desse estudo foi avaliar diferentes métodos empíricos de estimar a ETo no município de Cabrobó-PE, usando como padrão o método Penman-Monteith FAO-56.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados nesse estudo para implementação dos modelos empírico foram coletados na estação automática de Cabrobó-PE, cuja coordenadas geográficas são: Latitude -8.504° e longitude -39.315° . Altitude de 343m. Segundo a APAC (2012), o clima na região é o Tropical Semiárido. Foram utilizados dados diários de temperatura máxima, temperatura mínima e média do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento compreendidos entre os meses de janeiro a dezembro do ano de 2016. Os métodos testados formam: Camargo (1971), Hargreaves-Samani (1985), Priestley-Taylor (1972), Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Linacre (1977), utilizando como referência para comparação o método de Penman-Monteith-FAO56 (ALLEN *et al.*, 1998).

Na análise estatística para comparação entre os métodos testados e o método padrão, foram utilizados os índices de precisão de Wiilmott (d), coeficiente de correlação (r), e coeficiente “c” de Camargo & Sentelhas. O coeficiente “c” de CAMARGO & SENTELHAS quantifica o desempenho do método, sintetizando de forma conjunta o resultado dos índices “d” e “r” (Tabela 1).

Tabela 1. Critérios de interpretação do coeficiente “c” de Camargo & Sentelhas.

Métodos	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
< 0,40	Péssimo

Fonte: CAMARGO & SENTELHAS (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados na figura 1, verificou-se que os métodos de Makkink, e Camargo subestimaram a ETo durante todo o ano. No caso de Makkink, como verificado também por JUNIOR (2011), provavelmente a subestimação ocorre, por que a equação original foi desenvolvida nas condições climáticas de Wageningen, na Holanda, que possui uma menor demanda evaporativa, e como pode ser verificado na tabela 02, teve seu desempenho determinado como “Péssimo”, enquanto a equação de Camargo teve “mau” desempenho.

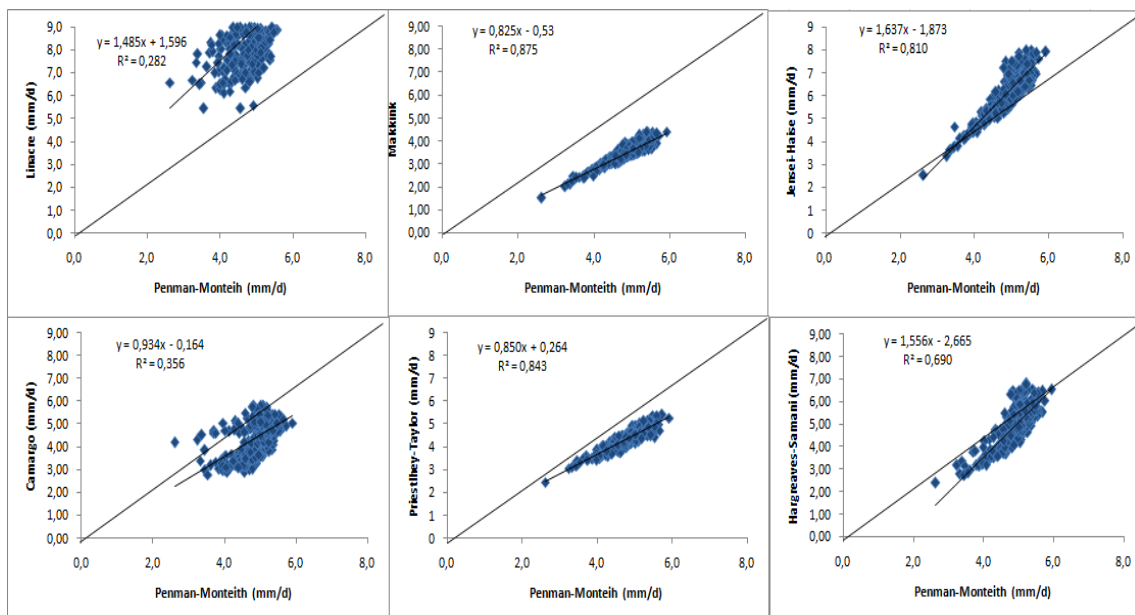


Figura 1. Relação entre a evapotranspiração de referência estimada por diferentes métodos e o método padrão de Pemana-Monteith FAO 56, para o município de Cabrobó-PE em 2016.

A metodologia de Linacre obteve “fraco” coeficiente de correlação e recebeu desempenho classificado como “péssimo” (Tabela 2). O modelo de Jensen-Haise, segundo Medeiros (2008), é uma equação desenvolvida para regiões áridas e semi-áridas, no entanto para as condições do município estudado nesse trabalho, os resultados não foram satisfatórios, obtendo um coeficiente “mau” de desempenho. O métodos de Priestley-Taylor recebeu desempenho classificado como “bom” (Tabela 2). A metodologia de Priestley-Taylor por não exigir dados de velocidade do vento e umidade relativa do ar tem sido usada em diversos estudos devido sua simplicidade em relação aos métodos combinados (CUNHA, 2015). Observou-se que o método de Hargreaves-Samani foi o modelo que apresentou os melhores resultados (Tabela 2). Esse modelo apresentou um coeficiente de correlação (r) com classificação “forte”. Além que foi o modelo que teve o índice de correlação (c) classificado como “muito bom”. Essa metodologia se destaca por ser bastante simples e de fácil aplicação, necessitando

apenas de dados de temperatura e latitude.

Tabela 2. Valores do coeficiente de correlação, índice de exatidão e desempenho.

Métodos	r	d	C	Desempenho
Hargreaves-Samani	0,831	0,999	0,830	Muito bom
Priestley-Taylor	0,918	0,725	0,665	Bom
Camargo	0,597	0,794	0,474	Mau
Jensen-Haise	0,900	0,485	0,436	Mau
Makkink	0,935	0,382	0,357	Péssimo
Linacre	0,532	0,166	0,166	Péssimo

CONCLUSÕES

O método de Hargreaves-Samani obteve o melhor resultado, seguido pelo método de Priestley-Taylor, sendo as únicas equações testadas nesse trabalho recomendadas para se estimar a evapotranspiração no município de Cabrobó.

REFERÊNCIAS

- Agência pernambucana de águas e clima (APAC).** Climatologia da Precipitação. Recife, 2012.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Guidelines for computing crop water requirements* Rome: **FAO**, 1998. 310 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CUNHA, F. F.; et al. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência no estado de Minas Gerais. XXV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, UFS, São Cristovão/SE, 2015.
- JUNIOR, A. S. A.; et al. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para Parnaíba e Teresina, Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, V. 11, n1, p. 63-68, 2003.
- MEDEIROS, P. V. *Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de nove equações empíricas- teóricas com base na equação de Penman-Monteith*. 2008. **Dissertação** (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PEREIRA, D. R.; YANAGI, S. N. M.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; SILVA, L. A. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2488-2493, 2009.

SEDIYAMA, G. C. *Evapotranspiração: necessidades de água para as plantas cultivada*. Brasília, DF: **ABEAS**, 1998, 181 p. (Curso de especialização por tutoria à distância).

FATORES DE MANEJO CAUSAM LACUNAS DE PRODUTIVIDADE EM ARROZ IRRIGADO NO RIO GRANDE DO SUL

Giovana Ghisleni Ribas¹, Thiago Schmitz Marques da Rocha², Nereu Augusto Streck³, Alencar Junior Zanon⁴, Isabela Bulegon Picolle⁵

¹Aluna de doutorado do PPGEA, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, giovana.ghisleni@hotmail.com; ² Aluno de doutorado do PPGEA, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, thiagosmr@msn.com; ³Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, nstreck2@yahoo.com.br; ⁴ Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, alencarzanon@hotmail.com; ⁵ Aluna de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, isabelabpilecco@gmail.com

RESUMO: O objetivo foi determinar as lacunas de produtividades de arroz irrigado e identificar os principais fatores de manejo que causam a lacuna de produtividade em arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Foram aplicados questionários em 155 lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul no ano agrícola 2015/2016. Além disso, foram conduzidos experimentos de campo visando obter o potencial de produtividade da cultura. Nos experimentos de campo foram utilizados as cultivares do grupos de maturação médio que representam mais de 70% da área semeada com arroz no Rio Grande do Sul. O potencial de produtividade simulado pelo SimulArroz foi de 14 Mg ha⁻¹. Em relação, a produtividade obtida em experimentos e a máxima produtividade das lavouras comerciais foi observado uma similaridade, indicando que o manejo dos produtores de alto nível tecnológico está sendo realizado de acordo com o recomendado pelas instituições de pesquisa e de extensão. Apesar disso, foi observado uma lacuna de produtividade de 3,2 Mg ha⁻¹, entre os melhores produtores e a média das lavouras de arroz do Rio Grande do Sul, onde os principais fatores de manejo que provocaram a lacuna foram: época de semeadura, rotação e aplicação de água e nitrogênio.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa*, “yield gap”, dado de lavoura.

MANAGEMENT FACTORS CAUSING YIELD GAP IN IRRIGATED RICE IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT: The objective was to determine the yield gaps of irrigated rice and to identify the main management factors that cause the yield gap in irrigated rice in Rio Grande do Sul. Reports were applied to 155 irrigated rice crops in Rio Grande do Sul in the growing season 2015/2016. In addition, field experiments were conducted in order to obtain the yield potential of the crop. In the field experiments, the cultivars of the medium maturation groups representing more than 70% of the total area planted with rice in Rio Grande do Sul. The potential yield was estimated using the SimulArroz model and was 14 Mg ha⁻¹. In relation to the yield obtained in experiments and the maximum yield of the commercial crops, a similarity was observed, indicating that the management of the producers of high technological level is being carried out according to the one recommended by the research and extension institutions. Despite this, yield gap of 3,2 Mg ha⁻¹ was observed among the best farmers and the average of the rice crops in Rio Grande do Sul, where the main management factors that caused the gap were: sowing season, rotation effect and amount of water and nitrogen.

KEY-WORDS: *Oryza sativa*, “yield gap”, on-farm data.

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul (RS), Brasil, é o maior produtor de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.), com cerca de 67% da produção nacional. O tema lacunas de rendimento (*Yield Gap*) é um dos temas agrônômicos mais estudados atualmente nos Estados Unidos. Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, este tema ainda não é muito estudado, porém nestes países a lacuna é, teoricamente, muito maior que nos países desenvolvidos devido ao nível tecnológico das lavouras ser mais baixo em função do custo dos insumos de produção. Neste trabalho foi usada a metodologia mais recomendada internacionalmente para determinar a lacuna de rendimento, ou seja, modelos agrícolas baseados em processos e dados coletados diretamente em lavouras comerciais de arroz irrigado do Rio Grande do Sul.

O objetivo do trabalho foi determinar as lacunas de produtividades e identificar os principais fatores de manejo que causam as lacunas de produtividade em arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado para a área de cultivo de arroz nas regiões de terras baixas do Estado do Rio Grande do Sul, localizada na metade Sul do Estado. Na safra 2015/16 foram acompanhadas 155 lavouras comerciais de soja em rotação com arroz irrigado nas seis regiões de produção orizícola do estado do Rio Grande do Sul (IRGA, 2016). As lavouras foram acompanhadas pelos Técnicos Orizícolas do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), os quais fizeram a aplicação de questionários buscando identificar as principais práticas de manejo realizadas nas lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, buscando representar a variabilidade existente nas lavouras das regiões de atuação de cada profissional.

Foram conduzidos experimentos de campo durante o ano agrícola 2015/2016 com a cultura do arroz irrigado nas estações regionais de pesquisa do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) em Cachoeirinha (29° 57'S, 51° 5' W, e altitude 17 m), Uruguaiana (29° 32'S, 53° 20' W, e altitude 23 m), Cachoeira do Sul (30.03' S, 52.89' W, e altitude 68 m) e Santa Vitória do Palmar (33° 50'S, 57° 4'W, e altitude 74 m), representando as regiões de terras baixas que tradicionalmente são cultivadas com arroz irrigado no RS. Os experimentos foram conduzidos visando-se obter o potencial de produtividade da cultura.

Foram utilizados três conceitos para estimar o potencial de produtividade (PP) de arroz, conforme descrito em LOBELL et al. (2009): (a) por modelos agrícolas, (b) por experimentos conduzidos em nível potencial e (c) por máximo produtividade de produtores. Foi utilizado o modelo SimulArroz (STRECK et al., 2013; ROSA et al., 2015) para estimar PP (LOBELL et al., 2009). O modelo foi rodado para cada região orizícola utilizando os dados meteorológicos das estações meteorológicas automáticas e convencionais do INMET distribuídas nas regiões de terras baixas do RS. A análise de correlação foi o primeiro passo para identificar qualquer relação entre o produtividade média das lavouras (PM) e as variáveis reportadas nestas lavouras (data de semeadura, GMR), além disso, também foi testado a significância do coeficiente angular a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O potencial de produtividade simulado pelo modelo SimulArroz foi de 14 Mg ha⁻¹, similar ao encontrado no Sul da Califórnia, EUA, por ESPE et al. (2016) que reportaram uma produtividade de 14,5 Mg ha⁻¹ usando o modelo ORYZA. Em relação, a produtividade obtida em experimentos e a máxima produtividade das lavouras comerciais foi observado uma similaridade, indicando que o manejo realizado por esse grupo de produtores está apropriado.

Já quando comparamos, a produtividade média do estado no ano 2015/2016 (6,9 Mg ha⁻¹) e a máxima produtividade das lavouras (10,1 Mg ha⁻¹), podemos identificar uma lacuna agrônoma de 3,2 Mg ha⁻¹ (Figura 1b), tal lacuna pode ser rapidamente corrigida utilizando tecnologias existentes, e investimentos mínimos por parte dos produtores (PULVER et al., 2001), além da utilização de ferramentas locais que possam facilitar a adoção de melhores práticas manejo, tais como demonstrações e dias de campo (STUART et al., 2016).

Após ter sido realizada uma análise preliminar de correlação, observa-se que os fatores de manejo que estão associados a lacuna de produtividade são: época de semeadura, rotação de culturas, época de entrada d'água, aplicação de nitrogênio, cultivares, entre outras.

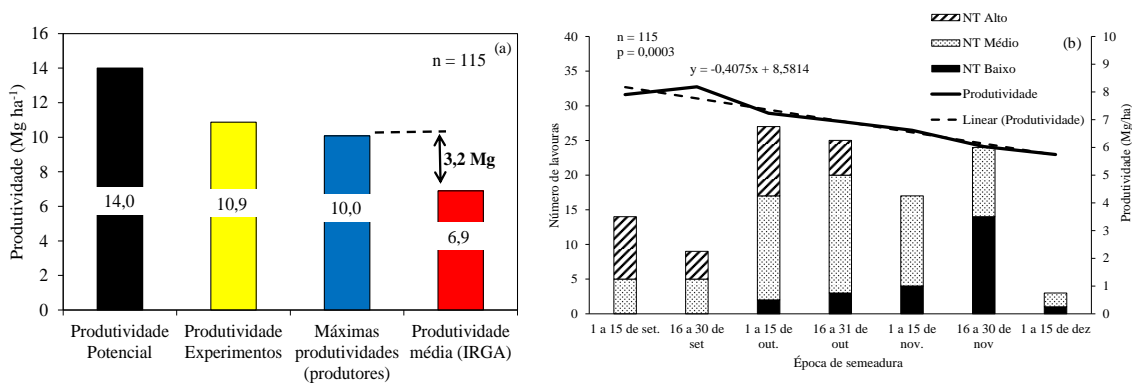


Figura 1. (a) Níveis e lacunas de produtividade de culturas agrícolas segundo LOBELL et al. (2009). A principal lacuna de produtividade está indicada no lado direito da figura: produtividade potencial foi simulado com base no modelos agrícola SimulArroz; produtividade estimada com experimentos de campo; produtividade média utilizando dados de produtor (máxima produtividade média dos produtores); produtividade média geral do estado que foi obtida a partir dos dados do IRGA. (b) Perda na produtividade média (em Mg ha⁻¹) em relação ao atraso da data de semeadura e diferentes níveis tecnológicos. NT Alto = nível tecnológico alto; NT Médio = nível tecnológico médio; NT Baixo = nível tecnológico baixo. na região orizícola no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. n= número de lavouras.

Nesse estudo foi apresentado apenas algumas relações entre produtividade e época de semeadura das lavouras de arroz irrigado. Na Figura 1b, é possível observar que no ano 2015/2016 as lavouras com nível tecnológico médio e alto conseguiram

semear o arroz no período recomendado, setembro a outubro e conseqüentemente obtiveram as maiores produtividades. A medida que ocorreu o atraso da época de semeadura a produtividade diminuiu. No ano agrícola 2015/2016 houve uma redução do potencial produtivo em função da ocorrência do fenômeno El Niño de intensidade muito forte, mesmo assim ocorreu uma perda de produtividade com o atraso da época de semeadura de $27 \text{ kg ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$ e, a nossa hipótese é de que em anos de La Niña e Neutro as perdas possam ser ainda maiores.

CONCLUSÕES

As lacunas de produtividade variaram de 3,2 a 7,1 Mg ha^{-1} , sugerindo que, há espaço para melhorar as produtividades das lavouras de arroz irrigado no RS. A identificação da melhor época de semeadura pode reduzir a lacuna de produtividade das lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

Espe, M.B.; Cassman, K.G.; Yang, H.; Guilpart, N.; Grassini, P.; Wartb, J.V.; Anders, M.; Beighley, D.; Harrell, D.; Linscombe, S.; McKenzie, K.; Mutersh, R.; Wilson, L.T.; Linquist, B.A. Yield gap analysis of US rice production systems shows opportunities for improvement. **Field Crops Research**. 196, p. 276–283, 2016.

LOBELL, D.B.; CASSMAN, K.G.; FIELD C.B. Crop yield gaps: their importance, magnitudes and causes. **Review of Environment and Resources**, v. 34, p. 179-204, 2009.

PULVER, E.L., TRAN, D.V., NGUYEN, V.N., 2001. Yield gap in irrigated rice in Latin America and Caribbean. Yield gap and productivity decline in rice production. In: Proceedings of the Expert Consultation held in Rome, 5–7 September 2000. FAO, Rome, pp. 163–189.

ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; STRECK, N.A.; CARLI, C.de; RIBAS, G.G.; MARCHESAN, E. Simulação do crescimento e produtividade de arroz no Rio Grande do Sul pelo modelo SimulArroz. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.1159–1165, 2015.

STRECK, N. A.; CHARÃO, A. S.; WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; BENEDETTI, R. P.; MARCHESAN, E.; SILVA, M. R. da. SimulArroz: um aplicativo para estimar a produtividade de arroz no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria/RS: SOSBAI, 2013. p.1618- 1627.

STUART, A.M.; PAME, A.R.P.; SILVA, J.V.; DIKITANAN, R.C.; RUTSAERT, P.; MALABAYABAS, A.J.B; LAMPAYAN, R.M.; RADANIELSON, A.M.; SINGLETON, G.R. Yield gaps in rice-based farming systems: Insights from local studies and prospects for future analysis. **Field Crops Research**. p. 194. v. 43–56. 2016.

ESTATURA DE PLANTAS DE CHIA EM DIFERENTES DATAS DE SEMEADURA

Isabel Lago¹, Taís Slim², Patrícia Carine Hüller Goergen³, Lúcio Gabriel Scheffel²,
Angelica Durigon¹

¹Professora do Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, isalago03@gmail.com, angelica.durigon@gmail.com. ²Aluno(a) de graduação em Agronomia, Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, tais.slim@hotmail.com, lucioscheffel@gmail.com; ³Aluna de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, patygoergen@hotmail.com.

RESUMO: O crescimento e o desenvolvimento de diversas culturas agrícolas, entre elas a cultura da chia, são influenciados pela temperatura do ar, radiação solar e fotoperíodo. Por similaridade ao que ocorre em outras espécies de dia curto, as sementeiras extemporâneas, fora do período mais indicado para a cultura, poderão apresentar alterações na emissão de folhas e na duração da fase vegetativa, com consequente alteração da estatura das plantas. O trabalho tem como objetivo avaliar o efeito das diferentes datas de sementeira sobre a evolução temporal e a estatura das plantas de chia no início do florescimento nas condições de Santa Maria, RS. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições, espaçamento entre linhas de 0,70 m e população de 20 plantas por metro. Em dez plantas por parcela foi avaliado semanalmente a estatura de planta (cm). A evolução da estatura até o florescimento varia com a data de sementeira, com crescimento mais lento no início do ciclo nas sementeiras precoces. A estatura de plantas de chia no início do florescimento é maior em sementeiras precoces e menor nas sementeiras mais tardias.

PALAVRAS-CHAVE: *Salvia hispânica* L., épocas de sementeira, crescimento vegetativo.

PLANT HEIGHT OF CHIA IN DIFFERENT SOWING DATES

ABSTRACT: Air temperature and photoperiod influence the development cycle of chia. Sowing done beyond the indicated crop period may alter the duration of the vegetative phase, influencing vegetative growth and plant height. Therefore, the objective of this work is to analyze the effect of different sowing dates on temporal evolution and on the final height of chia plants. The experimental design was a randomized block design with four replications, with 0.70 m between lines and a plant population of 20 plants per meter. Plant height (cm) was measured weekly using a tape measure from the soil surface to the last visible leaf on ten plants per plot. The height evolution until the flowering stage changes between sowing dates, with slower growth occurring at the beginning of the early sowing dates. Chia plants are higher in the beginning of flowering stage in early sowing dates and shorter in later sowing dates.

KEY-WORDS: *Salvia hispanica* L., sowing dates, vegetative growth.

INTRODUÇÃO

A procura por alimentos saudáveis tem aumentado a demanda por grãos de espécies como a chia (*Salvia hispânica* L.) que, além de outras características, é considerada uma das melhores fontes de ômega 3 e 6 (MENDONÇA, 2010).

O crescimento e o desenvolvimento de diversas culturas agrícolas, dentre elas a cultura da chia, são influenciados pela disponibilidade de variáveis meteorológicas como temperatura do ar, radiação solar e fotoperíodo durante o período de cultivo. A chia é considerada uma espécie de dia curto (BAGINSKY et al., 2014; JAMBOONSRI et al., 2012), assim, tomando-se como base a resposta de outras culturas de dia curto pode-se inferir que sementeiras precoces poderão proporcionar uma fase vegetativa maior, podendo resultar em maior crescimento vegetativo e plantas de maior estatura no florescimento. Já em sementeiras tardias, as plantas poderão apresentar menor duração da fase vegetativa, menor número de folhas e, conseqüentemente, menor estatura de planta no início do florescimento.

Assim, estudos sobre a resposta do crescimento da chia semeada em diferentes datas são fundamentais para entender a influência do ambiente sobre o crescimento da cultura e, conseqüentemente, sobre a produtividade. Na literatura não foram encontrados resultados para cultivo de chia em diferentes épocas de sementeira na região Sul do Brasil, o que constituiu o incentivo para este trabalho. Por isso, o trabalho tem como objetivo avaliar o efeito das diferentes datas de sementeira sobre a evolução temporal e a estatura das plantas de chia no início do florescimento nas condições de Santa Maria, RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento de campo foi conduzido no ano agrícola 2016/2017 na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29° 43'S, longitude: 53° 43'W e altitude: 95 m).

Foram realizadas cinco datas de sementeira (22/09/2016, 28/10/2016, 13/12/2016, 03/01/2017 e 08/02/2017) consideradas precoce, intermediária e tardia em relação a época de sementeira mais usada pelos produtores da cultura que é outubro/novembro (MIGLIAVACCA et al., 2014). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas foram compostas por quatro linhas de 3 m cada, com espaçamento de 0,70 m entre linhas. A sementeira foi efetuada em linhas, de forma manual, com profundidade de sementeira de 1 cm (MIGLIAVACCA et al., 2014). Após a emergência foi realizado o raleio das plantas para manter uma distância entre plantas de 5 a 6 cm na linha de sementeira, e estabelecer uma média de 20 plantas por metro (MIRANDA, 2012).

As práticas de manejo, como correção do pH do solo e adubação, foram realizadas conforme a análise de solo, com base na espécie hortelã (*Mentha arvensis*) que é da mesma família que a chia, pelo motivo de não haver recomendação para a *Salvia hispanica*. Foi realizada irrigação suplementar por gotejamento utilizando o coeficiente de cultivo (Kc) da hortelã, de maneira a possibilitar um crescimento e desenvolvimento das plantas sem limitações de água e nutrientes.

Após a emergência, foram marcadas dez plantas por parcela para avaliar a estatura (semanalmente) da superfície do solo até a última folha visível (1 cm de comprimento). A estatura de planta no início do florescimento (EIF) foi considerada quando as plantas da parcela iniciaram a emissão da espiga. Para comparar a evolução da estatura de plantas entre datas de sementeira foi plotado um gráfico de dispersão no programa Excel 2013. O programa SASM-Agri foi utilizado para verificar se houve diferença da EIF entre as datas de sementeira pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento, as plantas de chia foram expostas a diferentes valores de temperatura do ar, radiação solar e fotoperíodo. As temperaturas foram mais baixas nos meses de setembro, outubro e início de novembro, atingindo os valores máximos nos meses de verão (Figura 1). O menor valor de temperatura mínima do ar (T_{min}) foi 5,6 °C e o maior valor de temperatura máxima do ar (T_{max}) foi 35,1 °C. Para a radiação solar, os meses de maior incidência foram novembro, dezembro e janeiro. Já o fotoperíodo variou de 14,96 horas no dia 22/12/2016 a 12,5 horas na última medida de estatura.

Quando comparamos a estatura da chia nas diferentes datas de semeadura (Figura 2) observa-se que houve variação tanto na evolução da estatura como na EIF das plantas. As letras maiúsculas comparam os valores de EIF nas datas de semeadura. As plantas da semeadura 2 (28/10/2016) apresentaram o maior valor de EIF, não diferindo das plantas da semeadura 1 (22/09/2016), mas diferindo das plantas das semeaduras 3 (13/12/2016); 4 (03/01/2017) e 5 (08/02/2017). As plantas da semeadura 5 apresentaram a menor EIF.

A maior estatura nas plantas das semeaduras 1 e 2 é resultante da maior duração da fase vegetativa nestas plantas (178 e 137 dias, respectivamente), o que propiciou o maior crescimento. Porém, principalmente se comparado as plantas cultivadas nas datas 4 e 5, observa-se que no início da fase vegetativa as plantas das datas 1 e 2 tiveram um crescimento lento, devido a menor temperatura do ar e disponibilidade de radiação solar no início do crescimento. As plantas das semeaduras 3, 4 e, principalmente, na 5, atingiram uma menor EIF pois a fase vegetativa foi mais curta (95, 75 e 50 dias, respectivamente) em função da exposição a dias com menor fotoperíodo.

As diferenças de EIF das plantas de chia nas diferentes datas de semeadura devem-se ao fato da chia ter seu crescimento e desenvolvimento regulados pela temperatura do ar e pelo fotoperíodo. A resposta ao fotoperíodo é o principal fator que explica a maior duração da fase vegetativa nas semeaduras precoces, o que propicia plantas de maior estatura e, ao contrário, uma menor duração da fase vegetativa nas semeaduras tardias, o que resulta em plantas de menor estatura. Os resultados encontrados condizem com os observados em espécies de dia curto como a soja (CÂMARA, 2000, GUBIANI, 2005, ZANON et al. 2015).

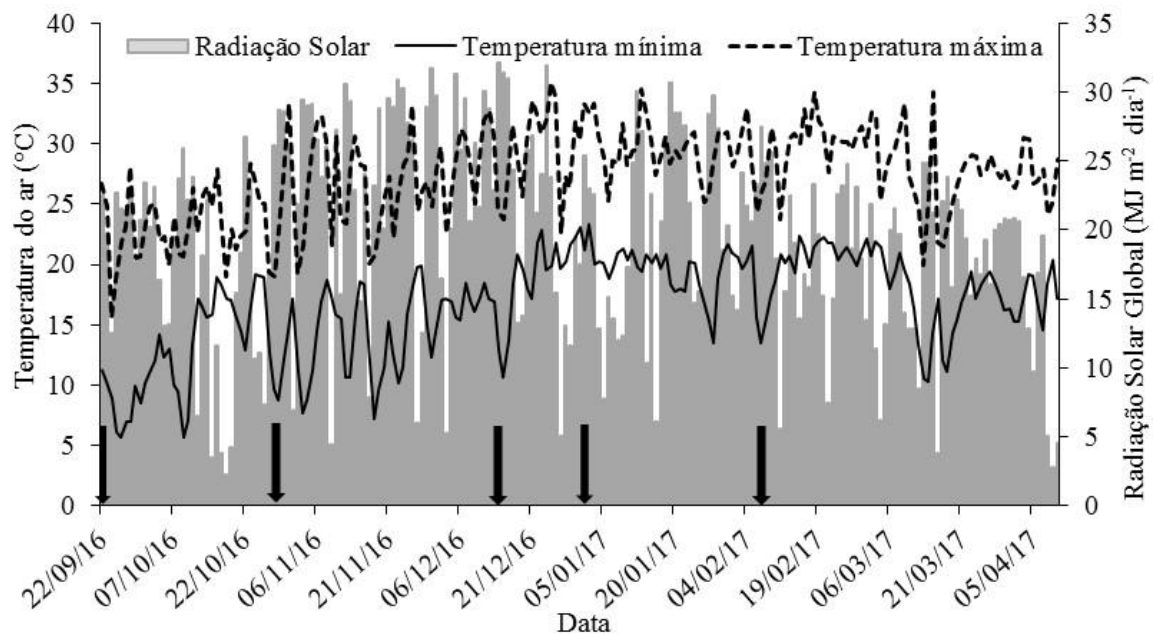


Figura 1. Radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), temperatura mínima e máxima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$) durante o experimento com a cultura da chia em Santa Maria, RS, Brasil. As setas indicam as datas de semeadura.

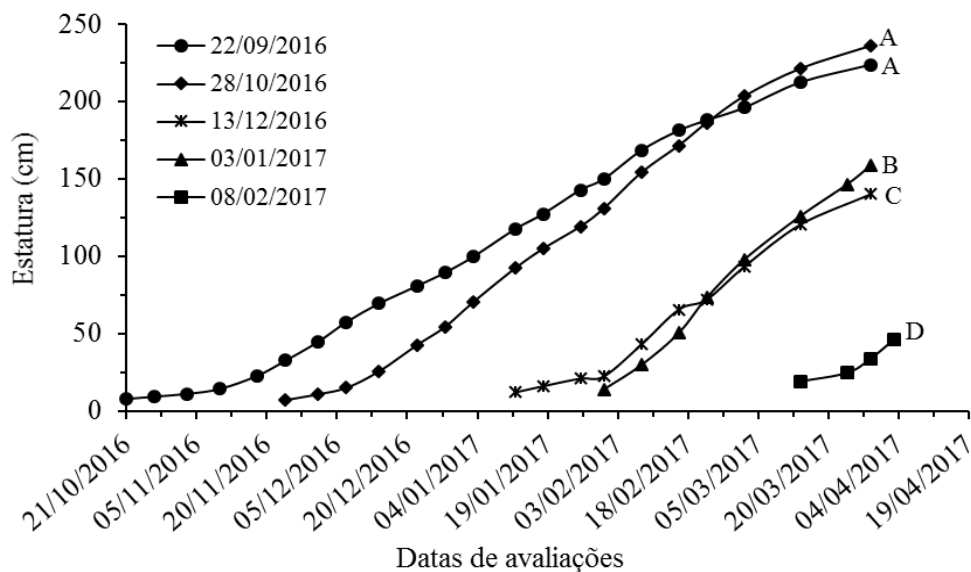


Figura 2. Evolução da estatura das plantas (cm) e estatura no início do florescimento (EIF) de plantas de chia em diferentes datas de semeadura: 1 (22/09/2016), 2 (28/10/2016), 3 (13/12/2016), 4 (03/01/2017) e 5 (08/02/2017). Letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

CONCLUSÕES

A evolução da estatura até o florescimento varia com a data de semeadura, com crescimento mais lento no início do ciclo nas semeaduras precoces.

A estatura de plantas de chia no início do florescimento é maior em sementeiras precoces e menor nas sementeiras mais tardias.

A menor estatura nas datas de sementeira mais tardias pode ser atribuída a resposta das plantas ao fotoperíodo, encurtando a fase vegetativa e, conseqüentemente, resultando em menor estatura.

REFERÊNCIAS

BAGINSKY, C. et al. Determinación de fecha de siembra óptima de chia en zonas de clima desértico y templado mediterráneo semiárido bajo condiciones de riego en Chile. 2014. http://www.chia.uchile.cl/docs/anexos/Anexo_1.pdf

CÂMARA, G. M. de S.; HEIFFIG, L. S. **Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja**. In Soja: tecnologia da produção II. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000.

GUBIANI, E. I. **Crescimento e rendimento da soja em resposta a épocas de sementeira e arranjo de plantas**. 2005. 77p. Dissertação (Mestrado)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

JAMBOONSRI, W. et al. Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L.-a new ω 3 source. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v.59, n.2, p.171-178, 2012.

MENDONÇA, S. N. T. G. **Nutrição**. Curitiba: Livro Técnico, 2010. p. 84-96.

MIGLIAVACCA, R.A. et al. O cultivo da chia no Brasil: futuro e perspectivas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n. especial, p.161-179, 2014.

MIRANDA, F. **Guia Técnica para el Manejo del Cultivo de Chia (*Salvia hispanica*) en Nicaragua**. Sébaco: Central de Cooperativas de Servicios Múltiples Exportación e Importación Del Norte (CECOOPSEMEIN RL.), 2012. 14p. Disponível em: http://cecoopsemein.com/Manual_de_poduccion_de_CHIA_SALVIA_HISPANICA.pdf f. Acesso em: 20 mar. 2017.

ZANON, A.J. et al. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, São Paulo, v. 74, p. 400-411, 2015.

AJUSTE DOS MÉTODOS HAMON, HARGREAVES-SAMANI E LINACRE PARA O NORTE DO ESPÍRITO SANTO

Laelson Freires Gomes¹, Ramon Amaro de Sales², Evandro Chaves de Oliveira³,
Salomão Martins de Carvalho Júnior⁴, Marcus José Alves Lima⁵

¹Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, laesio_rodela@hotmail.com; ² Mestrando em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, ramonamarodesales@hotmail.com; ^{3,4} Professor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Itapina, Colatina, ES, echoliveira@gmail.com, salomao.junior@ifes.edu.br; ⁵ Professor, Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capitão Poço, Belém, PA, marcuslima01@yahoo.com.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi ajustar três métodos empíricos para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), na escala diária para a região de São Mateus-ES através de dados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O método FAO-56 PM foi referência para avaliar os demais métodos, sendo eles: Hamon, Hargreaves e Samani e Linacre. O desempenho dos métodos foi analisado pelo coeficiente de determinação (R²), índice de Willmott (*d*) a raiz do erro quadrático médio normalizado (RMSE_n) e a soma do erro absoluto (SEA). Dentre os métodos analisados, o melhor resultado foi encontrado pelo método Li, que após o ajuste apresentaram RMSE_n abaixo de 24 % e valores *d* acima de 80.

PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith-FAO, ET_o, temperatura.

ADJUSTMENT OF THE HAMON, HARGREAVES-SAMANI AND LINACRE METHODS TO THE NORTH OF THE ESPÍRITO SANTO

ABSTRACT: The objective of this work was to adjust three empirical methods to estimate reference evapotranspiration (ET_o), in the daily scale for the São Mateus-ES region, using weather data from the National Institute of Meteorology (INMET). For that, a historical series of 14 years was used (2000 - 2014). The FAO-56 PM method was the reference to evaluate the other ones: Hamon, Hargreaves e Samani and Linacre. The performance of the methods was analyzed by the coefficient of determination (R²), index of Willmott (*d*) the root mean square error normalized (RMSE_n) and the sum of the absolute error (SEA). Among the analyzed methods, the best result was found by the Li method, which after the adjustment showed RMSE_n below 24% and *d* values above 80.

KEY-WORDS: Penman-Monteith-FAO, ET_o, temperature.

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma prática que consome grande parte dos recursos hídricos disponíveis, sendo que tal consumo pode ser reduzido aumentando a eficiência da irrigação, que depende de vários fatores, como por exemplo, a evapotranspiração de referência (ET_o) que pode ser medida através de lisímetros e estimada através de equações empíricas (CHATZITHOMAS; ALEXANDRIS, 2015).

O modelo Penman-Monteith (PM-FAO56) é considerado o método padrão, porém, conforme Tanaka et al. (2016), sua aplicação ainda exige muitos parâmetros, que na maioria das vezes não estão facilmente disponíveis para todos os locais, inviabilizando a utilização desta equação. Diversos modelos indiretos têm sido propostos para a estimativa da ET_o, diferenciando apenas pelo número de variáveis a serem utilizadas, como o método de Hamon, Hargreaves-Samani e Linacre que utilizam como dados de entrada a temperatura e a umidade relativa do ar.

A utilização de outros métodos normalmente esta atrelada a realização de calibrações locais e/ou regionais, no qual dados estatísticos medem a precisão e exatidão das estimativas, para identificar qual o modelo utilizado que melhor se adequa aos dados meteorológicos disponíveis (SOUZA et al., 2011; CARVALHO et al., 2015).

Desde modo, objetivou-se com este trabalho calibrar os parâmetros da equação de Hamon, Hargreaves e Samani e Linacre, a fim de determinar qual método melhor se assemelha ao método padrão de Penman–Monteith na cidade de São Mateus no estado do Espírito Santo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram utilizados dados meteorológicos diários obtidos de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de São Mateus - ES (Lat. -18°57'; Long. 39°50') e situada a 39 metros acima do nível do mar. AET_o foi determinada por três métodos alternativos (Tabela 01), e comparada com a ETO definida pela equação da PM-FAO56, utilizado uma série histórica de 15 anos (2000 – 2015), sendo que os primeiros 14 anos foram utilizados para ajustar os parâmetros e o ano de 2015 foi utilizado para validação dos ajustes.

O ajuste dos parâmetros foi realizado pela minimização da soma do quadrado do erro obtido, pela comparação da ETO estimada pelos métodos alternativos e pelo método padrão PM-FAO56, utilizando a ativação do Solve dentro do software Excel (Microsoft Office 2007).

Os ajustes utilizados foram: Hamon A=0.64, B=5.72, C=0.06 e D=29.5; Hargreaves e Samani A=0.003 e B=5.59; Linacre A=107.5, B=11.8 e C=44.1. A qualidade dos ajustes e o desempenho dos métodos alternativos de ETO foram avaliados pelo coeficiente de determinação (R²), a raiz do erro quadrático médio normalizado (RMSEn em %), como sugerido por Loague e Green (1991), a soma do erro absoluto (SEA) e o índice de concordância de Willmott (d).

Tabela 1. Métodos de estimativa de evapotranspiração de referência avaliados e suas respectivas equações e coeficientes originais.

Métodos	Referência Original e/ou citada	Equações de estimativa da ETO	Coeficientes originais	Variáveis
FAO-56 Penman–Monteith (PM FAO-56)	Allen et al. (1998)	$ET_o = \frac{0.408 \times \Delta \times (R_n - G) + \gamma \times \left(\frac{900}{T_m + 273} \right) \times U_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0.34 \times U_2)}$	—	T _m ; R _g ; UR; U
Hamon (Ho)	Hamon, (1961)	$ET_o = A \times \left(\frac{N}{12} \right)^2 \times \left(\frac{B \times \exp^{(c \times T_m)}}{100} \right) \times D$	A = 0.55 B = 4.93 C = 0.062 D = 25.4	T _m

Hargreaves e Samani (HS)	Hargreaves & Samani. (1985)	$ET_o = A \times \frac{Ra}{2.45} \times (T_x - T_n)^{0.5} \times (T_m + B)$	A = 0.002 B = 17.8	T _x ; T _n ; T _m
Linacre (Li)	Linacre (1977)	$ET_o = \frac{A \times \frac{T_m}{100 - Lat} + B \times (T_m - T_o)}{C - T_m}$	A = 500 B = 15 C = 80	T _m ; UR

ET_o: evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); T_x, T_n, T_m e T_o representam respectivamente a temperatura máxima, mínima, média e do ponto de orvalho, todas em °C; R_g é a radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹); U₂ é a velocidade do vento a 2 m de altura (ms⁻¹); UR é a umidade relativa (%); Δ é a tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água (kPa °C⁻¹); γ a constante psicrométrica (0,0662 kPa °C⁻¹); e_a é a pressão de vapor do ar; e_s que é a pressão de saturação à temperatura da superfície (kPa °C⁻¹); Ra é a radiação solar na ausência de atmosfera (MJ m⁻² d⁻¹); Lat a latitude); e G a densidade de fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹), considerada zero para estimar de ET_o diária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a evapotranspiração de referência (ET_o) obtida pelos diferentes métodos avaliados em ordem crescente de R². O método Li apresentou o maior valor de R², correspondendo a 0.51. Esse modelo utiliza a T_m e UR como variáveis de entrada, enquanto que os demais métodos (Ho e HS) que estimam somente em função da temperatura tiveram menores resultados, com o R² de 0.31 pra Ho e 0.47 para HS, ficando evidente a potencialidade dos métodos que utilizam a T_m e UR, considerando que elevado R² garante bons ajustes, capazes de reduzir consideravelmente os erros. No entanto, segundo Barros et al. (2009), a utilização somente do R² como critério de definição da qualidade de métodos não é adequada.

Após os ajustes, o método que utilizou apenas a T_m como dados de entrada, apresentou o pior resultado, com valor de RSMEn igual a 28.22 %, e valor d igual á 0.70. Os autores Lu et al. (2005) avaliando a evapotranspiração potencial, percebeu que métodos baseados em temperatura apresentavam piores resultados.

Tabela 2. Avaliação das estimativas de ET_o (mm dia⁻¹) obtidas com diferentes métodos em relação ao método padrão, FAO-56 PM, antes (original) e após o ajuste (ajustado) dos parâmetros.

Métodos	Original			Ajustado			Dif _{RMSEn} %	Dif _d
	R ²	RMSEn	d	R ²	RMSEn	d		
Li	0.49	26.19	0.67	0.51	23.72	0.82	9.43	20.91
HS	0.47	32.09	0.67	0.47	24.59	0.81	23.38	20.7
Ho	0.31	39.39	0.57	0.31	28.22	0.71	28.36	24.91

RMSEn: raiz do erro quadrático médio normalizado; d: Coeficiente de Concordância; R²: Coeficiente de Determinação. Dif_{RMSEn} = ((RMSEn_{orig} - RMSEn_{aju}) / MSEn_{orig})x100 e Dif_d = ((d_{aju} - d_{orig}) / d_{orig})x100.

Para a validação dos métodos ajustados, foi apresentado na Figura 1 os coeficientes de erro como RMSEn e SEA além do índice de concordância de Willmott, referente ao desempenho estatístico dos diferentes métodos utilizados para estimativa diária da ETo durante o ano de 2015 para cidade de São Mateus, ES.

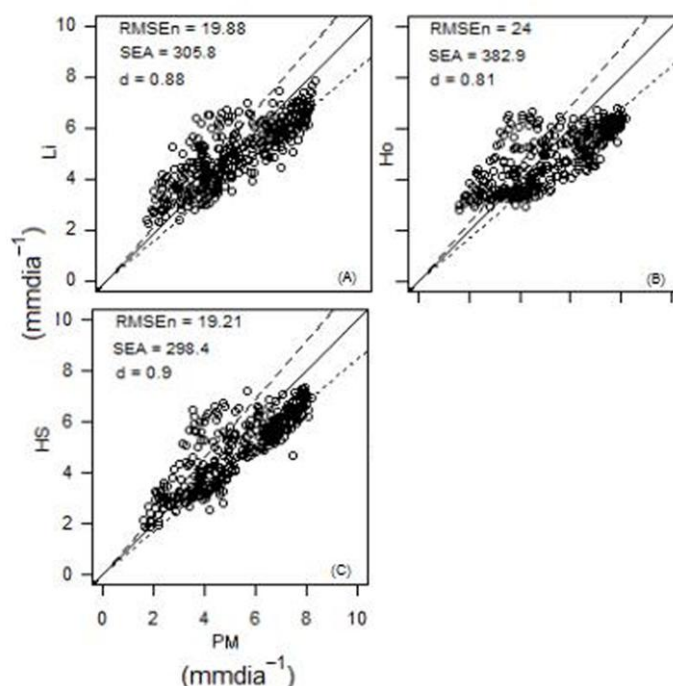


Figura 1. Correlações entre a evapotranspiração de referência (ETo), diária, estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO) e pelos modelos simplificados (Li, HS e Ho) durante o ano de 2015 (dados independentes não utilizados na calibração) em São Mateus, ES. O RMSEn representa a raiz do erro quadrático médio normalizado, SEA é a soma do erro absoluto e d é o índice de concordância de Willmott, as linhas tracejadas referem-se $\pm 15\%$ de super e subestimativa enquanto que a linha cheia corresponde a linha 1:1.

Ao aplicar os métodos de ETo, com parâmetros ajustados, foi observado que houve variações entre 19 a 24 % de RMSEn. O método de Ho foi o menos preciso dentre os métodos, apresentando RMSEn e índice de concordância (d) igual a 24 % e 0.81 %, enquanto que a soma do erro absoluto ao longo do ano de 2015 (SEA) foi de 383 mm, mantendo um percentual entre 32 e 37 % de suas estimativas dentro de uma faixa de $\pm 15\%$ (Figura 2 A). Entretanto, Li e HS apresentaram um percentual maior, aumentando para 52 – 58 % as estimativas (Figura 2 B-C) dentro da faixa de $\pm 15\%$.

CONCLUSÕES

Os modelo Li que utilizou a temperatura e umidade relativa do ar em conjunto para o calculo da ETo apresentou o menor erro de RMSEn e maiores índices d antes e após o ajuste de seus coeficientes.

Os modelos menos precisos foram aqueles que utilizaram a temperatura como única variável preditora, sendo representados pelos métodos de Ca e Ho.

AGRADECIMENTOS

Ao IFES e ao CNPq pela bolsa de estudos concedida para a realização da pesquisa e também ao INMET por ter cedidos os dados da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BARROS, V. R. et al. Avaliação da evapotranspiração de referência na Região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.2, p.198-203, 2009.

CARVALHO, D. F. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir de dados meteorológicos limitados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.1- 11, 2015.

CHATZITHOMAS, C. D.; ALEXANDRIS, S. G. Solar radiation and relative humidity based, empirical method, to estimate hourly reference evapotranspiration. **Agricultural Water Management**, v. 152, p. 188–197, 2015.

LU, J. et al. Comparison of six potential evapotranspiration methods for regional use in the southeastern United States. **Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)**, 41(3):621-633, 2005.

SOUZA, A. P. et al. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.219- 228, 2011.

TANAKA, A. A. et al. Evapotranspiração de referência estimada por modelos simplificados para o Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51 n. 2, p. 91-104, 2016.

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS AJUSTADOS DE ET_o COM O MÉTODO FAO-56 PENMAN–MONTEITH EM SÃO MATEUS-ES

Rogério Cícero Martins da Conceição¹, Ramon Amaro de Sales², Evandro Chaves de Oliveira³, Salomão Martins de Carvalho Júnior⁴, Marcus José Alves Lima⁵

¹ Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA, rogeriomartinsc@hotmail.com; ² Mestrando em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, ramonamarodesales@hotmail.com; ^{3,4} Professor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Itapina, Colatina, ES, echoliveira@gmail.com, salomao.junior@ifes.edu.br; ⁵ Professor, Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capitão Poço, Belém, PA, marcuslima01@yahoo.com.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi ajustar três métodos empíricos para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), na escala diária para a região de São Mateus-ES através de dados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para tanto, foi utilizado uma série histórica de 15 anos (2000 – 2015), sendo que os primeiros 14 anos foram utilizados para ajustar os parâmetros e o ano de 2015 foi utilizado para validação dos ajustes. O método FAO-56 PM foi referência para avaliar os métodos de Turc, Jensen-Haise e Makkink. Os resultados obtidos mostraram que todos os métodos ajustados apresentaram bons resultados, os quais apresentaram valores de RMSEn abaixo de 5 % juntamente com valores d igual a 0.99.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração, irrigação, necessidade hídrica.

COMPARISON BETWEEN ET_o ADJUSTED METHODS WITH THE FAO-56 PENMAN-MONTEITH METHOD IN SÃO MATEUS-ES

ABSTRACT: The objective of this work was to adjust three empirical methods to estimate reference evapotranspiration (ET_o), in the daily scale for the São Mateus-ES region, using weather data from the National Institute of Meteorology (INMET). Fifteen 15 years of data (2000 - 2015) was used, being the first 14 years to adjust the parameters and the year of 2015 to validate the adjustments. The FAO-56 PM method was used reference to evaluate the methods of Turc, Jensen-Haise the Makkink. The results showed that all the adjusted methods presented good results, which presented less RMSEn values of 5 % together with values d equal to 0.99.

KEY-WORDS: Evapotranspiration, irrigation, water need.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um fragmento do ramo superficial do ciclo hidrológico, forma pela qual a água da superfície terrestre passa para a atmosfera no estado de vapor (SILVA; SOUZA, 2011). A determinação dessa água perdida por evapotranspiração é de grande importância para se conhecer o balanço hídrico de uma determinada região, além de ser um importante fator nas classificações climáticas (CHAVES et al., 2015).

A evapotranspiração de referência (ET_o) é caracterizada como aquela que ocorre em uma extensa superfície coberta com grama de 0.08 a 0.15 m, em crescimento ativo, no qual cobre o solo por completo e não há deficiência hídrica (DOORENBOS; PRUITT, 1977). Os autores Bernardo et al. (1996) relatam que a ET_o pode ser

determinada por métodos diretos e indiretos, sendo todos fundamentais para cada ocasião estabelecida.

Diversos estudos têm utilizado o PM-FAO56 para avaliar métodos alternativos, a fim de atender determinadas localidades em que existe limitações de dados meteorológicos (ALLEN et al., 1994 a, b), sendo que certos ajustes podem ser feitos em determinados métodos para que possa aprimorar seus resultados. Esses métodos visam estimar a ETo de maneira precisa, utilizando um número cada vez menor de variáveis meteorológicas (CARVALHO et al., 2011).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é ajustar e comparar o desempenho de três métodos diferentes de ETo, a fim de determinar quais modelos melhor se assemelham ao método padrão de Penman-Montheith.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram utilizados dados meteorológicos diários obtidos de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de São Mateus - ES (Lat. -18°57'; Long. 39°50') e situada a 39 metros acima do nível do mar. A ETo foi determinada por três métodos alternativos (Tabela 01), e comparada com a ETo definida pela equação da PM-FAO56, utilizando uma série histórica de 15 anos (2000 – 2015), sendo que os primeiros 14 anos foram utilizados para ajustar os parâmetros e o ano de 2015 foi utilizado para validação dos ajustes.

O ajuste dos parâmetros foi realizado pela minimização da soma do quadrado do erro obtido, pela comparação da ETo estimada pelos métodos alternativos e pelo método padrão PM-FAO56, utilizando a ativação do Solve dentro do software Excel (Microsoft Office 2007).

Tabela 01. Métodos de estimativa de evapotranspiração de referência avaliados e suas respectivas equações e coeficientes originais.

Métodos	Referência Original	Equações de estimativa da ETo	Coeficientes originais	Variáveis
Penman-Monteith (PM-FAO56)	Allen et al. (1998)	$ET_o = \frac{0.408 \times \Delta \times (R_n - G) + \gamma \times \left(\frac{900}{T_m + 273} \right) \times U_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0.34 \times U_2)}$	—	Tm; Rg; UR; U
Turc (Tc)	Turc (1955)	$ET_o = A \times \frac{T_x}{T_x + B} \times (C + R_g \times 23.88)$	A = 0.013 B = 15 C = 50	Tx; Rg
Jensen-Haise (JH)	Jensen & Haise (1963)	$ET_o = \frac{R_g}{2.45} \times (A \times T_m + B)$	A = 0.025 B = 0.08	Tm; Rg
Makkink (Mk)	Makkink	$ET_o = A \times \left(\frac{\Delta'}{\Delta' + \gamma} \right) \times \left(\frac{R_g}{2.45} \right) - B$	A = 0.61	Rg

ET_o: evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); T_x e T_m representam respectivamente a temperatura máxima e média em °C; R_g é a radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹); U₂ é a velocidade do vento a 2 m de altura (ms⁻¹); UR é a umidade relativa (%); Δ é a tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água (kPa °C⁻¹); γ a constante psicrométrica (0,0662 kPa °C⁻¹); e_a é a pressão de vapor do ar; e_s que é a pressão de saturação à temperatura da superfície (kPa °C⁻¹).

Os ajustes utilizados foram: Turc A=0.016, B=21.27 e C=44.14; Jensen-Haise A=0.005 e B=0.48; Makkink A=0.61 e B=0.0. A qualidade dos ajustes e o desempenho dos métodos alternativos de ET_o foram avaliados pelo coeficiente de determinação (R²), a raiz do erro quadrático médio normalizado (RMSE_n em %), como sugerido por Loague e Green (1991), a soma do erro absoluto (SEA) e o índice de concordância de Willmott (d).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da ET_o obtida pelos diferentes métodos avaliados é apresentado na Tabela 2. Foi verificado que as estimativas de ET_o obtidas pelos métodos de Tc, JH e Mk estão fortemente correlacionadas com a ET_o estimada por PM-FAO56 apresentando R² ≥ 0.98. Entretanto esses métodos apresentaram RMSE_n maior e d menor do que do método Mk, o tornando mais eficiente por utilizar apenas a R_g como variável independente.

Após ajustar seus coeficientes, é notório que os métodos de Tc, JH e Mk tiveram os erros reduzidos de 11 % á 81 % (Dif_{RMSE_n}). O método mais beneficiado pelo ajuste foi o de JH, apresentando um erro de 4.34 % (RMSE_n) e índice de concordância de 0.99 (d), reduzindo assim seu erro em mais de 80 % e ampliando o valor de d em 9 %.

Tabela 2. Avaliação das estimativas de ET_o (mm dia⁻¹) obtidas com diferentes métodos em relação ao método padrão, FAO-56 PM, antes (original) e após o ajuste (ajustado) dos parâmetros.

Métodos	Original			Ajustado			Dif _{RMSE_n} %	Dif _d
	R ²	RMSE _n	d	R ²	RMSE _n	d		
Tc	0.99	8.33	0.98	0.99	3.67	0.99	55.94	1.38
JH	0.98	23.63	0.92	0.99	4.34	0.99	81.65	8.58
Mk	0.98	5.26	0.99	0.98	4.65	0.99	11.46	0.13

RMSE_n: raiz do erro quadrático médio normalizado; d: Coeficiente de Concordância; R²: Coeficiente de Determinação; Dif_{RMSE_n} = ((RMSE_n_{orig} - RMSE_n_{aju}) / RMSE_n_{orig})x100 e Dif_d = ((d_{aju} - d_{orig}) / d_{orig})x100.

O método mais adequado para a região em estudo foi o de Mk, uma vez que apresentou o menor RMSE_n original e o ajuste dos parâmetros reduziu levemente os erros (Dif_{RMSE_n}< 12 %) e aumentou os valores de d em menos de 0.2 %. Vale ressaltar que o método de Mk pode ser utilizado diretamente (parâmetros originais) para região de estudo, pois não apresenta grandes erros de estimativa e utiliza apenas

uma variável meteorológica (Rg). Os pesquisadores Araújo et al. (2010) avaliaram o método de Makkink em cinco escalas de tempo no município de Alegre, ES e o modelo mostrou-se altamente eficiente em todas as escalas avaliadas.

A Figura 1 apresenta a validação dos métodos ajustados, contendo o RMSEn e SEA além do índice de concordância de Willmott, referente ao desempenho estatístico dos diferentes métodos utilizados para estimativa diária da ETo durante o ano de 2015. Ao aplicar os métodos de ETo, com parâmetros ajustados nestes estudo, para uma série de dados climáticos independentes foi observado que todos eles apresentaram erros (RMSEn) variando de 2 – 4 %.

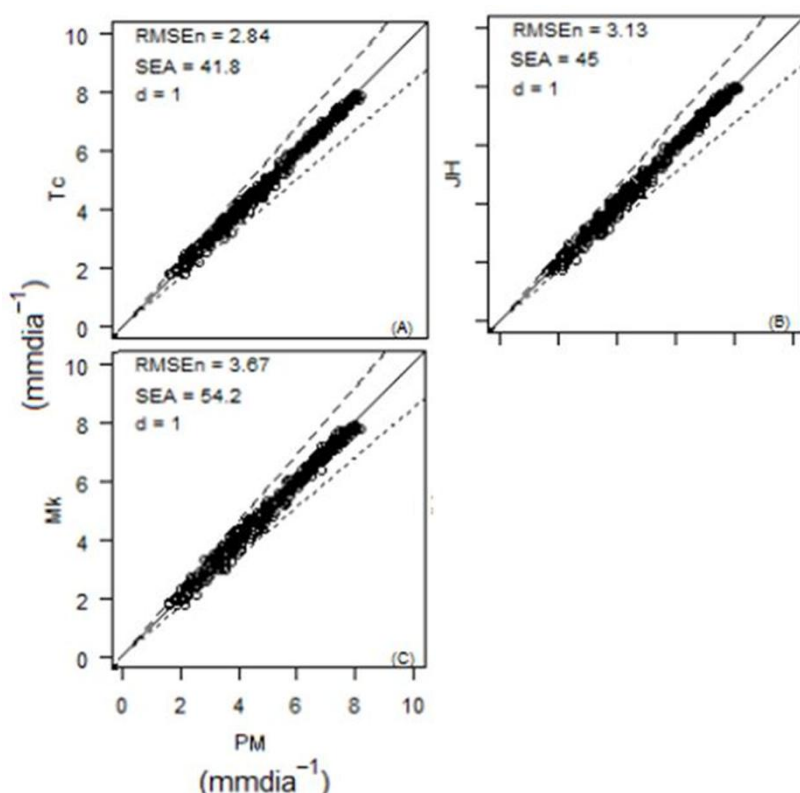


Figura 1. Correlações entre a evapotranspiração de referência (ETo), diária, estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO) e pelos modelos simplificados de Tc (Figura 1-A), e JH (Figura 1-B) e Mk (Figura 1-C) durante o ano de 2015 (dados independentes não utilizados na calibração) em São Mateus, ES. O RMSEn representa a raiz do erro quadrático médio normalizado, SEA é a soma do erro absoluto e d é o índice de concordância de Willmott, as linhas tracejadas referem-se $\pm 15\%$ de super e subestimativa enquanto que a linha cheia corresponde a linha 1:1.

Dentre os métodos de ETo utilizados neste estudo, destaca-se o método de Tc, com menor valor de RMSEn (2.8) e SEA de 41 mm, isso significa um erro médio, inferior a 0.15 mm dia-1. A análise de regressão mostrou uma dispersão bastante homogênea ao longo da linha 1:1, com mais de 95 % das estimativas dentro da faixa de $\pm 15\%$, tais observações indicam que as variações climáticas sazonais nesta parte do Estado do Espírito Santo não alteram a precisão desses métodos (Figura 2 A-B-C).

CONCLUSÕES

Os métodos avaliados foram eficientes após seu ajuste, sendo o método que mais se beneficiou desse ajuste foi o JH, reduzindo seu erro de RMSEn em mais de 80 % e o índice d em 8 %.

AGRADECIMENTOS

Ao IFES e ao CNPq pela bolsa de estudos concedida para a realização da pesquisa e também ao INMET por ter cedidos os dados da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G et al. 1994a. **An update for the definition of reference evaporation.** ICID Bul. 43:1–33.

ALLEN, R.G. et al. 1994b. **An update for the calculation of reference evapotranspiration.** ICID Bul. 43:35–92.

ARAÚJO, E. M. et al. Desempenho de métodos de estimativa de ETo correlacionados com a equação padrão Penman Monteith FAO56, em cidades do estado do Ceará. **Acta Tecnológica**, v. 5, n. 2, p. 84-101, 2010.

CHAVES, C. C. et al. Comparação da estimativa de evapotranspiração de referência em Diamantina-MG. **XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, p 2130-2135, Lavras – MG – Brasil, 23 a 28 de agosto de 2015,

CARVALHO, L. G. et al. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.456- 465, 2011.

SILVA, A. P. N.; SOUZA, L. R. Estimativa de evapotranspiração de referência no Semiárido Pernambucano. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal** , v. 8, n. 4, p. 003-022, 2011.

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO MUNICÍPIO DE MACAPARANA - PERNAMBUCO

José Francisco da Cruz Neto¹, Thalyta Soares dos Santos², Allan Rodrigues Silva³,
Maria Gabriela de Queiroz⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE
zenetto.agronomia@gmail.com

²Pesquisadora DCR/FACEPE/CNPq, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,

³Doutor em Ciências Climáticas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,

⁴Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo quantificar e caracteriza a precipitação pluviométrica no Município de Macaparana Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco entres os anos de 1976 à 2005 e avaliar de forma mensal essa variável. A região da Zona da Mata do Estado de Pernambuco é conhecida como uma das mais produtoras de Banana do estado sendo responsável por cerca de 40% da produção. Os dados utilizados nesse estudo foram obtidos junto ao site da Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC). Essas informações foram processadas utilizando uma planilha em Excel, onde foram tiradas as médias mensais e os totais para cada ano durante todo período neste Município. Em meio aos resultados obtidos nesse estudo, podemos verificar que o Município de Macaparana apresenta uma normal climatológica para esse período de 904,7 mm. Foi também possível verificar que em 13 dos 30 anos observados a precipitação alcançou valores superiores ao da norma climatológica para o mesmo período, tendo como os anos mais chuvosos 1977 com 1539, 7 mm e 2004 com 1430, 0 mm. Quando observado os resultados referentes aos meses do ano, Março e Agosto apresentam os maiores volumes precipitados, sendo correspondente a 70% da chuva ocorrida no Município. Dessa forma concluímos que, o município apresenta uma normal climatológica para o período em estudo, inferior as necessidades hídricas de algumas culturas como é o caso da bananeira, sendo necessária a utilização de irrigação suplementar principalmente no período entre Outubro e Janeiro que apresentam os menores valores precipitados.

PALAVRAS-CHAVE: Zona da Mata, Normal Climatológica, Chuva.

ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF RAINFALL PRECIPITATION IN THE MUNICIPALITY OF MACAPARANA - PERNAMBUCO

ABSTRACT: This work aims to quantify and characterize the rainfall in the Municipality of Macaparana Zona da Mata Norte in the State of Pernambuco from 1976 to 2005 and evaluate this variable on a monthly basis. The region of Zona da Mata in the State of Pernambuco is known as one of the most banana producing in the state, accounting for about 40% of production. The data used in this study were obtained from the website of the Pernambucan Water and Climate Agency (APAC). This information was processed using an Excel spreadsheet, where the monthly averages and totals for each year were taken during the whole period in this Municipality. Among the results obtained in this study, we can verify that the Municipality of Macaparana presents a climatological normal for this period of 904.7 mm. It was also possible to verify that in 13 of the 30 observed years the precipitation reached values higher than the norm of the climatological norm for the same period, having as rainy years 1977 with 1539, 7 mm

and 2004 with 1430, 0 mm. When observed the results referring to the months of the year, March and August present the highest precipitated volumes, corresponding to 70% of the rainfall occurring in the Municipality. In this way, we conclude that the municipality presents a normal climatological for the period under study, lower the water needs of some crops, as is the case of the banana tree, being necessary the use of additional irrigation mainly in the period between October and January that present the lowest values Precipitates.

KEY-WORDS: Zone of the Forest, Normal Climatological, Rain.

INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados a climatologia de uma região é um fator indispensável no que se refere ao conhecimento do índice e da distribuição pluviométrica, onde temos a precipitação caracterizada como a variável climática mais importante para o desenvolvimento de todos os seres vivos do planeta Terra. O comportamento da precipitação quanto ao seu regime e sua intensidade bem como seu volume influenciam direta ou indiretamente nas atividades agrícolas desenvolvidas pelo homem. Segundo Lanna (1997), o comportamento das chuvas, é tido como uma importante variável hidrológica, apresenta-se de forma a variar de acordo com o tempo e o espaço, portanto é necessário que se façam análises distintas, para que estas tenham validade. Segundo Almeida et al. (2015) uma avaliação quantitativa ou qualitativa da precipitação pluvial em níveis regionais é sempre importante em vários contextos, como exemplo o planejamento e tomada de decisões das atividades agrícolas, produção das culturas, gestão e manejo dos recursos hídricos, avaliações ambientais, além de outras.

A região da Zona da Mata do Estado de Pernambuco é conhecida como uma das mais produtoras de Banana do estado sendo responsável por cerca de 40% da produção (IBGE, 2015), tendo como principais produtores os municípios de Vicência, Quipapá, Amaraji, Palmares, São Vicente Férrer, Machados e Macaparana, este último produz nos dias atuais aproximadamente cerca de 9.600 t por ano, tendo uma área plantada em torno de 1200 ha (IBGE, 2016). Dessa forma estudar, quantificar e caracteriza o comportamento da precipitação no município de Macaparana se faz de grande importância, ajudando assim os produtores a terem mais informações para aplicar nos seus planejamentos e tomadas de decisões. Com isso o objetivo desse trabalho é, quantificar e caracteriza a precipitação pluviométrica no Município de Macaparana Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco entres os anos de 1976 à 2005 e avaliar de forma mensal essa variável.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Município de Macaparana, que fica localizado na Zona da Mata do Estado de Pernambuco (Latitude: 07° 33' 17" S; Longitude: 35° 27' 11" W; Altitude: 350 m). Foram coletado dados climatológicos mensais para o Município entre os anos de 1976 à 2006, totalizando 30 anos de dados. Essas informações foram obtidas junto ao site da Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC). Os dados obtidos foram processados utilizando uma plataforma em Excel, onde foram tiradas as médias mensais e os totais para cada ano durante todo o período neste Município, para os dias quem não foram encontrados valores de precipitação foi considerado o valor zero sendo feito assim o preenchimento das falhas que ocorreu

entorno de 5% dos dados. Também foram criados gráficos para o período em análise além da distribuição das chuvas ao longo dos meses de todo o ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em meio aos resultados obtidos nesse estudo (Figura 1), podemos verificar que o Município de Macaparana apresenta uma normal climatológica para esse período de 904,7 mm. Foi também possível verificar que em 13 dos 30 anos observados a precipitação alcançou valores superiores ao da norma climatológica para o mesmo período, tendo como os anos mais chuvosos 1977 com 1539,7 mm e 2004 com 1430,0 mm.

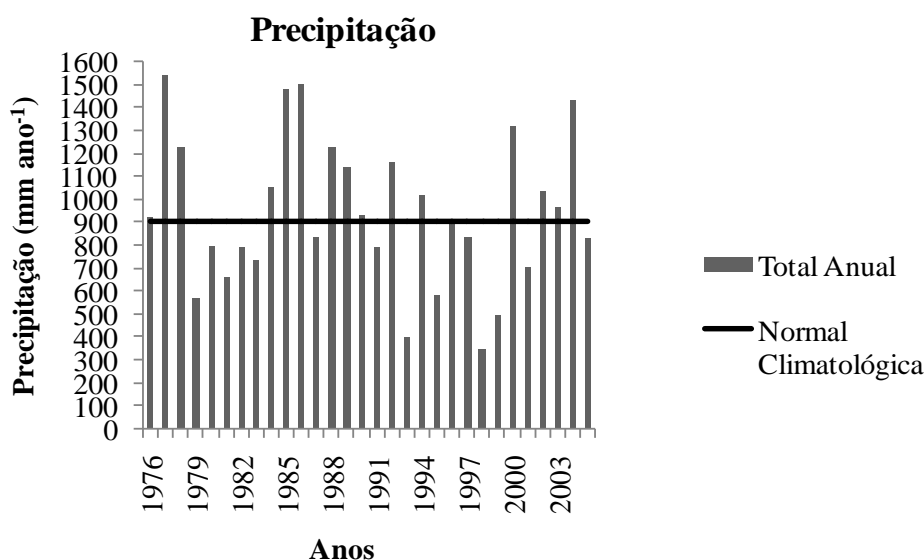


Figura 1. Comportamento da precipitação pluvial para o município de Macaparana – PE, entre os anos de 1976 e 2005.

Também foi possível identificar que os anos que apresentaram os menores valores de precipitação foi 1998 com 344,5 mm e 1993 com 400,5 mm. Essa grande variação nos valores de precipitação pode estar associada aos efeitos do El Niño e La Niña, que segundo Alves et al. (1997) exerce grande influência sobre o clima do Brasil, sendo a precipitação um dos elementos do clima mais modificados pela ocorrência deste fenômeno, aumentando ou diminuindo a altura pluviométrica.

Quando observado os resultados referentes aos meses do ano (Figura 2), que os meses entre Março e Agosto apresentam os maiores volumes precipitados, sendo correspondente a 70% da chuva ocorrida no Município.

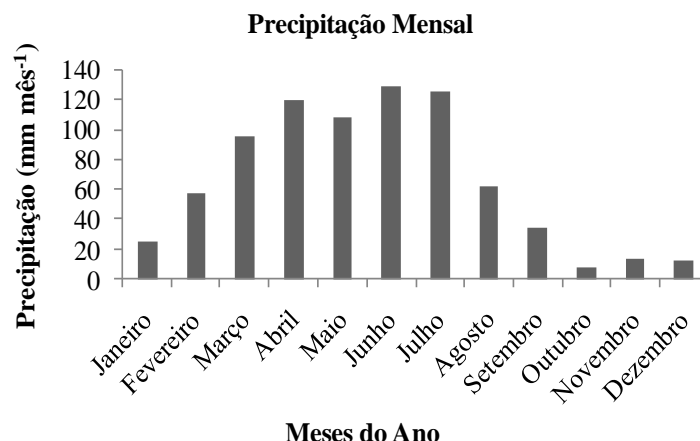


Figura 2. Comportamento da precipitação pluvial para o município de Macaparana – PE, entre os anos de 1976 e 2005.

Quando observado os meses que tivemos os menores valores precipitados, verificou-se que entre Setembro e Janeiro o município apresenta apenas 300 mm de chuva, sendo essa época de bastante risco para as atividades agrícolas desenvolvidas naquela localidade. É importante salientar que para essa época do ano é indispensável a utilização da irrigação de sobrevivência para culturas agrícolas de grande demanda hídrica, como é o caso da bananeira que é fortemente produzida no Município e tem um consumo médio anual de 1400 mm (FREITAS et al. 2015).

CONCLUSÕES

Dessa forma concluímos que, o município apresenta uma normal climatológica para o período em estudo, inferior as necessidades hídricas de algumas culturas como é o caso da bananeira, sendo necessária a utilização de irrigação suplementar principalmente no período entre Outubro e Janeiro que apresentam os menores valores precipitados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. A et al. PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MÉDIA MENSAL E ANUAL NAS REGIÕES POLÍTICO-ADMINISTRATIVAS DO BRASIL. 169-175p.

ALVES, M. B et al. Episódios de La Niña na bacia do oceano pacífico e equatorial e a distribuição sazonal e intrasazonal das chuvas no setor norte do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 12, n. 1, p.63-76, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cadastro Nacional de Empresas: 2011. Brasília, 2015.

FRITAS, S. W et al. Demanda de irrigação da cultura da banana na bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol. 12, n°4, 2008, p. 343+. AcademicOneFile, Accessed 27 Apr. 2017.

LANNA, A. E. **Elementos de Estatística e Probabilidades**. In: TUCCI, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.79 -176. 1997.

APLICAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO DE MICROCLIMA MONTANHOSO NO MUNICÍPIO DE CARNAUBEIRA DA PENHA – PE

José Francisco da Cruz Neto¹, Thalyta Soares dos Santos², Allan Rodrigues Silva³,
Jandis Ferreira Nunes de Araújo⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE
zenetto.agronomia@gmail.com

²Pesquisadora DCR/FACEPE/CNPq, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,

³Doutor em Ciências Climáticas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,

⁴Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: O objetivo desse trabalho é estimar e espacializar a temperatura média do ar para o município de Carnaubeira da Penha – PE, ao longo dos períodos secos e chuvosos nos anos de 2006 e 2012. O município de Carnaubeira da Penha fica localizado no sertão do semiárido pernambucano (Lat: - 8, 3126 S; Long: 38, 739 O; Alt: 456 m). Para entrada no modelo MTCLIM foram utilizados dados meteorológicos de radiação solar global (R_g , MJ m⁻² dia⁻¹), temperatura (t , °C) e déficit de pressão de vapor (DPV, kPa) pertencentes a estação meteorológica do município de Floresta (8°35'S; 38°34'W; 311m), essas informações foram coletadas na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Quando observado os resultados verificou-se, que a altitude é um fator determinante para a diminuição da Tmed, sendo os menores valores encontrados na região da Serra do Arapuá. Outra tendência foi os maiores valores de Tmed para o período chuvoso, isso é atribuído a maior incidência de Radiação solar global no período chuvoso. Dessa forma conclui-se que o MTCLIM pode ser uma ótima ferramenta na estimativa da Tmed do ar quando o problema for a ausência de dados meteorológicos. Sendo a região da serra do arapuá a que apresentou os menores valores de Tmed em todos os cenários observados e o período chuvoso e o ano de 2006 os que apresentou os maiores valores dessa variável.

PALAVRAS-CHAVE: Brejo de Altitude, Temperatura média do ar, MTCLIM.

APPLICATION OF THE SIMULATION MODEL OF MOUNTAIN MICROCLIMA IN THE MUNICIPALITY OF CARNAUBEIRA DA PENHA - PE

ABSTRACT: The objective of this work is to estimate and spatialize the average air temperature for the municipality of Carnaubeira da Penha - PE, during the dry and rainy periods in the years 2006 and 2012. The municipality of Carnaubeira da Penha is located in the semi-arid region of Pernambuco (Lat: - 8, 3126 S; Long: 38, 739 °; H: 456 m). In order to enter the MTCLIM model, meteorological data of global solar radiation (R_g , MJ m⁻² day⁻¹), temperature (t , ° C) and vapor pressure deficit (DPV, kPa) belonging to the meteorological station of the municipality of Forest (8 ° 35'S, 38 ° 34'W, 311m), this information was collected in the National Institute of Meteorology (INMET) database. When observed the results, it was verified that the altitude is a determining factor for the decrease of the Tmed, being the lowest values found in the Serra do Arapuá region. Another trend was the higher Tmed values for the rainy season, this is attributed to a higher incidence of global solar radiation in the rainy season. Thus, it is concluded that the MTCLIM can be a good tool in estimating Tmed air when the

problem is the absence of meteorological data. Since the region of the Arapuá mountain range presented the lowest values of Tmed in all the scenarios observed and the rainy season and the year 2006, those that presented the highest values of this variable.

KEY-WORDS: Altitude Breccia, Average Air Temperature, MTCLIM.

INTRODUÇÃO

O município de Carnaubeira da Penha fica localizado no semiárido brasileiro mais precisamente no sertão do estado de Pernambuco, abrangendo o brejo de altitude da Serra do Arapuá que, mesmo sendo uma reserva ecológica, trata-se de uma região onde se predomina o extrativismo vegetal, a criação de caprinos e de ovinos, e a agricultura que de toda forma, ainda, ocorre de forma familiar, contudo a base alimentar desse Município é produzida principalmente por esses agricultores.

Sabendo da importância desse ambiente na região semiárida, estudos relacionados às condições climáticas são de importância fundamental para o desenvolvimento social e agrícola desta localidade, tendo em vista que o clima é o fator primordial para o surgimento ou desaparecimento de várias espécies vegetais, animais, bem como o modo de viver de uma população. De toda forma um problema que dificulta esse tipo de estudo é a falta de informações climatológicas, muitas vezes por falta de estações meteorológicas ou por falhas nos dados. São muitos os estudos relacionados ao uso de modelos para estimativas dessas variáveis, (LOPES et al., 2013; SANTOS et al., 2010;), mostrando em seus trabalhos, que o uso de modelos para estimativa dessas variáveis é uma boa alternativa para se conhecer melhor o comportamento climático de uma região, tendo em vista a falta de dados e a dificuldade de se ter estações meteorológicas instaladas em algumas localidades.

Mas quando se trata de modelos matemáticos para estimativa de dados meteorológicos em regiões de topografia acentuada o mais conhecido é o MTCLIM (Mountain Microclimate Simulation Model). O MTCLIM é composto por dois domínios climatológicos: a climatologia topográfica, que extrapola as condições meteorológicas para o local de estudo; e a climatologia diurna, que extrapola variáveis meteorológicas adicionais aos dados de entrada (SOUZA, 2010).

Dessa forma o objetivo desse trabalho é estimar e espacializar a temperatura média do ar para o município de Carnaubeira da Penha – PE, ao longo dos períodos secos e chuvosos nos anos de 2006 e 2012.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Carnaubeira da Penha fica localizado no sertão do semiárido pernambucano (Latitude: - 8, 3126 S; Longitude: 38, 739 O; Altitude: 456m), na mesorregião do São Francisco, pertencendo a microrregião de Itaparica, distante da Capital aproximadamente a 500 km. O clima tropical é semiárido, com chuvas de verão.

O modelo a ser utilizado será a versão mais atual do programa que é MTCLIM 4.3 e está acessível gratuitamente na internet e poderá ser descarregado através do seguinte link: <http://www.ntsug.umt.edu/bioclimatology/mtclim/>.

Para entrada no modelo MTCLIM foram utilizados dados meteorológicos de radiação solar global (Rg, MJ m⁻² dia⁻¹), temperatura (t, °C) e déficit de pressão de vapor (DPV, kPa) pertencentes a estação meteorológica do município de Floresta (8°35'S; 38°34'W; 311m), essas informações foram coletadas na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A extrapolação da Temperatura média do ar (Tmed) para toda região em estudo foi feita utilizando 80 pontos que escolhidos de forma aleatoriamente. Por meio de uma interpolação (Inverso do quadrado da distância) os dados foram especializados e criados os mapas para os períodos secos média dos meses (agosto, setembro e outubro) e chuvosos média dos meses (fevereiro, março e abril) dos anos 2012 e 2006 utilizando o programa Surfer versão 9.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando verificado os resultados desse estudo (Figura 1), observa-se que o período seco apresenta os menores valores de Tmed essa tendência foi verificada para os dois anos. Essa mesma tendência foi verificada por diversos estudos quando avaliados a variação temporal da Tmed, como observado por (SORIANO, 1997; GOMES et al., 2005) para diversas regiões do país, sendo atribuído nesse caso a menor incidência de radiação solar global. Nesse mesmo período verificou-se que a variação da Tmed foi entre (26, 38°C) e (30, 40°C) para o período seco de 2006 e no ano de 2012 foi (19, 35°C) e (29, 65°C), sendo possível identificar com mais clareza a tendência que os mapas já indicam que o ano de 2006 apresentou os maiores valores de Tmed.

Outro fator verificado foi o aumento da altitude que influencia diretamente a diminuição da Tmed, sendo encontrado os menores valores no topo da Serra do Arapuá. Em todos os casos ocorreu uma diminuição da Tmed com o aumento do relevo. Segundo Fritzsons *et al.* (2008), a temperatura do ar decresce com a elevação dentro da troposfera numa proporção de aproximadamente $-0,65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (gradiente adiabático do ar seco).

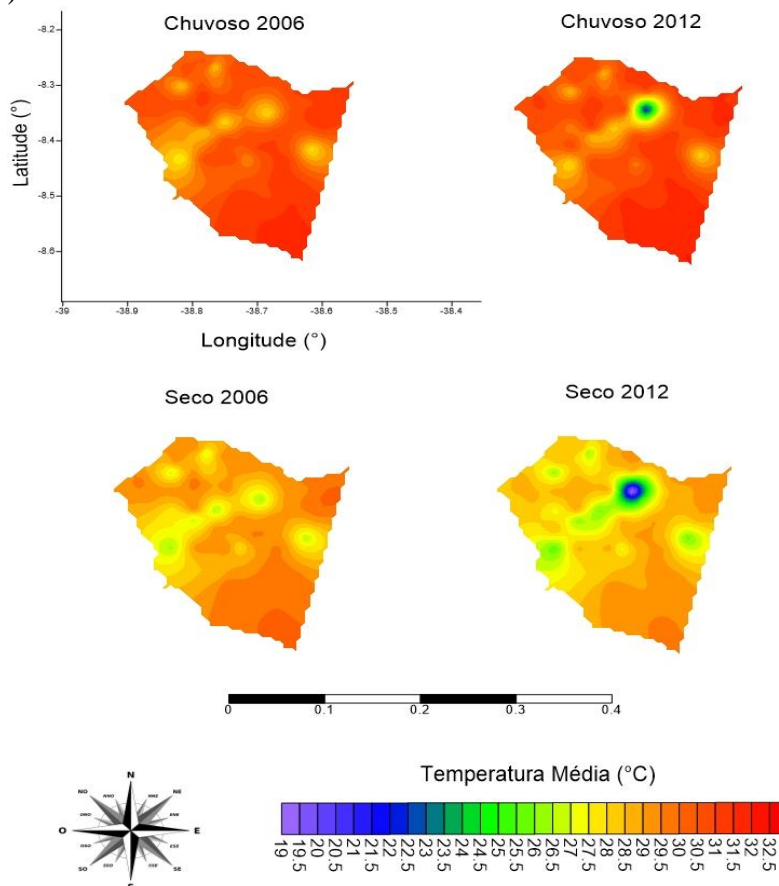


Figura 1. Espacialização da temperatura média do ar, estimada utilizando o MTCLIM para os períodos secos e chuvosos dos anos 2012 e 2006 em Carnaubeira da Penha –

PE.

Quando verificado os resultados para os períodos chuvosos nesse município (Figura 1), encontra-se maiores valores de Tmed variando em 2006 entre (27, 54°C) e (31, 71°C), para 2012 (22, 35°C) e (32, 00°C). Esses maiores valores de Tmed, são atribuídos a maior incidência da Radiação solar global desse período, mesmo apresentando um maior volume de chuva o ambiente tende a se tornar mais quente.

É importante salientar que por conta dessa maior disponibilidade hídrica e maior valores de Tmed a Evapotranspiração de Referencia (ETo) seja maior também nessa época. Gomes *et al.* (2005), estudando a variação da Eto para o estado do Piauí, verificaram essa tendência de maior ETo em épocas que a Tmed apresenta seus maiores valores, enfatizando também, que para o presente estudo, as regiões mais elevadas tendem a sofrer menos com esse fenômeno.

CONCLUSÕES

Dessa forma conclui-se que o MTCLIM pode ser uma ótima ferramenta na estimativa da Tmed do ar quando o problema for a ausência de dados meteorológicos. Sendo a região da serra do arapuá a que apresentou os menores valores de Tmed em todos os cenários observados e o período chuvoso e o ano de 2006 os que apresentou os maiores valores dessa variável.

REFERÊNCIAS

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do paraná. **Revista de estudos ambientais** v.10, n. 1, p. 49-64, jan./jun. 2008.

GOMES, A. A. N.; JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. M. Evapotranspira o de referência mensal para Estado do Pia . **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.560-564, 2005 Campina Grande, PB, DEAg/UFCG.

LOPES, P. M. O.; VALERIANO, D. M.; SILVA, B. B. MOURA, G. B. A.; SILVA, A. O. Simula o do saldo de radia o na Serra da Mantiqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.780-789, 2013.

SORIANO, B. M. A. Caracteriza o climática de Corumbá-MS. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1997. 25p. (EMBRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 11).

SOUSA, F. M. C. P. Extrapol o de Dados Meteorológicos: Com Recurso ao Modelo MTCLIM. 2010.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO MUNICÍPIO DE PALMARES – PERNAMBUCO

José Francisco da Cruz Neto¹, Thalyta Soares dos Santos², Allan Rodrigues Silva³,
Gabriel Ítalo Novaes da Silva⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE
zenetto.agronomia@gmail.com

²Pesquisadora DCR/FACEPE/CNPq, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,

³Doutor em Ciências Climáticas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,

⁴Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: O objetivo desse trabalho é quantificar a ETo para o município de Palmares – PE no ano de 2012 utilizando o método Hargreaves & Samani (HS) e comparar com o método padrão FAO Penman-Monteith (PM). No município de Palmares localizado na Zona da Mata Sul, é fundamental estudos relacionados a ETo, uma vez que, nessa localidade acontece o encontro dos rios Pirangi e Una. Os modelos utilizados foram PM e HS, esse último foi escolhido pela praticidade de determinação da ETo que utiliza apenas dados referentes a Temperatura do ar (°C), sendo bem mais fácil medir que outras variáveis como Rg. A estimativa da ETo pelo método HS superestima os resultados da ETo PM, ao longo de todos os meses do ano. Essa superestimativa ficou em torno de 1, 3 mm em média. Quando foi observado o resultado do coeficiente de determinação (R^2) foi de 0, 64 ou 64% dos valores estimados pelo modelo HS correspondem ao PM. A deficiência desse modelo pode esta relacionado a proximidade do oceano que por influencia das massas de ar influenciarem muito no clima local. Dessa forma concluímos que, o modelo HS apresentou uma tendência de superestimar os valores estimados por PM, de toda forma sendo capaz de informar a população local e produtores como se comporta a ETo desse município, uma vez que a tendência entre as estimativas são as mesmas.

PALAVRAS-CHAVE: Hargreaves & Samani, Penman-Monteith (FAO 56), Irrigação.

EVAPOTRANSPIRATION OF REFERENCE IN THE MUNICIPALITY OF PALMARES – PERNAMBUCO

ABSTRACT: The objective of this work is to quantify the ETo for the municipality of Palmares - PE in the year 2012 using the Hargreaves & Samani (HS) method and compare it with the FAO Penman-Monteith (PM) standard method. In the municipality of Palmares, located in the Zona da Mata Sul, studies related to ETo are fundamental, since in this locality the Pirangi and Una rivers meet. The models used were PM and HS, the latter was chosen for the practicality of ETo determination, which only uses data referring to Air temperature (° C), being much easier to measure than other variables such as Rg. The estimation of the ETo by the HS method overestimates the results of the ETo PM, throughout all months of the year. This overestimate was around 1, 3 mm on average. When the result of the determination coefficient (R^2) was observed, it was 0, 64 or 64% of the values estimated by the HS model correspond to PM. The deficiency of this model can be related to the proximity of the ocean that influenced by the masses of air influence much in the local climate. In this way, we conclude that the HS model showed a tendency to overestimate the values estimated by PM, in any way being able to inform the local population and producers how the ETo of this municipality behaves, since the trend between the estimates is the same.

KEY-WORDS: Hargreaves & Samani, Penman-Monteith (FAO 56), Irrigation.

INTRODUÇÃO

Originalmente a evapotranspiração de referência (ET_o), é introduzida sob o termo evapotranspiração potencial (ET_p). Para sua quantificação existem diversos métodos para a estimativa, desde aqueles mais simples, com base puramente empírica, até aqueles que apresentam embasamento físico consistente sobre o fenômeno (CARVALHO et al., 2011). Onde podemos citar como métodos empíricos (ALLEN et al. 1998), de toda forma entre muitos métodos que existe o que é considerado padrão é o Penman-Monteith (FAO 56). De toda forma para esse método uma grande quantidade de variáveis para a estimativa da ET_o, sendo mais viável a utilização de outros métodos como Hargreaves & Samani (1985) que levam em consideração apenas a Temperatura média do ar.

No município de Palmares localizado na Zona da Mata Sul, é fundamental estudos relacionados a ET_o, uma vez que, nessa localidade que acontece o encontro dos rios Pirangi e Uma. O rio Una além de abastecer a cidade servir de escoamento de resíduos de efluentes tem uma importância econômica para a cidade, pois também é utilizado para irrigação de plantações ao longo do seu curso, sendo assim indispensável para o conhecimento do balanço hídrico da região. Além do mais, nesse município também fica localizado a estação experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), onde são desenvolvidas diversas pesquisas em muitas áreas das ciências agrárias, inclusive irrigação que é influenciada diretamente pela ET_o.

Dessa forma, quantificar a ET_o utilizando métodos que necessitem de um menor número de variável é de fundamental importância para o município que dispõe de poucas informações climáticas. Assim o objetivo desse trabalho é quantificar a ET_o para o município de Palmares – PE no ano de 2012 utilizando o método Hargreaves & Samani (HS) e comparar com o método padrão da FAO Penman-Monteith (PM).

MATERIAL E MÉTODOS

A cidade dos Palmares está localizada a 118 km da Capital do estado, na Zona da Mata Sul, com população estimada em 56.643 habitantes e com área total de 339 km² (Latitude: -8, 68° S; Longitude: -35, 59 O e Altitude: 85 m). O clima da região é predominante quente e úmido, com chuvas de inverno e temperaturas que variam entre 18°C e 32°C. Os dados meteorológicos referentes a esse municípios foram coletados junto a plataforma de coleta de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As variáveis analisadas e utilizadas nos modelos forma Temperatura média do ar (T_{med} °C), Velocidade do vento (V_v m.s⁻²), Radiação solar global (R_g MJ m² dia⁻¹) e Umidade relativa do ar (U %). Os modelos utilizados foram Penman-Monteith (FAO 56) e Hargreaves & Samani, esse último foi escolhido pela praticidade de determinação da ET_o que utiliza apenas dados referentes a T_{med}, sendo bem mais fácil medir que outras variáveis como R_g. Foram determinados valores de ET_o mensal para todos meses do ano de 2012. Os dados estimados utilizado o modelo HS foram correlacionados com os medidos pela análise de regressão, considerando o Erro médio (EM), Erro médio absoluto (EMA) e Índice de correlação de Willmott (1981). Também foram criados gráficos para verificação da estimativa dos dados pelos dois modelos, além de uma regressão linear para estimativa do coeficiente de determinação (R²).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando verificado os resultados desse estudo (Figura 1), observou-se que a estimativa da ETo pelo método HS superestima os resultados da ETo PM, ao longo de todos os meses do ano. Essa superestimativa ficou em torno de 1, 3 mm em média. De toda forma para os métodos que utilizam apenas a Tmed do ar o modelo de HS é o mais indicado (Sentelhas et al. 2010).

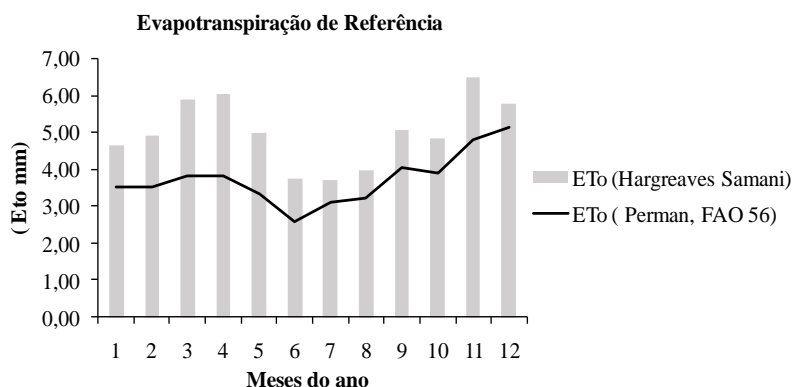


Figura 1. Estimativa da Evapotranspiração de Referência para o ano de 2012 utilizando os modelos Penman-Monteith (FAO 56) e Hargreaves Samani, no município de Palmares – PE.

Quando foi observado o resultado do coeficiente de determinação (R^2) foi de 0, 64 ou 64% dos valores estimados pelo modelo HS correspondem ao PM. De toda forma como forma de conhecimento e de informações relacionadas a ETo o modelo pode ser utilizado, não como único mais como caminho para se ter uma idéia de como se comporta a ETo dessa região. Valores parecidos aos encontrados nesse estudo foram encontrado por Barros et al. (2009), verificando a ETo por diversos métodos em comparação com PM, isso mostra que regiões próximas ao oceano pode sofrer problemas com a estimativa da ETo pelo método de HS

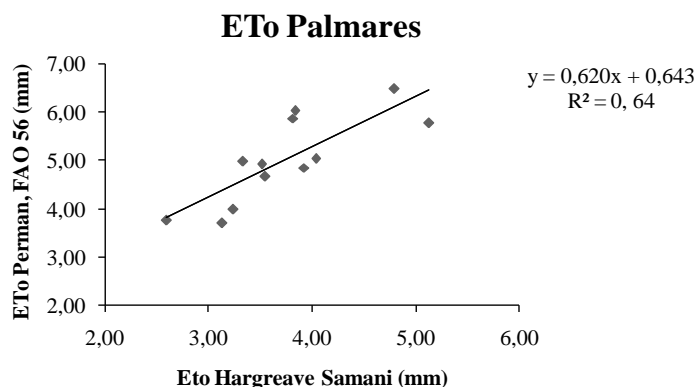


Figura 2. Correlação entre os valores de Evapotranspiração de Referência para o ano de 2012 utilizando os modelos Penman-Monteith (FAO 56) e Hargreaves Samani, no município de Palmares – PE.

Contudo a falta de informações e muitas vezes o auto custo de implantação de uma estação meteorológica completa numa localidade viabilizam a utilização do modelo HS, que com poucas informações pode sim proporcionar um conhecimento básico sobre a ETo de uma localidade.

CONCLUSÕES

O modelo HS apresentou uma tendência de superestimar os valores estimados por PM, de toda forma sendo capaz de informar a população local e produtores como se comporta a ETo desse município, uma vez que a tendência entre as estimativas são as mesmas.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and drainage paper, 56).

BARROS, V. R. et al. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 2, p. 198-203, abr./jun. 2009.

CARVALHO, L. G. ET et al. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**., Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, jul./set. 2011.

Hargreaves, G. H.; Samani, Z. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature, Chicago: **American Society Agricultural Engineering Meeting**, 1985 (Paper 85-2517).

EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM POMAR DE MANGUEIRAS DURANTE O PERÍODO REPRODUTIVO NO NORDESTE PARAENSE

Daniely Florência Silva de Souza¹, Juliana Chagas Rodrigues², Adriano Marlisom Leão de Sousa³

¹ Mestranda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Laboratório de Agrometeorologia, Belém, PA, E-mail: daniely.souza@ufra.edu.br; ² Doutoranda em Ciências – Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Laboratório de Agrometeorologia, Piracicaba, SP, E-mail: rodriguesjc@usp.br; ³ Docente, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Belém, PA, E-mail: adriano.souza@ufra.edu.br.

RESUMO: Os fatores ambientais influenciam a produção das mangueiras, sendo a água um dos fatores limitantes ao rendimento da planta. Este estudo teve como objetivo estimar a evapotranspiração através da razão de Bowen durante os estádios fenológicos do período reprodutivo em um pomar de mangueiras ‘Tommy Atkins’, no Nordeste do Estado do Pará. O estudo foi conduzido no município de Salinópolis, no Pará, no período de 26 de agosto a 24 de novembro de 2015, em um pomar de mangueiras var. Tommy Atkins. O período reprodutivo abrangeu os estádios de floração, desenvolvimento e maturação de frutos. A evapotranspiração foi estimada pela razão de Bowen. Os valores da razão de Bowen variaram entre 0,15 e 0,36. O consumo hídrico das mangueiras no período reprodutivo foi maior no estágio de desenvolvimento de frutos e menor na maturação de frutos. A evapotranspiração atual da cultura total foi de 115,40 mm e distinta em cada estágio fenológico.

PALAVRAS-CHAVE: consumo hídrico, *Mangifera indica* L., Tommy Atkins.

Evapotranspiration in mango orchards during the reproductive period in Northeast of Pará

ABSTRACT: Environmental factors influencing the production of mango trees, the water being a limiting factor to the performance of the plant. The objective of this study was to estimate evapotranspiration through Bowen’s ratio during the reproductive period in a Tommy Atkins mango orchard in the Northeast of the State of Pará. The study was conducted in the city of Salinópolis, Pará, from 26 August to 24 November 2015 in a mango orchard var. Tommy Atkins. The reproductive period covered the stages of flowering, fruit development and maturation. Evapotranspiration was estimated by Bowen’s ratio. The Bowen ratio varied between 0.15 and 0.36. The water consumption of the mango trees in the reproductive period was higher at the stage of development of fruits and lower in the maturation of fruits. The actual evapotranspiration of the total crop was 115.40 mm and distinct at each phenological stage.

KEY-WORDS: water consumption, *Mangifera indica* L., Tommy Atkins.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores de manga do mundo. Entretanto, sua produção é destinada, principalmente, ao mercado interno, sobretudo para o consumo *in natura* e para o processamento de polpas e sucos (FAO, 2013; IBGE, 2015).

Os fatores ambientais influenciam na produção da mangueira. Portanto, o conhecimento das necessidades hídricas é indispensável para o sucesso na implantação e manutenção dos pomares, pois a água é um dos fatores limitantes ao rendimento da planta (TEIXEIRA et al., 2010).

A necessidade hídrica da mangueira varia conforme seus estádios fenológicos, apresentando consumo hídrico baixo no período vegetativo e aumentando no período reprodutivo, desde o florescimento até a frutificação; sendo que o período que abrange o crescimento e o desenvolvimento dos frutos é considerado o momento mais crítico para a planta, uma vez que o déficit hídrico pode comprometer seriamente o rendimento da cultura (COELHO et al., 2002), em escala local.

Por isso, este estudo teve como objetivo estimar a evapotranspiração através da razão de Bowen durante os estádios fenológicos do período reprodutivo em um pomar de mangueiras ‘Tommy Atkins’, no nordeste do Estado do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Salinópolis, nordeste do estado do Pará. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 2013) e o clima, segundo Köppen, como “Am” (ALVARES et al., 2013).

A área de estudo foi constituída por um pomar de mangueiras var. Tommy Atkins, implantado em 1993, com área total de 25 ha, possuindo espaçamento de 10 x 10 m, totalizando 100 plantas ha⁻¹, e cultivados em sistema não irrigado.

No centro do pomar foi delimitada uma parcela experimental de um hectare, onde foram monitoradas as variáveis meteorológicas e a fenologia no período reprodutivo das mangueiras. A fenologia foi adaptada de Rodrigues et al. (2013), abrangendo a floração, o desenvolvimento (união da queda e formação de frutos) e a maturação dos frutos. As coletas foram realizadas no período de 26/08 a 24/11/2015.

No centro da parcela foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica com 10 m de altura. A bordadura utilizada foi superior a razão 1:100 na direção predominante dos ventos (ROSENBERG et al., 1983). Os sensores foram conectados a um datalogger (CR1000, Campbell Scientific), os quais realizavam leituras a cada 10 segundos e a gravação das médias e totais a cada 10 minutos.

A temperatura e umidade do ar foram monitoradas por dois termohigrômetros (HMP155A, Vaisala), instalados a 0,5 m e 2,0 m acima da copa das mangueiras. A altura destes sensores foi alterada com o crescimento da cultura, mantendo intervalo do perfil vertical, garantindo a permanência deles dentro da camada limite de equilíbrio.

Devido a problemas nos sensores de saldo de radiação e fluxo de calor para o solo, estas variáveis tiveram que ser obtidas de forma alternativa.

A evapotranspiração atual da cultura (ETa), dada em mm, foi obtida utilizando apenas valores positivos do fluxo de calor latente (LE) entre a superfície e a atmosfera, convertidos em lâmina equivalente, compreendendo ao período diurno ($R_n - G > 0$), e ao intervalo de 06h e 18h: $ETa = LE/\lambda$ (1), em que LE é a energia consumida na evapotranspiração (MJ m⁻² dia⁻¹) no intervalo de tempo estabelecido, e λ é o calor latente de evaporação (MJ m⁻² dia⁻¹). Os valores diários foram estimados pelo somatório da ETa.

O fluxo de calor latente foi estimado através do balanço de energia conforme descrito por Souza et al. (2012), por meio da equação: $R_n = LE + H + G$ (2), onde R_n é a radiação líquida ou saldo de radiação, H é o fluxo de calor sensível e G é o fluxo de calor para o solo, todas as variáveis são dadas em MJ m⁻² dia⁻¹.

A razão de Bowen (β) foi obtida de acordo com Arya (2001): $\beta = H/LE = \gamma(\Delta T/\Delta e)$ (3), onde γ é o coeficiente psicrométrico (mbar °C), ΔT e Δe são as variações de temperatura média do ar (°C) e de pressão (mbar) de vapor d'água entre dois níveis consecutivos, respectivamente. A razão de Bowen passou por controle de qualidade, atendendo aos critérios adotados pela metodologia de Perez et al. (1999).

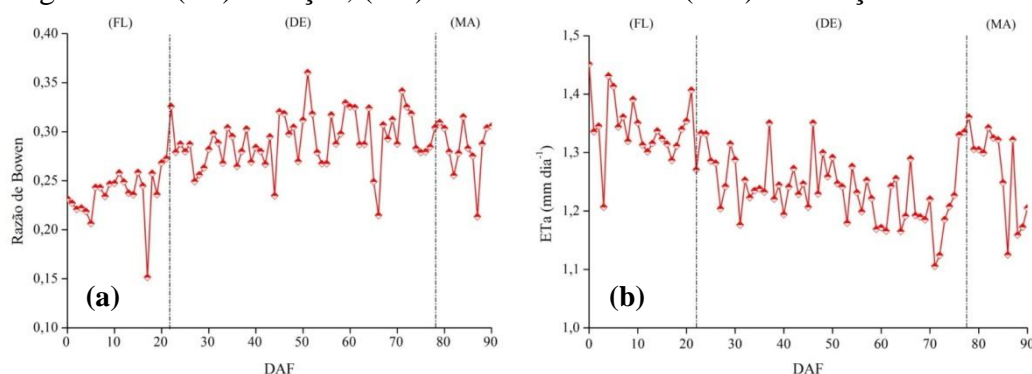
O fluxo de calor latente foi obtido por meio da β pela equação: $LE = Rn - G/(1 + \beta)$ (4), e o H, como resíduo da Equação 2 citada anteriormente.

A análise estatística da β e da ETa foi feita utilizando estatística descritiva das amostras, por meio das médias e erros padrão da média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de β média para todo o período reprodutivo foi de $0,28 \pm 0,00$ (Figura 1a), variando entre 0,15 e 0,36; comuns a regiões úmidas (ANGUS; WATTS, 1984). Os valores médios de β durante os estádios fenológicos foram de $0,24 \pm 0,01$ para floração, $0,29 \pm 0,00$ para o desenvolvimento e $0,29 \pm 0,01$ para maturação dos frutos.

Figura 1. Variabilidade da razão de Bowen (a) e da evapotranspiração atual da cultura (ETa) (b) no período diurno, para a safra 2015/2016, em função dos dias após a floração (DAF), em um pomar de mangueiras var. Tommy Atkins, Salinópolis, Pará. Os estádios fenológicos são: (FL) floração, (DE) desenvolvimento e (MA) maturação de frutos.



Durante a safra 2015/2016, a disponibilidade energética (R_n) máxima foi $210,76 \text{ W m}^{-2}$, valor considerado baixo, conforme a classificação de Azevedo et al. (2003). Segundo os autores, quando o saldo de radiação é inferior a 250 W m^{-2} , há pouca disponibilidade energética para a realização de processos biofísicos, como aquecimento do ar e do solo e para a realização da evapotranspiração; este fato explica os baixos valores de β obtidos neste estudo. Azevedo et al. (2003), em pomar de mangueiras var. Tommy Atkins irrigado, em Petrolina, Pernambuco, encontraram resultados próximos aos desta pesquisa, 0,22 e 0,14, em dias de baixa disponibilidade energética.

A evapotranspiração atual da cultura durante todo o ciclo reprodutivo foi, em média, de $1,27 \pm 0,01 \text{ mm dia}^{-1}$ e total de 115,40 mm. A evapotranspiração atual da cultura média e acumulada para cada fase foi de $1,34 \pm 0,01 \text{ mm dia}^{-1}$ e 29,56 mm na floração; $1,23 \pm 0,01 \text{ mm dia}^{-1}$ e 66,69 mm no desenvolvimento; e $1,28 \pm 0,02 \text{ mm dia}^{-1}$ e 19,16 mm na maturação.

A evapotranspiração obtida neste estudo para os estádios fenológicos foi inferior aos resultados encontrados em pesquisa realizada neste mesmo pomar por Souza et al. (2016), com média das safras 2010/2011 e 2011/2012, para o período reprodutivo de $3,8 \text{ mm dia}^{-1}$; e para as fases de floração de $3,8 \text{ mm dia}^{-1}$; queda de frutos de $4,3 \text{ mm dia}^{-1}$; formação de frutos de $3,7 \text{ mm dia}^{-1}$, e maturação de frutos de $3,0 \text{ mm dia}^{-1}$. Os menores

valores de evapotranspiração atual da cultura obtidos neste estudo podem estar relacionados a ocorrência do fenômeno oceano-atmosfera El Niño na região durante esta safra, este fenômeno promove a redução das chuvas na Amazônia (JIMENÉZ-MUNHOZ et al., 2016), portanto, limitando a disponibilidade hídrica para o solo e proporcionando a redução na evapotranspiração da cultura; durante esta safra não houve chuvas.

O período desde a floração até o desenvolvimento de frutos apresentou pouca variação em relação à evapotranspiração, entre 1,11 mm dia⁻¹ (desenvolvimento) e 1,45 mm dia⁻¹ (floração), na safra 2015/2016 (Figura 1b), devido a maior estabilidade atmosférica associada à falta de chuvas no período estudado.

Em outros estudos com a mesma variedade de manga (Tommy Atkins), realizados em Petrolina, Pernambuco, em cultivo irrigado, e obtendo a evapotranspiração atual da cultura por meio da razão de Bowen foram encontraram valores superiores aos obtidos nesta pesquisa, em média, para todo o ciclo, 4,0 mm dia⁻¹; e para as fases de floração, 3,8 mm dia⁻¹; queda de frutos, 3,8 mm dia⁻¹; formação de frutos, 4,0 mm dia⁻¹; e maturação dos frutos, 3,9 mm dia⁻¹ (AZEVEDO et al., 2003; TEIXEIRA et al., 2008). Devido estes estudos terem sido desenvolvidos em diferentes condições ambientais desta pesquisa, como maior disponibilidade energética e o manejo da irrigação, estes fatores podem ter proporcionado o aumento da evapotranspiração da cultura.

CONCLUSÕES

O consumo hídrico da cultura da mangueira no período reprodutivo foi maior no estágio de desenvolvimento de frutos e menor no estágio de maturação de frutos. A evapotranspiração atual da cultura total foi de 115,40 mm e distinta em cada estágio fenológico.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa ao primeiro e segundo autores; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climat e classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANGUS, D. E.; WATTS, P. J. Evapotranspiration – How good is the Bowen ratio method? *Agricultural Water Management*, Amsterdã, v. 8, p. 133-150, 1984.
- ARYA, S. P. *Introduction to Micrometeorology*. Nova Iorque: Academic Press, 2001. 420 p.
- AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. *Agricultural Water Management*, Amsterdã, v. 58, p. 241-254, 2003.
- COELHO, E. F. et al. Irrigação. In: GENUÍ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. (Ed.) *A cultura da mangueira*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 165-189.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAOSTAT*. 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: dezembro de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2015**. v. 42, Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 57 p.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. et al. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016. **Scientific Reports**, Londres, v. 6, n. 33130, p. 1-7, 2016.

PEREZ, P. J. et al. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdã, v. 97, p. 141-150, 1999.

RODRIGUES, J. C.; SOUZA, P. J. O. P.; LIMA, R. T. Estimativa de temperaturas basais e exigência térmica em mangueiras no nordeste do estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 143-150, 2013.

ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate**: The biological environment. 2 ed. Nova Iorque: John Wiley, 1983. 495 p.

SOUZA, P. J. O. P. et al. Sazonalidade no balanço de energia em áreas de cultivo de soja na Amazônia. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 548-557, 2012.

SOUZA, P. J. O. P. et al. Water requirement estimate for the reproductive period of mango orchards in the northeast of the state of Pará, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 3, e-311, 2016.

TEIXEIRA, A. H. C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated crops and natural vegetation in the São Francisco River Basin (Brazil) using remote sensing and Penman-Monteith equation. **Remote Sensing**, Basel, v. 2, n.5, p. 1287-1319, 2010.

TEIXEIRA, A. H. C. et al. Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdã, v. 148, p. 1524-1537, 2008.

DETERMINING OPTIMUM PLANTING DATE FOR GLADIOLUS IN SOUTHERN BRAZIL USING A CROP MODEL

Camila Coelho Becker^{1*}, Lilian Osmani Uhlmann^{2*}, Waleska Bolson Silveira^{3*}, Bruna San Martin Rolim Ribeiro^{4*}, Nereu Augusto Streck^{5*}

¹Aluna de Doutorado no PPG Engenharia Agrícola, E-mail: camilabecker07@hotmail.com ² Aluna de Doutorado no PPG Agronomia, E-mail: uhlmannlilian@gmail.com ³ Aluna de graduação em Zootecnia, E-mail: waleskabsilveira@gmail.com ⁴ Aluna de graduação em Agronomia, E-mail: brunasanmartinrolim@gmail.com ⁵ Orientador: Professor Associado, E-mail: nstreck2@yahoo.com.br

*Universidade Federal de Santa Maria, Depto de Fitotecnia, Santa Maria, Rio Grande do Sul

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the optimum planting date of gladiola considering the El Niño Southern Oscillation (ENSO) effect in order to harvest spikes for selling them on All Souls' Day in the Rio Grande do Sul State, Brazil, using a dynamic crop model. The PhenoGlad model was used for simulates the development stages of gladiola. Daily minimum and maximum temperature of 55 years (1961-2015) from eighteen weather stations across the Rio Grande do Sul State, Brazil, were used as input data in the model. Once optimum planting date was simulated for each maturation group and weather station, with all years, the planting date was averaged for each ENSO phases to access the ENSO effect on the optimum planting date of gladiola. We have identified that the phenomenon ENSO affects the development of the gladiola due to the interannual air temperature variability. Therefore, the optimum planting date was determined separately for the different ENSO phases (Very Strong El Niño, El Niño, La Niña and Neutral years). The planting date should be delayed in Very Strong El Niño years and, anticipated in La Niña years. This information is important to assist the producer in scheduling the production of this cut flower, reducing the chances that the harvesting point will occur before or after the target date.

KEY-WORDS: scheduling flowering; ENSO, PhenoGlad.

DATA ÓTIMA DE PLANTIO DE GLADIÓLO NO RIO GRANDE DO SUL USANDO UM MODELO AGRÍCOLA

RESUMO: O objetivo desse estudo foi determinar a data ótima de plantio de gladiólo considerando o efeito do El Niño Oscilação Sul (ENOS) visando colheita das espigas para comercialização no Dia de Finados no Rio Grande do Sul, Brasil, usando um modelo agrícola. O modelo PhenoGlad foi usado para simular os estágios de desenvolvimento do gladiólo. Temperatura mínima e máxima diária do ar de 55 anos (1961-2015) de 18 estações convencionais do Rio Grande do Sul, foram usados como dados de entrada no modelo. Uma vez que a data ótima de plantio foi simulada para cada grupo de maturação e estação meteorológica, com todos os anos, foi realizada a média da data de plantio para cada fase do ENOS para acessar o efeito do ENOS na data ótima de plantio de gladiólo. Nós identificamos que o fenômeno ENOS afeta o desenvolvimento do gladiólo devido a variabilidade interanual da temperatura do ar. Por isso, a data ótima de plantio foi determinada separadamente para as diferentes fases do ENOS (El Niño Muito Forte, El Niño, La Niña e anos Neutros). A data de plantio precisa ser atrasada em anos de El Niño Muito Forte e, antecipada em anos de La Niña. Essa informação é importante para auxiliar o produtor no agendamento da produção

dessa flor de corte, reduzindo as chances de que o ponto de colheita ocorra antes ou após a data alvo.

PALAVRAS-CHAVE: agendamento do florescimento, ENOS, PhenoGlad.

INTRODUCTION

An important feature of Brazilian flower market is an irregular consumption of flowers throughout the year, with peaks on festive days like All Souls' Day. Gladiola is a cut flower propagated from corms, and the marketable flower is a spike-type inflorescence, which composed of several florets (SCHWAB et al., 2015). Florets open in sequence acropetally, even after harvest (DWIVEDI et al., 2016). Therefore, knowing the optimum planting date is crucial for the success of harvesting gladiola spikes at the right time before specific holidays.

Growing conditions change from year to year and in Southern Brazil, the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is a major cause of interannual variability on rainfall and temperature (GRIMM; BARROS; DOYLE, 2000; BARROS; GRIMM; DOYLE, 2002; GRIMM, 2003). Crop simulation models are important tools for assisting farmers in planning their planting schedule, yield forecast, policy analysis and management (GARY; JONES; TCHAMITCHIAN, 1998) and can be used in order to schedule planting dates and to predict flowering time based on historical daily weather data (CHEN; FUNNELL; MORGAN, 2010).

Recently, a phenological model for gladiola was proposed (UHLMANN et al., 2017), and in this model gladiola development is driven by air temperature. The objective of this study was to determine the optimum planting date of gladiola considering the ENSO effect in order to harvest spikes for selling them on All Souls' Day in the Rio Grande do Sul State, Brazil, using a dynamic crop model.

MATERIAL AND METHODS

This study was performed for the State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. Daily minimum and maximum air temperature of 55 years (1961-2015) from eighteen weather stations of the Brazilian National Weather Service (INMET), distributed across the State were used in this study. The PhenoGlad model (UHLMANN et al., 2017) was used to simulate the development of gladiola. In PhenoGlad, phenology is simulated starting at planting. The developmental stage (DVS) is calculated by accumulating the daily developmental rate values, using daily mean air temperature, with the approach by Wang and Engel (1998).

The PhenoGlad model was run for four maturation groups of gladiola (Early, Intermediate I, Intermediate II and Late) and for each year of historical weather data. The optimum planting date was considered the simulated day when the harvest point, which corresponds to the R2 stage of the Schwab et al. (2015) scale, was achieved three days before the All Souls' Day (2 November) holiday.

Each year of historical weather data was classified in an ENSO phase (Very Strong El Niño, El Niño, La Niña or Neutral), according to the Oceanic Niño Index (ONI) anomaly averaged in the Niño 3.4 region. Once planting date were simulated for each maturation group and location, with all years, the planting date were averaged for each ENSO phase to assess the ENSO effect on the optimum planting date of gladiola. Maps with the best planting dates of each county of the Rio Grande do Sul State were developed using the software Quantum GIS (QGIS), the interpolation method was

based on Inverse Distance Weighting (IDW), after this, the counties were grouped into classes with five days period as the best planting date.

RESULTS AND DISCUSSION

The optimum planting date for Early maturation group varied from 22 July to 15 August in Very Strong El Niño, from 10 July to 11 August in El Niño, from 30 June to 18 August in La Niña years and from 08 July to 16 August in Neutral years (Figure 1). For Late maturation group, the optimum planting date varied from 22 June to 26 July in Very Strong El Niño, from 08 June to 27 July in El Niño, from 03 June to 22 July in La Niña years and from 06 June to 20 July in Neutral years (Figure 2). These results indicate that in La Niña years the planting date should be anticipated, whereas in Very Strong El Niño years the planting date should be delayed.

The delay of planting date for harvesting on All Souls' Day in Very Strong El Niño events occurs due to the increase of the temperature in the spring that accelerates the development of the crop (Adil et al., 2013; Schwab et al., 2015). Similar results have been found for various ornamental crops as *Antirrhinum manus* L. (MUNIR et al., 2015), *Celosia argentea* L. and *Impatiens walleriana* Hook. F. (PRAMUK; RUNKLE, 2005), *Brunonia australis* and *Calandrinia* sp. (CAVE et al., 2013), where the increase in temperature anticipates flowering. La Niña events show lower temperatures during spring due to the northward displacement of cold fronts (GRIMM, 2004). Therefore, for harvesting on All Souls' Day the planting needs to be anticipated.

In the northeast and south of Rio Grande do Sul that have milder temperatures, planting is anticipated while in the northwest, that has higher temperatures, the planting is delayed in both ENSO phases for harvesting on All Souls' Day. These results agree with Firpo et al. (2012) about the temperature conditions in Rio Grande do Sul, and are sufficient to affect the crop cycle and consequently the optimum planting date.

CONCLUSIONS

The optimum planting date of gladiolus for harvesting on All Souls' Day in the Rio Grande do Sul State is affected by the ENSO phases. The planting date should be anticipated in La Niña years and delayed in El Niño years, in relation to Neutral years. Warmer regions, such as the northwest of the State, should carry out planting later than coldest regions such as the northeast and south of the State.

Figure 1. Optimum planting date for Early maturation group of gladiola in Very Strong El Niño (a), El Niño (b), La Niña (c) and Neutral (d) years in order to harvesting spikes for selling on All Souls' Day holiday in the Rio Grande do Sul State, Brazil.

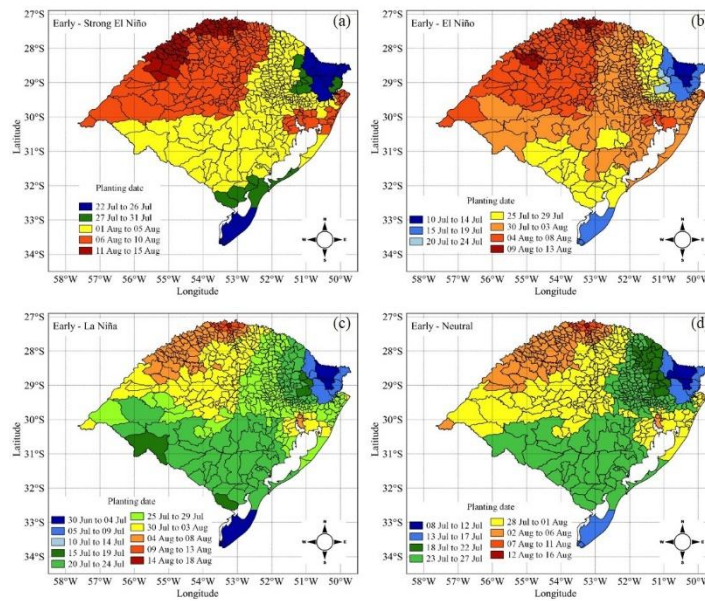
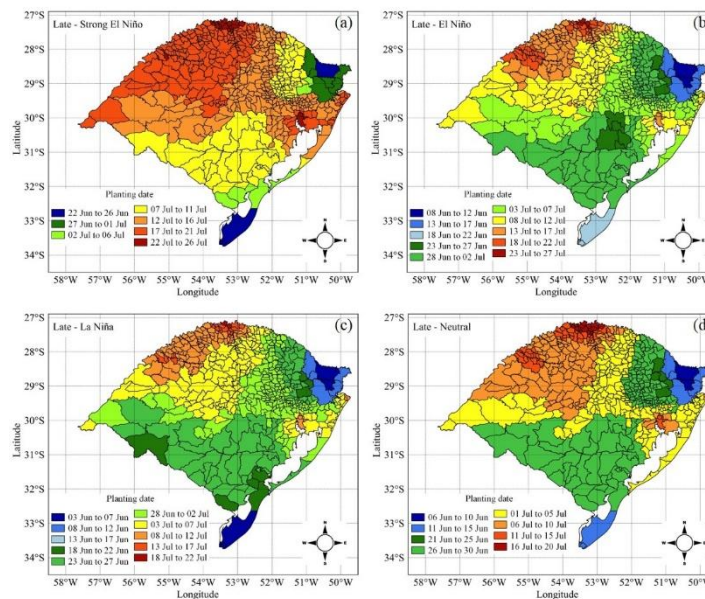


Figure 2. Optimum planting date for Late maturation group of gladiola in Very Strong El Niño (a), El Niño (b), La Niña (c) and Neutral (d) years in order to harvesting spikes for selling on All Souls' Day holiday in the Rio Grande do Sul State, Brazil.



REFERENCES

ADIL, M. et al. Effect of different planting dates on growth and development of *Gladiolus grandiflorus* under the ecological conditions of Faisalabad, Pakistan. **Universal Journal of Agricultural Research**, v. 1, n. 3, p. 110-117, 2013.

BARROS, V. R.; GRIMM, A. M.; DOYLE, M. E. Relationship between temperature and circulation in Southeastern South America and its influence from El Niño and La Niña events. **Journal of the Meteorology Society of Japan**, v. 80, p. 21-32, 2002.

CAVE, R.L. et al. Modeling temperature, photoperiod and vernalisation responses of *Brunonia australis* (Goodeniaceae) and *Calandrinia* sp. (Portulacaceae) to predict flowering time. **Annals of Botany**, v. 111, n. 4, p. 629-639, 2013.

CHEN, J.; FUNNELL, K.A.; MORGAN, E.R. A model for scheduling flowering of a *Limonium sinatum* x *Limonium perezii* hybrid. **HortScience**, v. 45, p. 1441-1446, 2010.

DWIVEDI, S. K. et al. Effect of sodium nitroprusside on differential activity of antioxidants and expression of SAGs in relation to vase life of gladiolus cut flowers. **Scientia. Horticulturae**, v. 210, p. 158-165, 2016.

FIRPO, M. A. F.; SANSIGOLO, C. A.; ASSIS, S. V. Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no Rio Grande do Sul associados ao ENOS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 95-106, 2012.

GARY, C., JONES, J.W., TCHAMITCHIAN, M. Crop modelling in horticulture: state of the art. **Scientia. Horticulturae**, v. 74, p. 3-20, 1998.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 13, p. 35-58, 2000.

GRIMM, A. M. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: regional processes versus remote influences. **Journal of Climate**, v. 16, p. 263-280, 2003.

GRIMM, A. M. How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil? **Climate Dynamics**, v. 22, p. 123-138, 2004.

MUNIR, M. et al. Effect of constant temperatures and natural daylength on flowering time and leaf number of *Antirrhinum* using the photo-thermal model. **Pakistan Journal of Botany**, v. 47, p. 1717-1720, 2015.

PRAMUK, L.A., RUNKLE, E.S. Modeling growth and development of celosia and impatiens in response to temperature and photosynthetic daily light integral. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 130, p. 813-818, 2005.

SCHWAB, N.T. et al. A phenological scale for the development of Gladiolus. **Annals of Applied Biology**, v. 166, n. 3, p. 496-507, 2015.

UHLMANN, L.O. et al. PhenoGlad: A model for simulating development in Gladiolus. **European Journal of Agronomy**, v. 82, p. 33-49, 2017.

WANG, E.; ENGEL, T. Simulation of phenological development of wheat crops. **Agricultural Systems**, v. 58, p. 1-24, 1998.

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE GEADAS TARDIAS NA REGIÃO DA CAMPANHA GAÚCHA

Maria Emília Borges Alves¹, Ricardo Wanke de Melo²

¹Pesquisadora, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, maria.emilia@embrapa.br; ²Professor, Faculdade de Agronomia - UFRGS Porto Alegre, RS, ricardo.wanke@ufrgs.br.

RESUMO: A caracterização climática, especialmente quanto ao risco de geada e a disponibilidade térmica, são parâmetros importantes na escolha das regiões com aptidão para a vitivinicultura. A ocorrência de geadas durante o período de brotação do vinhedo é prejudicial, pois pode causar sérios danos às plantas e graves prejuízos econômicos aos viticultores. Assim, o presente trabalho objetivou determinar a probabilidade de ocorrência de geadas tardias e analisar a tendência observada de temperatura do ar mínima e número de dias de geadas tardias nos municípios de Bagé, Santana do Livramento e Uruguaiana. Os três municípios apresentam probabilidades de ocorrência de geadas semelhantes no 1º decêndio de agosto. Para os demais períodos, esta semelhança se mantém entre os municípios de Bagé e Santana do Livramento, onde há risco de ocorrer geada até o 2º decêndio de setembro. Para Uruguaiana a probabilidade diminui a partir do 2º decêndio de agosto, sendo praticamente nula no 2º e 3º decêndio de setembro.

PALAVRAS-CHAVE: viticultura, índices climáticos, temperatura mínima, risco climático.

PROBABILITY OF LATE FROST OCCURRENCE IN THE CAMPANHA GAÚCHA REGION, BRAZIL

ABSTRACT: The climatic characterization, especially regarding the risk of frost and the thermal availability, are important parameters in the selection of the regions with aptitude for the vitiviniculture. The occurrence of frost during or after budburst period of the vineyard can cause serious damage to the plants and serious economic damage to the vinegrowers. Thus, the present work aimed to determine the probability of occurrence of late frosts and to analyze the observed tendency of minimum temperature and number of days of late frosts in the municipalities of Bagé, Santana do Livramento and Uruguaiana. The three municipalities present similar probabilities in the 1st decendum of August. For the other periods, this similarity is maintained between the municipalities of Bagé and Santana do Livramento, where there is a risk of frost occurring until the 2nd decendum of September. For Uruguaiana the probability decreases and becomes practically null in the 2nd and 3rd decendum of September.

KEY-WORDS: Viticulture, climatic indexes, minimum temperature, climate risk.

INTRODUÇÃO

Diversos setores produtivos vinculados ao agronegócio são dependentes do conhecimento de variáveis meteorológicas, destacando-se a temperatura do ar mínima (SIMÕES, 2015), o que também ocorre com a viticultura. As condições climáticas, como o risco de geada e a disponibilidade térmica, são parâmetros importantes na escolha das regiões com aptidão para a vitivinicultura pois influenciam, direta e

indiretamente, na produtividade e na qualidade final das uvas produzidas (BRIXNER et al., 2014).

As geadas que ocorrem no período de dormência da videira são benéficas, já que as baixas temperaturas no inverno contribuem para a quebra de dormência das gemas, melhorando a uniformidade da brotação na planta. Iniciada a brotação, a ocorrência de geadas passa a ser um risco climático, pois pode causar sérios danos às plantas e graves prejuízos econômicos aos viticultores (MANDELLI; MIELE; TONIETTO, 2009).

O Rio Grande do Sul é o maior produtor brasileiro de uvas (BRUNETTO et al., 2007) e, dentre as regiões produtoras, a região da Campanha Gaúcha vem ganhando destaque nos últimos anos. Assim, caracterizar a região da Campanha Gaúcha quanto às condições climáticas, em especial quanto ao risco de ocorrência de geadas tardias, é fundamental para orientar produtores e técnicos no manejo dos vinhedos e seleção de variedades a serem cultivadas.

O presente trabalho objetivou determinar a probabilidade de ocorrência de geadas tardias e analisar a tendência observada na temperatura do ar mínima e no número de dias com geadas tardias em três municípios da Campanha Gaúcha.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados diários de temperatura do ar mínima de três municípios da Campanha Gaúcha, obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (INMET, 2015). As séries históricas são compostas de dados observados desde janeiro de 1961 até dezembro de 2013, dos quais foram extraídos os valores médios anuais, em base decendial, da variável analisada.

Os municípios considerados são Bagé (Lat. 31,35 S; Long. 54,01 O; Alt. 226 m), Santana do Livramento (Lat. 30,84 S; Long. 55,61 O; Alt. 328 m) e Uruguaiana (Lat. 29,84 S; Long. 57,08 O; Alt. 74 m).

A probabilidade de ocorrência de geadas tardias foi determinada considerando como geada o registro de temperatura do ar mínima menor que dois graus Celsius ($T_{min} < 2\text{ }^{\circ}\text{C}$), em uma escala de número de geadas por decêndio. Consideram-se como geadas tardias aquelas ocorridas nos meses de agosto e setembro.

Complementarmente, avaliou-se a tendência da temperatura do ar mínima média observada nos meses de agosto e setembro (T_{min}) e número de geadas tardias ocorridas por decêndio. A tendência foi avaliada por meio de ajuste linear da série de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a probabilidade de ocorrência de geadas, verifica-se uma semelhança entre os municípios de Bagé e Santana do Livramento em todos os períodos considerados (Figura 1), sendo que a probabilidade de ocorrência de até duas geadas por decêndio oscila entre 10 e 20% para os dois municípios até o 1º decêndio de setembro. Já para Uruguaiana a probabilidade de ocorrência de geadas tende a ser menor que nos demais municípios, especialmente a partir do 2º decêndio de agosto corroborando com os resultados obtidos por Brixner et al. (2014), que indicam que o maior risco de geada em Uruguaiana ocorre até 10 de agosto, enquanto que para Bagé e Santana do Livramento, ainda há risco de geada até o 2º decêndio de setembro.

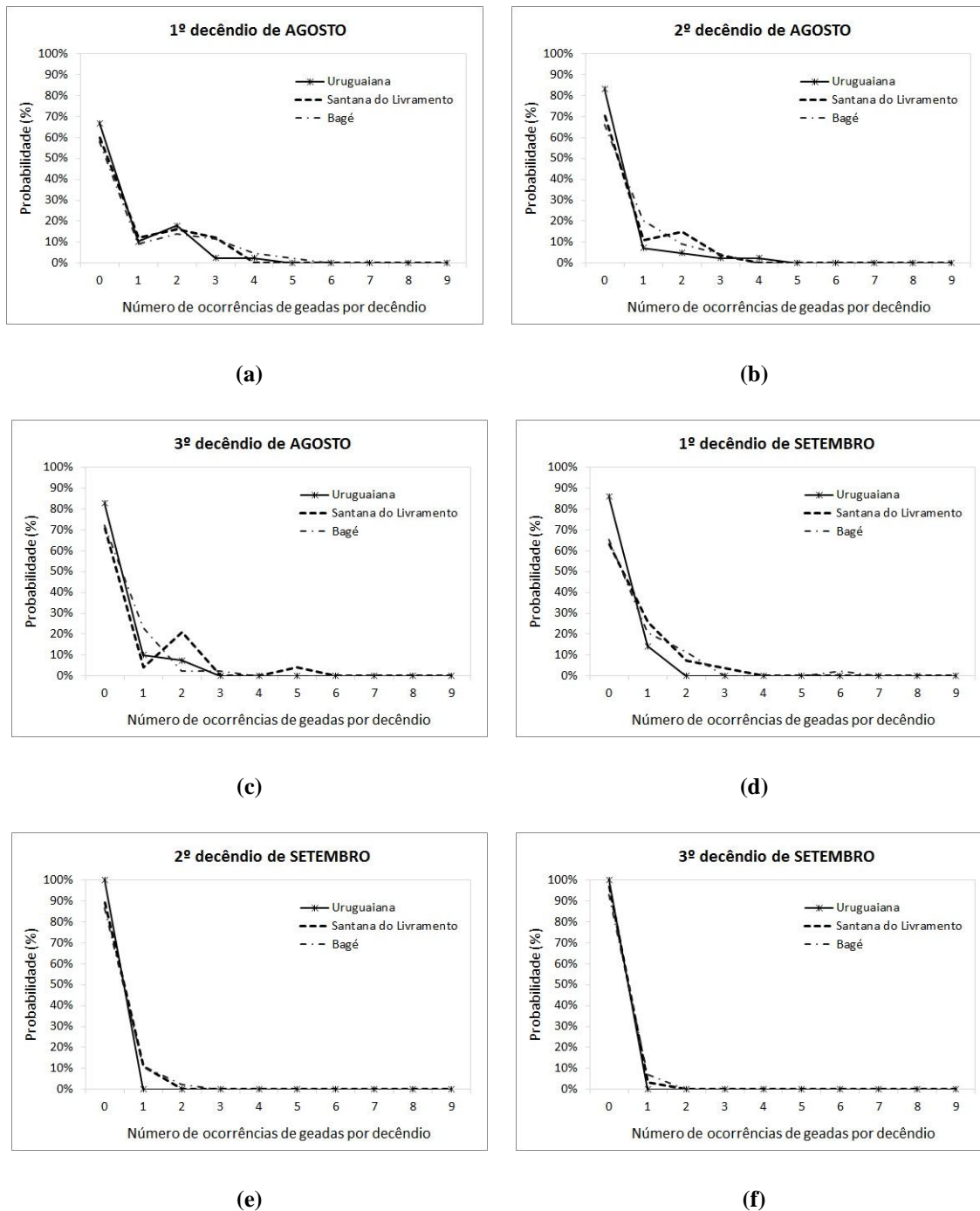
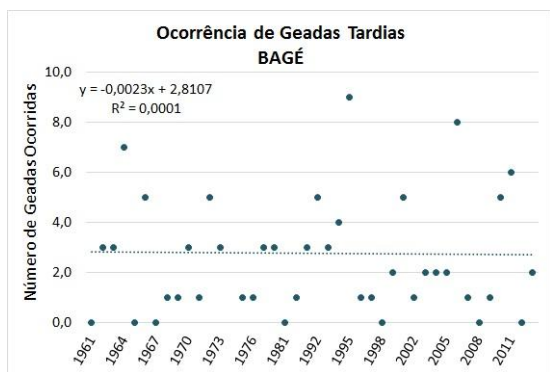
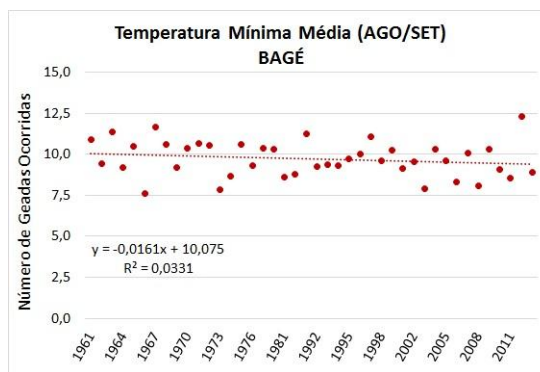


Figura 1. Probabilidade de ocorrência de geadas, por decênio, nos meses de agosto e setembro, nos municípios de Bagé, Santana do Livramento e Uruguaiana. Probabilidade determinada a partir de dados da série histórica de janeiro de 1961 a dezembro de 2013.

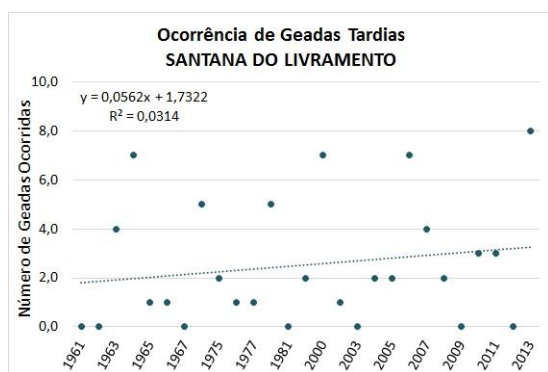
O número de geadas tardias ocorridas anualmente ao longo da série de dados analisada (Figura 2) apresentou uma tendência crescente nos municípios de Santana do Livramento e de Uruguaiana, sendo este fato não observado em Bagé (Figura 2a). Em consonância com a tendência de aumento no número de geadas ocorridas, a temperatura do ar mínima média observada nos meses de agosto e setembro apresenta tendência de queda ao longo dos anos.



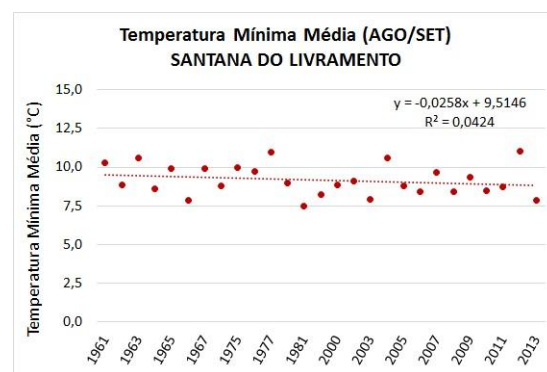
(a)



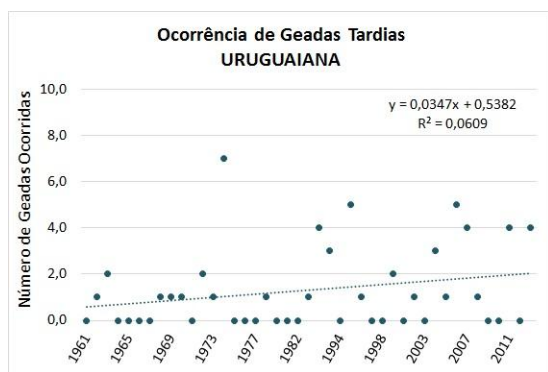
(b)



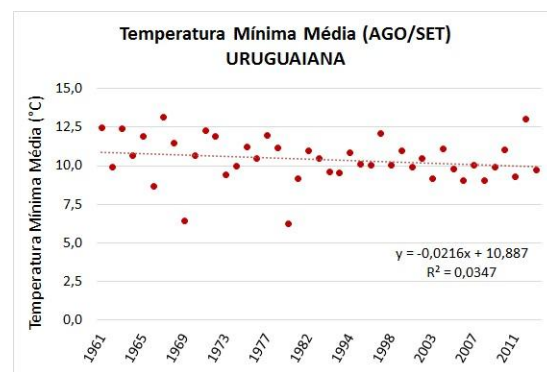
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 2. Ocorrência de geadas tardias e temperaturas do ar mínimas médias observadas nos meses de agosto e setembro, nos municípios de Bagé, Santana do Livramento e Uruguaiana, obtidos a partir da série histórica de janeiro de 1961 a dezembro de 2013.

Cabe dizer, no entanto, que tanto na análise das temperaturas do ar mínimas quanto na ocorrência de geadas para os três municípios considerados neste estudo, os coeficientes de determinação (R^2), das linhas de tendência ajustadas, foram baixos. Além disto, Berlato e Althaus (2010) analisando a tendência observada da temperatura mínima e do

número de dias de geada do Estado do Rio Grande do Sul, observaram tendência de aumento da temperatura do ar mínima e redução do número de dias de geada, contradizendo os resultados aqui encontrados. Tal contradição enfatiza a necessidade de análises mais aprofundadas e refinamento das séries de dados disponíveis.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a probabilidade de ocorrência de até duas geadas por decêndio, nos meses de agosto e setembro, nos municípios de Bagé e Santana do Livramento, oscila entre 10 e 20% entre o 1º decêndio de agosto e o 1º decêndio de setembro. Já para Uruguaiana, esta probabilidade se mantém no 1º decêndio de agosto, mas cai nos demais decêndios, sendo nula a partir do 2º decêndio de setembro.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte do Projeto IP Campanha, coordenado pela Embrapa Uva e Vinho e entidades parceiras, com recursos da FINEP, a qual agradecemos.

REFERÊNCIAS

BERLATO, M. A.; ALTHAUS, D. Tendência observada da temperatura mínima e do número de dias de geada do Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. Porto Alegre, v.16, n.1 e 2, p.7-16, 2010.

BRIXNER, G. F.; SCHÖFFEL, E. R.; LAGO, I.; RADÜNZ, A. L.; KRÜGER, A. P. Risco de geada e duração dos subperíodos fenológicos da ‘Cabernet Sauvignon’ na região da Campanha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v.18, n.2, p.217–224, 2014.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: abril de 2015

MANDELLI, F.; MIELE, A.; TONIETTO, J. Uva em clima temperado. In: Monteiro, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: Inmet, 2009. Cap.31, p. 504-515.

SIMÕES, D. de S. **Ambiente físico e meteorológico para análise do risco de geada**. 2015. Porto Alegre: UFRGS, 2015. 131p.

FENOLOGIA E EXIGÊNCIA TÉRMICA DE TRÊS VARIEDADES EM VINHEDO NO ALTO VALE DO JEQUITINHONHA - MG

Rafael Henrique Evangelista de Castro¹, Maria José Hatem de Souza²,
Tiago Galves da Silva³, Hulie Gonçalves Andrade⁴;
Cláudio Marcio Pereira de Souza⁵

¹Graduando de Agronomia, UFVJM, Diamantina, Minas Gerais, rafaelcastro.agro@gmail.com;
²Pós Doutora em Engenharia Agrícola, UFVJM, Diamantina, Minas Gerais, mariahatem@yahoo.com.br;
³Engenheiro Agrônomo, Diamantina, Minas Gerais, galvesufvjm@gmail.com; ⁴Estudante de Agronomia, UFVJM, Diamantina, Minas Gerais, hulie_andrade@hotmail.com; ⁵Doutor em Eng. Agrícola, Prof. Associado, DAG/UFVJM, souzacpm@yahoo.com

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a demanda térmica do vinhedo, de acordo com o período fenológico em dois ciclos de cultivo: verão e inverno. O experimento foi realizado no sítio Santo Helena, localizado no município de Diamantina-MG, sendo as podas do tipo Guyot, realizadas em 31.08.2015 e 12.02.2016. As cultivares utilizadas foram Pinot Noir, Merlot e Syrah. Avaliaram-se os subperíodos vegetativos, da poda à brotação e reprodutivos, do florescimento à colheita. Considerando temperatura base de 10°C, os valores de graus-dias foram calculados de acordo com as equações propostas por (VILLA NOVA et al., 1972). Obtiveram-se os resultados de que o ciclo de verão necessita de 1571 graus-dia e para o ciclo de inverno, a exigência foi de 1644 graus-dia. Em dias, o acúmulo foi de 139 e 146 dias, respectivamente. A colheita ocorreu no mesmo dia e este fato generalizou a quantificação da demanda térmica das variedades. É necessário mais estudos e em vários ciclos, em condições de manejo correto para que não tenha-se interferências externas.

PHENOLOGY AND THERMAL REQUIREMENT OF THREE VARIED VITIS VINIFERA IN THE UPPER JEQUITINHONHA VALLEY - MG

PALAVRAS-CHAVE: graus-dia, soma térmica, *Vitis vinifera*

ABSTRACT:The objective of this work was to evaluate the thermal demand of the vineyard, according to the phenological period in two crop cycles: summer and winter. The experiment was carried out in the Santo Helena site, located in the municipality of Diamantina-MG, with pruning done on 08.31.2015 and 12.02.2016. The cultivars used were Pinot Noir, Merlot and Syrah. Guyot pruning and unirrigated vineyard were done. The vegetative, pruning and sprouting subperiods from flowering to harvest were evaluated. Considering the base temperature of 10°C, the results were obtained that the summer cycle requires 1951 degree-days and for the winter cycle, the requirement was 1653 degree-days. In days, the accumulation was 139 and 146 days, respectively. The harvest occurred on the same day and this fact generalized the quantification of the thermal demand of the varieties. Further studies and several cycles are required, under correct management conditions, so that no external interferences occur.

KEY-WORDS: day degrees, thermal sum, viticulture.

INTRODUÇÃO

O clima é um dos principais fatores que interferem na qualidade da uva, e principalmente na qualidade do vinho, além de outros fatores naturais como o solo, manejo do cultivo e fatores humanos. A temperatura do ar é o elemento climático mais importante, influenciando em todos os estádios fenológicos que, para a videira variam conforme o genótipo e os dados climáticos de cada região (LEÃO e PEREIRA, 2001).

A quantidade de energia necessária para a videira completar seu ciclo, em geral, é expressa em graus-dia, que é a diferença acumulada entre a temperatura do ar média e a temperatura base abaixo da qual a planta não se desenvolve. Alguns autores em estudos diferentes determinaram a temperatura base de 10°C para a videira: Boliani e Pereira (1996) para a uva Itália e Rubi; (SANTOS et al. 2007) para Cabernet Sauvignon e Tannat. Para a *Vitis Vinífera* a temperatura base encontrada foi de 12°C.

A viticultura no Brasil foi instalada no país nas regiões sul e sudeste ainda no século XX. A cidade de Diamantina tem histórico em produção de vinho e ainda hoje, agricultores investem na produção da bebida.

A ‘Pinot Noir’ chegou ao Brasil pelo estado do Rio Grande do Sul, no início do século XXI e é capaz de produzir vinhos espumantes de alta qualidade. A Sirah é uma casta de uva tinta da família da *Vitis vinífera* muito utilizada na produção de vinhos. Hoje é cultivada em países como a Austrália e França, sendo possível encontrá-la na Argentina, EUA, Chile e Portugal (MACNEIL, 2003). Foi introduzida no Brasil nas regiões vinícolas do Vale do São Francisco e no sul do estado de Minas Gerais onde o cultivo dessa uva mostrou-se promissor para produção de vinhos finos. A casta Merlot foi introduzida no Brasil pelo estado do RS e proporciona vinhos de grande potencial de qualidade em várias regiões produtoras da casta. É utilizada em vinhos destinados ao consumo precoce e em meados do século XX era a casta de maior produção na serra gaúcha.

Os estádios fenológicos variam, conforme o genótipo e de acordo com as condições climáticas predominantes da região, para o determinado período de cultivo, que é estabelecido entre o dia da poda e a colheita. (LEÃO e SILVA, 2003).

Este trabalho tem o objetivo de caracterizar a fenologia e demanda térmica das videiras de Pinot Noir, Merlot e Syrah (*Vitis vinífera L.*) em ciclos de inverno e verão, em um vinhedo comercial na cidade de Diamantina-MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido em um vinhedo, localizado a 4 km da cidade de Diamantina no sítio Santa Helena, com altitude de 1.149 m, 18°17’S de latitude e 43°34’W de longitude. O solo classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2006), arenoso de alta capacidade de infiltração e pouca retenção hídrica.

Para o experimento utilizou-se as cultivares Pinot Noir, Merlot e Syrah (*Vitis vinífera L.*), o vinhedo foi implantado em 2011 e produzindo comercialmente desde 2013, portanto os tratamentos culturais aplicados às cultivares foram uniformes. As plantas foram conduzidas em sistema de espaldeira, tutoradas a 3 fios e com espaçamento 2,0 x 1,0 m. As podas de frutificação foram realizadas em 31 de Agosto de 2015 e 12 de Fevereiro de 2016, respectivamente. A técnica de poda adotada foi poda Guyot e em seguida, aplicou-se cianamida hidrogenada a 2,5%, por pincelamento direto objetivando a quebra de dormência das gemas e por consequência brotação uniforme das mesmas.

As avaliações foram feitas de forma visual a cada 2 dias a partir da data da poda e utilizou-se 25 plantas e 50 ramos de cada variedade.

Desta forma foi caracterizada a duração em dias e em graus dias (GD), quantificando-se a soma térmica de cada um dos seguintes subperíodos: poda à gema-algodão; poda à brotação; poda ao aparecimento da inflorescência; poda ao florescimento; poda ao início da maturação das bagas e poda à colheita (ROBERTO et al., 2005). A partir desses resultados foi construído um diagrama representando, em escala, a duração em dias e em graus dias de cada uma das fases fenológicas da uva 'Syrah', bem como a duração de cada subperíodo.

As análises fenológicas foram feitas a cada dois dias, e o experimento foi montado com 25 plantas sendo cada planta uma parcela distribuídas ao acaso no stand, visualmente conforme proposto por Bailod e Baggiolini (1993) assim sendo:

- a) Gema-algodão: quando 50% das gemas atingiram o segundo estágio de desenvolvimento da videira, ou seja, quando as escamas se romperam, aparecendo a plumagem. (Figura 1).
- b) Brotação: quando 50% das gemas atingiram o quarto estágio, ou seja, a saída das folhas. (Figura 2).
- c) Florescimento: quando 50% das flores encontravam-se abertas (florescimento propriamente dito). (Figura 3).
- d) Início da maturação das bagas (Pintor): quando 50% das bagas mudaram de coloração, isto é, as bagas com coloração avermelhada e o momento que iniciaram o amolecimento. (Figura 4).
- e) Colheita: momento em que 100% das bagas apresentaram coloração intensa, com teor máximo de sólidos solúveis totais. (Figura 5).



Figura 1. Gema Algodão



Figura 2. Brotação



Figura 3. Florescimento



Figura 4. Pintor



Figura 5. Colheita

Desta forma foi caracterizado o ciclo com base nos graus dia (GD) e no período de dias, para ocorrência de cada subperíodo do estágio fenológico: poda a gema algodão; gema algodão a brotação; brotação ao florescimento; início da maturação à colheita.

Os dados meteorológicos foram obtidos da estação agroclimática automática com dataloger CR200 e sensores Texas de precipitação e de temperatura e umidade do ar da vaissala, localizada no próprio sítio a 200 metros da área de produção vitivinícola.

Os graus-dias foram calculados de acordo com as equações propostas por (VILLA NOVA et al. 1972), em que a temperatura base inferior considerada foi de 10°C e o somatório de graus-dia (GD) desde a poda até a colheita, segundo as seguintes equações:

$$GD = (T_{min} - T_b) + (T_{máx} - T_{min}) / 2, \text{ para } T_{min} > T_b;$$

$$GD = (T_{máx} - T_b)^2 / 2 (T_{máx} - T_{min}), \text{ para } T_{min} < T_b; \text{ e}$$

$$GD = 0, \text{ para } T_b > T_{máx}.$$

em que, GD = graus dia;

T_{máx} = temperatura máxima diária (°C);

T_{min} = temperatura mínima diária (°C);

T_b = temperatura base (°C), considerando-se neste caso 10 °C.

Devido ao manejo adotado no sítio Santa Helena, a realização da colheita ocorreu de forma uniforme e na mesma data para todas as cultivares.

Como as bagas não chegaram a apresentar o Brix desejado, as uvas foram colhidas para fazer um vinho de corte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores mensais de temperatura do ar mínima, máxima e média são apresentadas na Figura 6. Verifica-se na Figura 7 que as precipitações ocorridas durante o cultivo foram poucas, mais algumas vezes intensas. Na Figura 6, verifica-se que em média obteve-se dias com temperaturas altas acima das toleradas para as videiras (nestes dias o desenvolvimento é comprometido podendo atrasar o ciclo, fato este que será discutido neste trabalho.

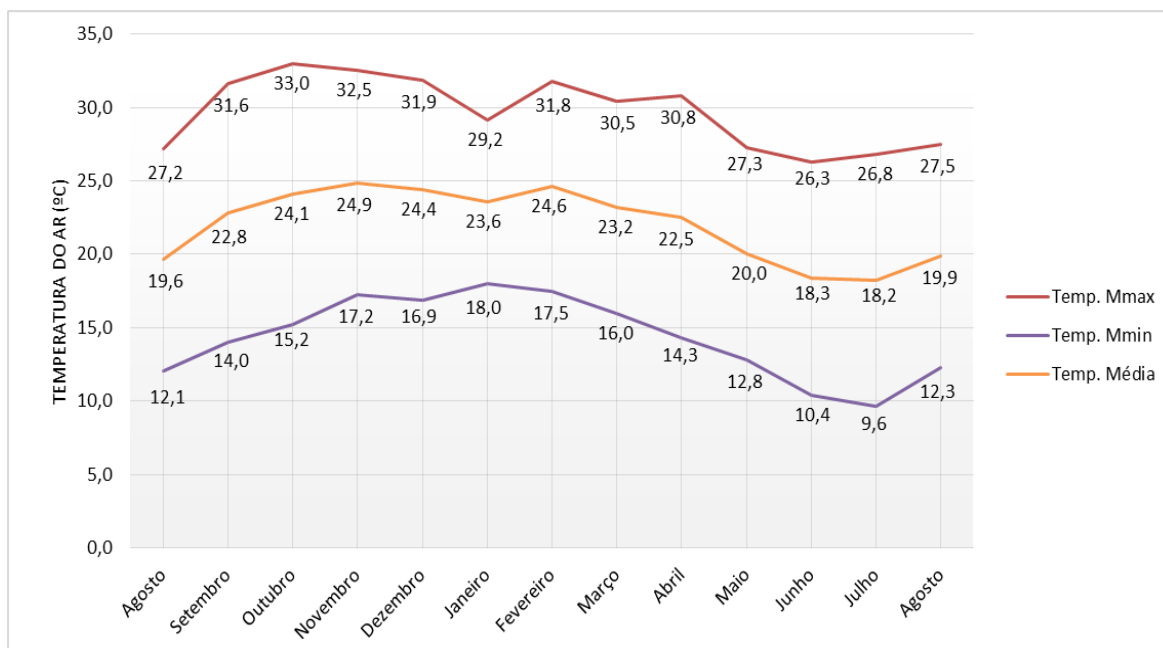


Figura 6. Variação da temperatura do ar °C durante os ciclos de produção videiras de Pinot Noir, Syrah e Merlot no Sítio Santa Helena no município de Diamantina-MG.

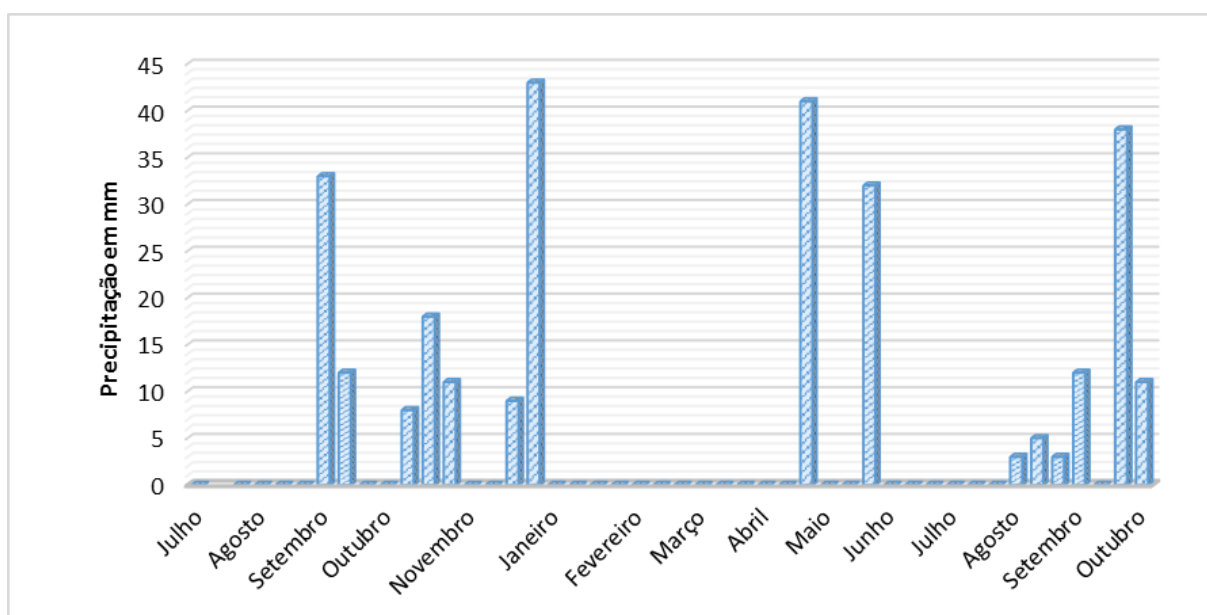


Figura 7. Precipitação pluviométrica compreendida durante os ciclos de produção videiras de Pinot Noir, Syrah e Merlot no Sítio Santa Helena no município de Diamantina-MG.

Para a videira de Pinot Noir, na condição de cultivo já comentada, a duração do ciclo considerando da poda de inverno à colheita, foi de 139 dias conforme visto na Figura 9, Para o ciclo da poda de verão, a colheita ocorreu aos 146 dias. É interessante observar que para a poda de inverno, a maturação completa dos frutos ocorreu no 139º dia, mas foi respeitado o período de carência, pois a videira foi submetida a uma pulverização de fungicida para controle de Míldio (*Plasmopara viticola*) e a colheita praticada no 154º dia. No 139º dia após a poda, verificou-se a campo grau brix no valor de 17,3°. Martins (2006) trabalhou com esta mesma variedade em São Joaquim – SC e obteve um ciclo de 177 dias, que sugere maior precocidade desta variedade na região de Diamantina. Moreira (2010) trabalhando com duas cultivares de Pinot (Meunier e Noir),

encontrou valores de 145 e 155 dias, para cada variedade respectivamente, também na região de Diamantina. O grau brix encontrado, na colheita, foi de 18,3°, valor próximo aos encontrados neste experimento (17,3 e 19,6°). Os graus dia acumulados da poda à colheita para a poda de inverno e verão foram respectivamente 1571 e 1644 °C dia como pode-se observar pela Figura 12). Dessa maneira, a videira de Pinot Noir pode ser considerada de ciclo tardio na região de Diamantina, conforme já comentado por Moreira (2010).

No caso da videira de Syrah, os ciclos de produção tiveram duração de 139 e 146 dias, respectivamente e valor médio de 142 dias (Figura 8.). No Vale do São Francisco MG encontrou um valor de 118 dias, já a (AMORIM et al.,2005), trabalhando com esta mesma cultivar em um clima distinto, no município de Três Corações, região sul de Minas Gerais, constataram ou que o ciclo de produção é igual a 164 dias. O total de graus dia acumulados foi de 2118,38 e 1653,18 °C dia (Figura 11.), valores próximos aos encontrados por (MAGNA S. B. MOURA, 2007) no vale do são Francisco também para essa variedade, que encontrou como média de quatro ciclos de produção um total de 1939,3 graus dia. Em experimento com a cultivar Syrah no município de Caldas, na região sul de Minas Gerais, Souza et al. (2002) constataram que a duração do seu ciclo de produção foi de 154 dias no período de verão. Assim como (AMORIM et al.,2005), trabalhando com a mesma cultivar no município de Três Corações também na região sul de Minas Gerais, que constataram ciclo de produção de 164 dias.

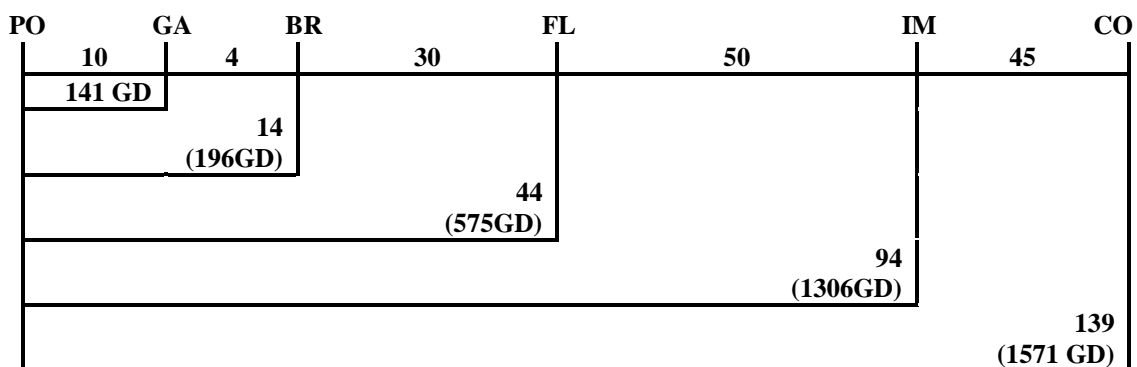


Figura 8. Duração em dias e em graus dias dos estádios fenológicos da videira ‘Syrah’, em Diamantina, MG para o ciclo de verão. Poda (PO); Gema-algodão (GA); Brotação (BR); Florescimento (FL); Início da Maturação das bagas (IM); Colheita (CO).

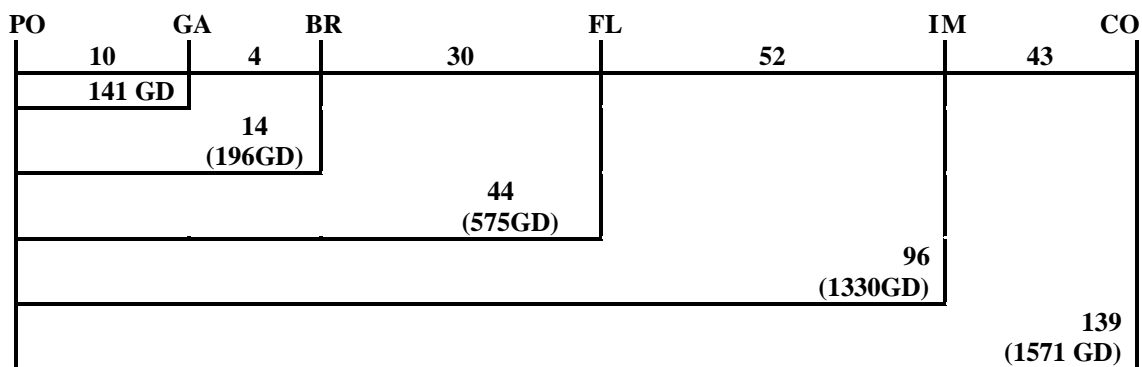


Figura 9. Duração em dias e em graus dias dos estádios fenológicos da videira ‘Pinot Noir’, em Diamantina, MG para o ciclo de verão. Poda (PO); Gema-algodão (GA); Brotação (BR); Florescimento (FL); Início da Maturação das bagas (IM); Colheita (CO).

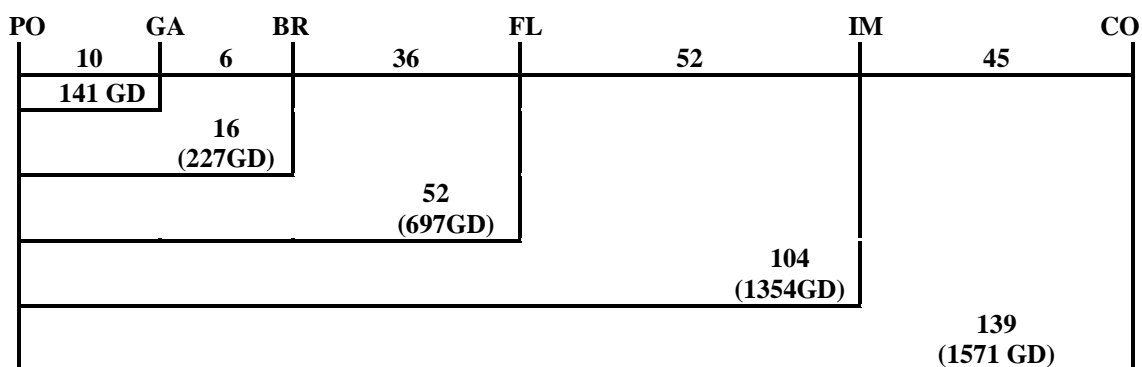


Figura 10. Duração em dias e em graus dias dos estádios fenológicos da videira ‘Merlot’, em Diamantina, MG para o ciclo de verão. Poda (PO); Gema-algodão (GA); Brotação (BR); Florescimento (FL); Início da Maturação das bagas (IM); Colheita (CO).

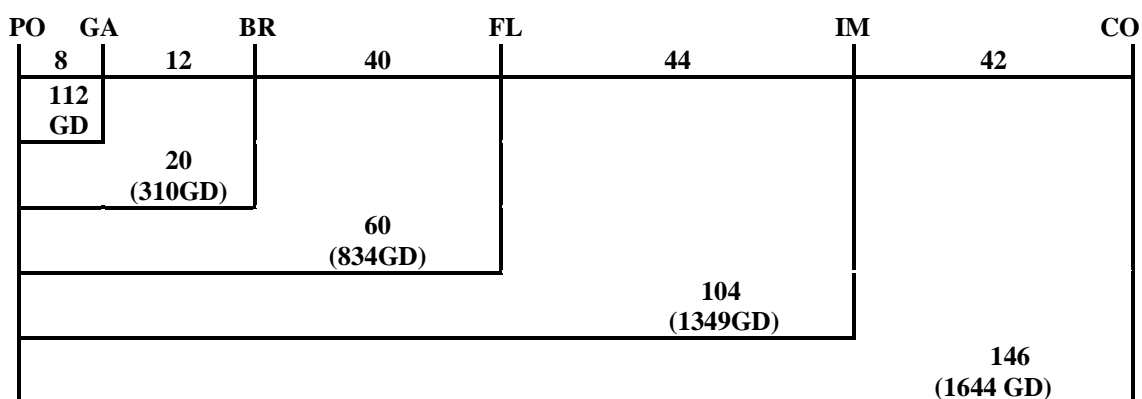


Figura 11. Duração em dias e em graus dias dos estádios fenológicos da videira ‘Syrah’, em Diamantina, MG para o ciclo de inverno. Poda (PO); Gema-algodão (GA); Brotação (BR); Florescimento (FL); Início da Maturação das bagas (IM); Colheita (CO).

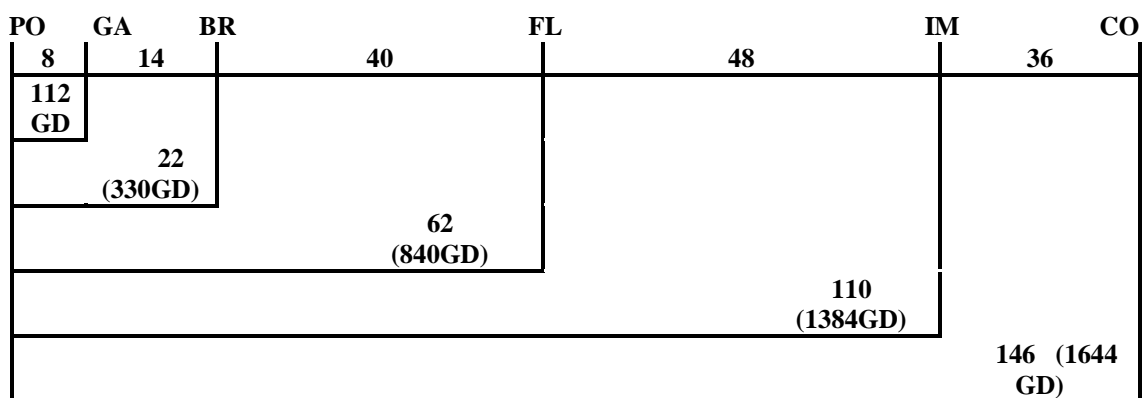


Figura 12. Duração em dias e em graus dias dos estádios fenológicos da videira ‘Pinot Noir’, em Diamantina, MG para o ciclo de inverno. Poda (PO); Gema-algodão (GA); Brotação (BR); Florescimento (FL); Início da Maturação das bagas (IM); Colheita (CO).

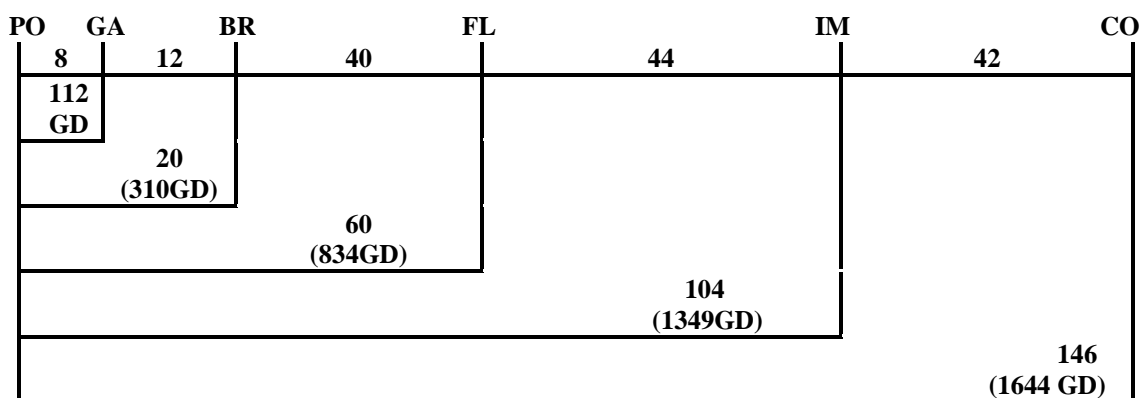


Figura 13. Duração em dias e em graus dias dos estádios fenológicos da videira 'Merlot', em Diamantina, MG para o ciclo de inverno. Poda (PO); Gema-algodão (GA); Brotação (BR); Florescimento (FL); Início da Maturação das bagas (IM); Colheita (CO).

Já (FERNANDES et al. 2015a) estudando o comportamento fenológico da videira Syrah produzida no Alto Vale do Jequitinhonha, na região de Diamantina-MG, nessa mesma propriedade em estudo neste trabalho, determinou-se durante suas fases as exigências térmicas em graus-dia. A duração do ciclo da poda à colheita da videira Syrah, em Diamantina, foi de 152 dias e a soma térmica acumulada durante o período foi de 1.243 GD. A videira teve boa adaptação com a poda de produção realizada em janeiro, atingindo 21°Brix, considerado ideal para a qualidade do vinho.

(FERNANDES et al.,2015b), também em outro trabalho avaliaram as características fenológicas e exigência térmica da videira Pinot Noir submetida ao ciclo de produção entre os meses de janeiro a julho de 2015, em vinhedo localizado no sítio Santa Helena, município de Diamantina-MG. O período escolhido para avaliação deve-se à necessidade de se alterar a época de colheita com condições climáticas mais favoráveis à maturação, visto que o excesso de chuvas no verão prejudica o amadurecimento das uvas e, conseqüentemente, a qualidade dos vinhos. Considerando a temperatura base de 12°C. Os resultados mostraram que a duração do ciclo da poda à colheita da videira Syrah em Diamantina foi de 152 dias e sua exigência térmica de 1.243 graus-dia. A videira teve boa adaptação com a poda de produção realizada em janeiro, atingindo 21°Brix, considerado ideal para a qualidade do vinho. Verifica-se que no caso de (FERNANDES et al.,2015b) a soma térmica necessária até a colheita da uva foi menor, provavelmente por questões de nutrição e sanidade obtidas na safra de 2015 em comparação com a de 2016, que foram avaliadas neste trabalho.

Para a videira de Merlot, notou-se um atraso fenológico em relação às outras cultivares. Conforme as Figuras 10 e 13, verifica-se um acúmulo de graus-dias de 1354 e 1349, até o início da maturação para os ciclos de verão e inverno respectivamente. (RADÜNZ et al.,2015) encontraram acúmulo de graus dia médio de 1893 °C dia, para a mesma variedade em experimento realizado na região da Campanha no Rio Grande do Sul. Ainda segundo o autor, esses valores apresentados em graus-dia são melhores preditores quando comparados à duração do ciclo em dias. (TOMAZETTI et al.,2015) em experimento realizado em Fronteira do Oeste-RS, encontraram um acúmulo de 1781 graus dia para o ciclo da videira de Merlot. Estes valores não corroboram aos valores obtidos no presente experimento, os quais podem ter sido influenciados diretamente pelo manejo adotado no sítio. De acordo com Pedro Júnior e Sentelhas (2003), destacaram que a temperatura ideal para o desenvolvimento da baga é cerca de 22°C pois a temperatura elevada no decorrer do ciclo vegetativo, corrobora para o amadurecimento mais precoce da uva. Tem influência ainda sobre os Brix na baga, sendo que na fase de maturação a temperatura ideal, estaria por volta de 27°C. Para a

região de Diamantina, torna-se importante o planejamento da poda de inverno. Ela deve ocorrer de forma que a época de colheita incida entre os meses de Fevereiro e Março, pois tem-se nessas ocasiões redução nos índices pluviométricos e ainda temperaturas desejáveis para elevação dos teores de açúcares.

CONCLUSÕES

O período compreendido entre a poda e a floração das videiras de Syrah, Pinot Noir e Merlot na cidade de Diamantina, apresentaram média de 45 dias para o ciclo de verão e 60 dias para o ciclo de inverno.

É possível o cultivo das três variedades sob demanda térmica média de 1600 GD.

O manejo da cultura adotado no sítio, pelo fato da colheita ocorrer no mesmo dia para as três variedades, generalizou a quantificação da demanda térmica, fazendo-se necessário a realização de mais estudos e em períodos diferentes.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de amparo à pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo apoio financeiro com bolsa de iniciação científica do terceiro autor.

Aos proprietários do Sítio Santa Helena e aos alunos que voluntariamente ajudaram na avaliação das fases fenológicas. Ao agrônomo Mateus Vieira pela ajuda na condução da poda e manejo do vinhedo.

REFERÊNCIAS

AMORIM, D. A. de; FAVERO, A. C.; REGINA, M. de A. Produção extemporânea da videira, cultivar Syrah, nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, p. 327-331, 2005.

ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proc. Am. Soc. Hortc. Sci.**, Virginia, p.430-445, 1959.

BAILLOD, M.; BAGGIOLINI, M. Les stades repères de La vigne. **Rev. Suisse Viticult. Arboricult. Horticult.**, Nyon, p.7-9, 1993.

BOLIANI, A.C. **Avaliação fenológica de videira *Vitis vinifera* L. cv. Itália e cv. Rubi na região oeste do Estado de São Paulo.** 1994. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

BOLIANI, A.C., PEREIRA, F.M. Avaliação fenológica de videiras (*Vitis vinifera* L.), cvs. Itália e Rubi, submetidas à poda de renovação a região oeste do Estado de São Paulo. **Rev. Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, p.193-200, 1996.

BORGES, E.P. **A B C Ilustrado da Vinha e do Vinho.** Rio de Janeiro: Mauad, 2004. 252p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília; Embrapa Solos, 2006. 306p.

FERNANDES, R. M. C. ; SOUZA, M. J. H. ; SOUZA, C. M. P. ; CRUZ, M. C. M. ; MEIRA, M. . Caracterização fenológica e exigência térmica da videira cv. Syrah (*Vitis vinifera* L.) no Vale do Jequitinhonha -In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2015, Lavras. **Anais: Agrometeorologia no século 21 - o desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros**, Lavras. CBAGRO, 2015. p. 722-725. a

FERNANDES, R. M. C.; SOUZA, C. M. P.; SOUZA, M. J. H.; CRUZ, M. C. M.; MEIRA, M. . Exigência térmica e caracterização fenológica da videira Pinot Noir em ciclo de outono-inverno em Diamantina-MG - In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2015, Lavras- MG. **Anais: Agrometeorologia no século 21 - o desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros**, Lavras. CBAGRO, 2015.p. 937-941 b.

GUERREIRO, V.M. Avaliação fenológica da videira (*Vitis labrusca* L. x *Vitis vinifera* L.) cultivar Niagara Rosada na região de Selvíria-MS. 1997. **Dissertação** - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1997.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. 4.ed. São Paulo, 2008.

LEÃO, P.C.S.; PEREIRA, F.M. Estudo da brotação e da fertilidade de gemas de cultivares de uvas sem sementes nas condições tropicais do vale do submédio do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, p.30-34, 2001.

MACNEIL, K. A Bíblia do Vinho. **Ediouro Publicações**, Edição 4. 2003.

MOURA, M. S. B. et al. Exigência térmica e caracterização fenológica da videira Cabernet Sauvignon no Vale São Francisco, Brasil. – IN: CONGRESO LATINOAMERICANO DE VITICULTURA Y ENOLOGIA, 11, 2007, Mendoza. **Seduciendo al consumidor de hoy**. Mendoza: IVV: CLEIFRA: SECYT, 2007

PEDRO JÚNIOR et al. Determinação da temperatura-base, graus-dia e índice biometeorológico para a videira 'Niagara Rosada'. **Rev. Bras. Agrometeorologia**, Santa Maria, p.51- 56, 1994.

Pedro Júnior, M.J.; Sentelhas, P.C.- Clima e produção. In: Pommer, C.V. (ed.) - **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes. p. 63-107. 2003.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas. Guaíba – RS: **Livraria e editora Agropecuária Ltda**. 478p, 2002.

RADÜNZ, A.L.; SCHÖFFEL, E.R.; BORGES, C.T.; MALGARIM, M.B.; PÖTTER, G.H. Necessidades térmicas de videiras na região da Campanha do Rio Grande do Sul –

Brasil. **Ciência Rural**, p.626-632, 2015.

ROBERTO et al. Caracterização da Fenologia e exigência térmica para a uva 'Cabernet Sauvignon' em zona subtropical. **Acta Scientiarum**. Maringá p. 183-187, 2005.

ROSIER, J. P. Vinhos de altitude: característica e potencial na produção de vinhos finos brasileiros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, p. 105-110, 2006.

SANTOS, J. I.; SANTANA, J. M., **Senac: Comida e Vinho**, São Paulo: 2008

SOUZA, C. M; REGINA, M. de A.; PEREIRA, G. E.; FREITAS, G. F. Indicação de cultivares de videira para o Sul de Minas Gerais. In: REGINA, M. de A. (Ed.). **VITICULTURA E ENOLOGIA: ATUALIZANDO CONCEITOS**. Caldas: **EPAMIG**-, 2002. p.277-286.

TOMAZETTI, T.C.; ROSSAROLLA, M.D.; ZEIST, A.R.; GIACOBBO, C.L.; WELTER, L.J.; ALBERTO, C.M. Fenologia e acúmulo térmico em videiras viníferas na região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 1033-1041, 2015.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and forest Meteorology**. p: 81-97.

VILLA NOVA, N.A. et al. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. **Ciência da Terra**, São Paulo, 1972.

CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS OCORRIDAS NA SAFRA 2015/2016 NA REGIÃO PRODUTORA DE ‘ABACAXI TERRA DE AREIA’

Loana Silveira Cardoso¹, Flavio Varone², Larissa Ambrosini³, Rodrigo Favreto⁴,
Carolina Bremm⁵

¹ Pesquisadora em Agrometeorologia, DDP/SEAPI – Departamento de Diagnostico e Pesquisa Agropecuária/ Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação - Porto Alegre, RS, E-mail: loana-cardoso@seapi.rs.gov.br

² Pesquisador em Meteorologia, DDP/SEAPI – Departamento de Diagnostico e Pesquisa Agropecuária/ Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação – Hulha Negra, RS, E-mail: flavio-varone@seapi.rs.gov.br

³ Pesquisadora em Desenvolvimento Rural, DDP/SEAPI – Departamento de Diagnostico e Pesquisa Agropecuária/ Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação - Porto Alegre, RS, E-mail: larissa-ambrosini@seapi.rs.gov.br

⁴ Pesquisador em Ciências, DDP/SEAPI – Departamento de Diagnostico e Pesquisa Agropecuária/ Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação - Maquiné, RS, E-mail: rodrigo-favreto@seapi.rs.gov.br

⁵ Pesquisadora em Estatística, DDP/SEAPI – Departamento de Diagnostico e Pesquisa Agropecuária/ Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação - Porto Alegre, RS, E-mail: carolina-bremm@seapi.rs.gov.br

RESUMO: O Litoral Norte do Rio Grande do Sul possui um histórico de produção de abacaxi (*Ananas comosus* L), fruto que é conhecido como ‘abacaxi terra de areia’. O cultivo data da década de 1940 e se estende entre os municípios de Osório e Torres, sendo Terra de Areia o maior produtor de abacaxi do Estado. Pouco se conhece sobre as condições climáticas que favorecem o cultivo do abacaxi na região. O objetivo do trabalho foi caracterizar as condições meteorológicas ocorridas na safra 2015/2016 em especial a temperatura do ar e precipitação pluvial na região produtora de ‘abacaxi terra de areia’. Em 2016 houve maior variabilidade das temperaturas, médias, máximas e mínimas em comparação com 2015. Há menor amplitude térmica em Tramandaí e Torres o que se deve a proximidade com o oceano e uma maior amplitude nas estações mais continentais. No ano de 2015 a precipitação pluvial foi superior à média, enquanto em 2016 os volumes foram baixos na maioria dos meses.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura do ar, precipitação, abacaxi.

METEOROLOGICAL CONDITIONS OCCURRED IN 2015/2016 IN THE PRODUCTION REGION OF ‘TERRA DE AREIA PINEAPPLE’

ABSTRACT: The North Coast in Rio Grande do Sul has a history of production of pineapple (*Ananas comosus* L.), fruit that is known as ‘terra de areia pineapple’. The cultivation dates from the decade of 1940 and extends between the municipalities of Osório and Torres, being Terra de Areia the greater producer of pineapple of the State. Little is known about the climatic conditions that favor pineapple cultivation in the region. The objective of this work was to characterize the meteorological conditions that occurred in the 2015/2016 harvest, especially air temperature and rainfall in the region producing ‘terra de areia pineapple’. In 2016 there was greater variability of temperatures, averages, maximums and minimums compared to 2015. There is a lower thermal amplitude in Tramandaí and Torres which is due to the proximity to the ocean and a greater amplitude in the more continental stations. In the year 2015 rainfall was above average, while in 2016 volumes were low in most of the months.

KEY-WORDS: Air temperature, precipitation, pineapple.

INTRODUÇÃO

O Litoral Norte do Rio Grande do Sul possui um histórico de produção de abacaxi desde a década de 1940, como agricultura de subsistência em pequenas propriedades (Santin e Pinheiro, 2009). A referência ao ‘abacaxi terra de areia’ é frequente na região litorânea e na capital do Estado, com potencial para indicação geográfica de procedência (Ambrosini et. al, 2017). A região produtora estende-se entre os municípios de Osório e Torres, sendo Terra de Areia o maior produtor de abacaxi, com área plantada em torno de 250 ha e produção superior a 3,3 milhões de frutos em 2010 (IBGE, 2010). O abacaxizeiro apresenta crescimento ótimo, e melhor qualidade de frutos, com temperatura do ar entre 22 a 32°C (Cunha, 2003). A temperatura do ar média da região é de 19,3°C. A temperatura do ar mínima varia entre 14 e 18,5°C em Torres e 11,8 e 18,4°C em Maquiné, enquanto as temperaturas máximas do ar variam entre 20,9 e 24,6°C e 23,5 e 26°C, respectivamente (Cardoso et al, 2015). Precipitação pluvial entre 1.000 a 1.500 mm anuais satisfazem as necessidades de água da planta, que variam entre 60 a 150 mm/mês. A ocorrência de déficit hídrico durante a frutificação compromete o peso dos frutos (Nascente et al. 2005). A precipitação pluvial anual média na região é de 1498 mm em Torres e 1686 mm em Maquiné (Cardoso et al. 2015). Embora haja um histórico produtivo do abacaxi na região de Terra de Areia há mais de 70 anos, pouco se conhece sobre as condições climáticas locais que favorecem o cultivo. O objetivo do trabalho foi caracterizar as condições meteorológicas ocorridas na safra 2015/2016 em especial a temperatura do ar e precipitação pluvial na região produtora de ‘abacaxi terra de areia’.

MATERIAL E MÉTODOS

Há pouca disponibilidade de dados meteorológicos na região, sendo que o município de Terra de Areia não possui histórico. Uma estação meteorológica “Davis” foi instalada em Terra de Areia em janeiro de 2015 para início da formação de um banco de dados do principal produtor de abacaxi da região. Como forma de abranger a região produtora foram utilizados dados das estações meteorológicas de Maquiné, Torres e Tramandaí. Em dezembro de 2015 a estação de Maquiné apresentou problemas técnicos e não foram registrados dados em 2016. Foram utilizados dados diários de temperatura do ar, máxima, mínima e média e precipitação pluvial da safra 2015/2016. Os dados foram tabulados, e calculadas as médias mensais e anuais em forma de Box-plots utilizando programa Sigma Plot 8.2. Para a análise da distribuição espacial da precipitação pluvial foram elaborados mapas utilizando dados diários de precipitação de 20 estações meteorológicas do Estado, utilizando o programa Surfer (v.8), com destaque para a região produtora de ‘abacaxi terra de areia’.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas do ar máximas apresentam menor variabilidade entre os locais em relação às mínimas (Figura 1). O ano de 2015 apresentou menor variabilidade entre os locais para as temperaturas médias máximas, com 25,3°C em Maquiné, 24,4°C em Terra de Areia, 24,1°C em Torres e 23,4°C em Tramandaí. Em 2016 as temperaturas médias máximas foram de 24,6°C em Terra de Areia, 23,5°C em Torres e 22,6°C em Tramandaí. Em relação às mínimas 2015 apresentou maiores valores médios com 18,1°C em Tramandaí, 17,1°C em Torres, 16,6°C em Terra de Areia e 15,7°C em Maquiné, em comparação com 2016, onde a média mínima foi de 16,6°C em Tramandaí, 16,3°C em Terra de Areia e 15,7°C em Torres.

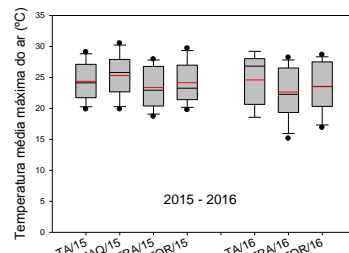
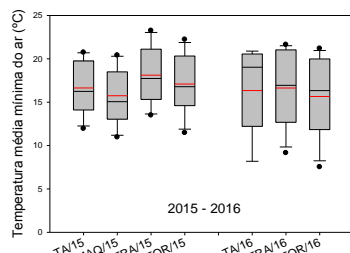
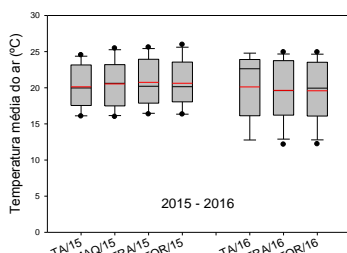
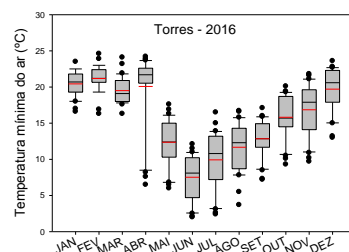
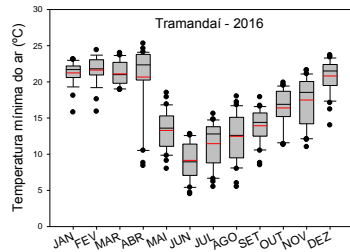
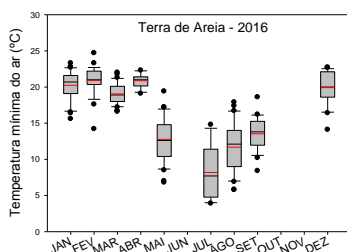
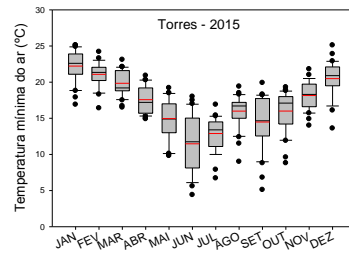
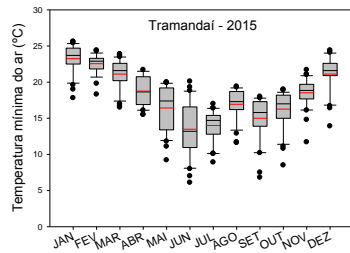
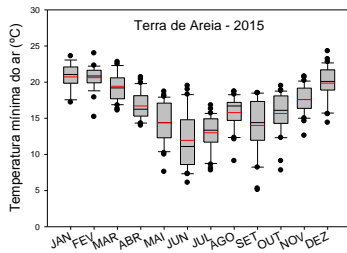
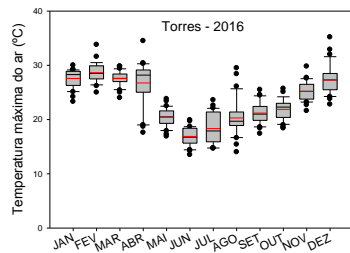
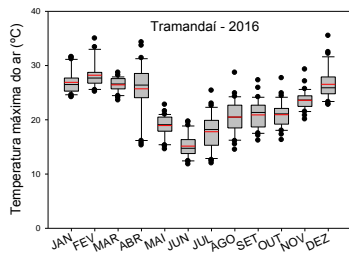
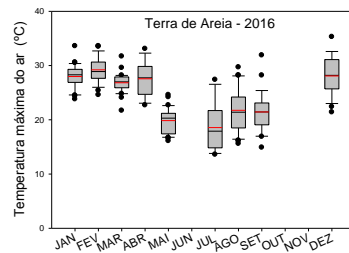
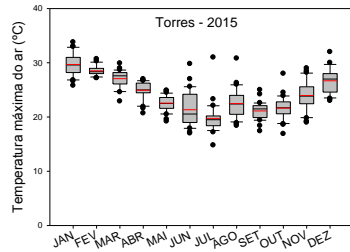
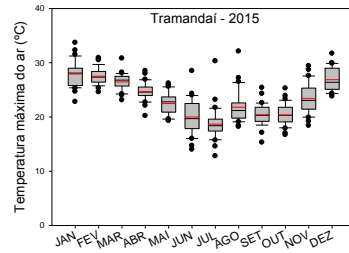
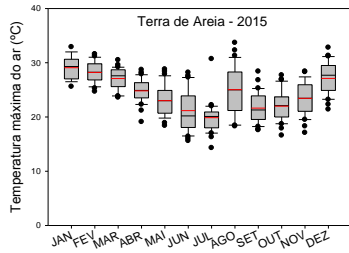
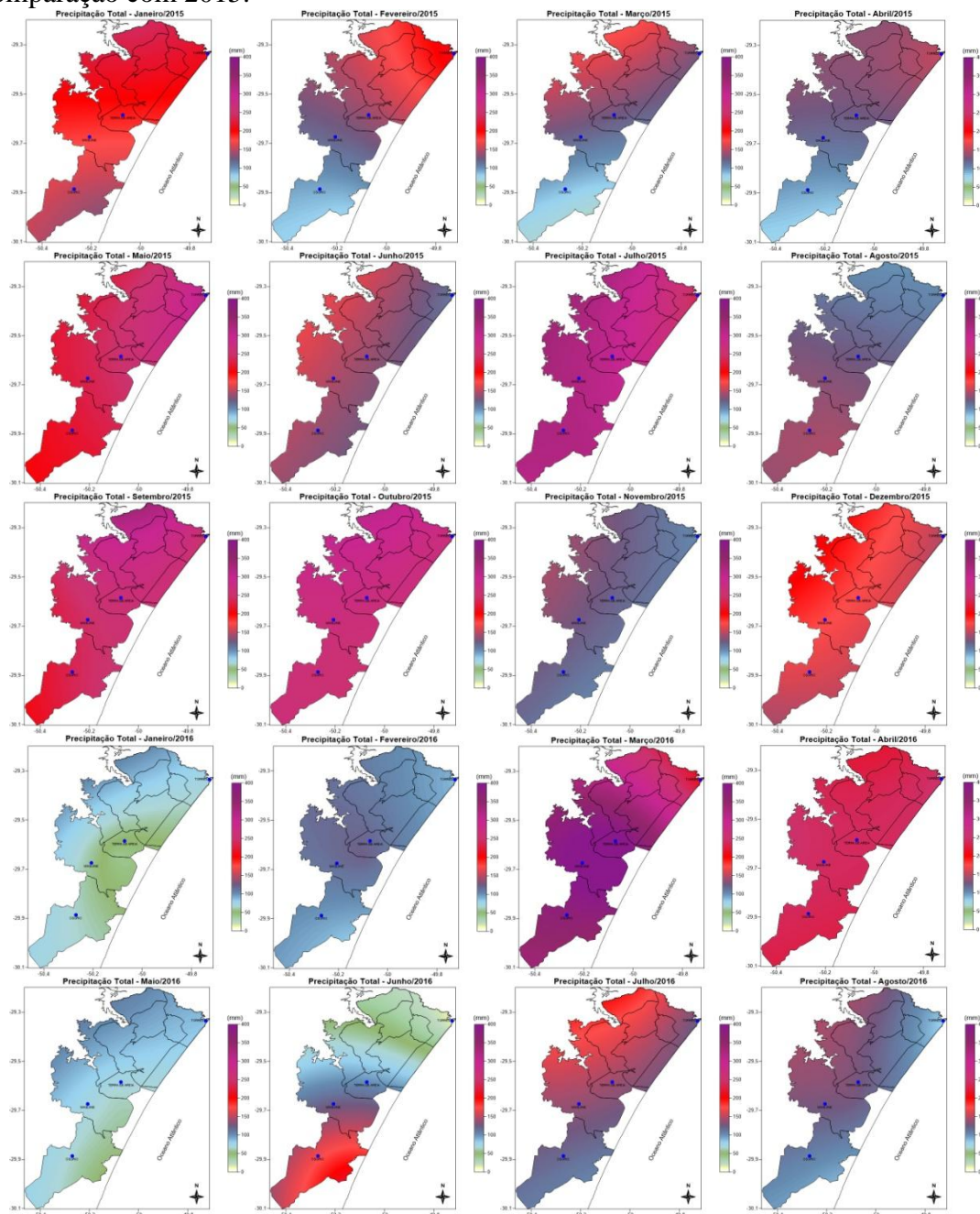


Figura 1. Distribuição da temperatura do ar (°C) máxima, mínima e média mensal e anual nos municípios de Terra de Areia (TA), Tramandaí (TRA), Torres (TOR) e Maquiné (MAQ) na safra 2015/2016.

Nos dois anos avaliados as temperaturas médias anuais foram ligeiramente superiores à média histórica da região (19,3°C) em todos os locais. O ano de 2016 apresentou maior variabilidade das temperaturas máximas e mínimas mensais em comparação com 2015.



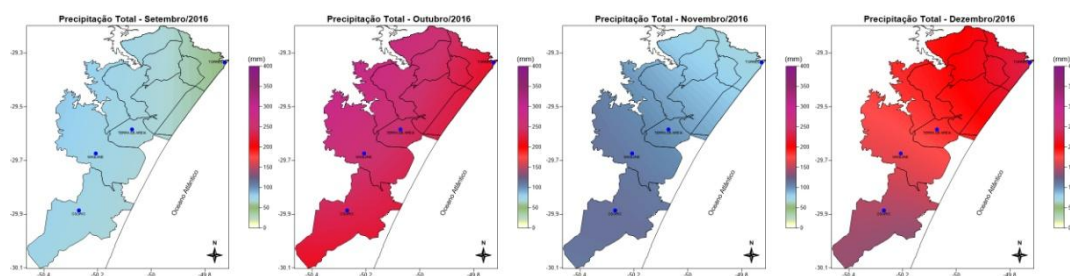


Figura 2. Precipitação pluvial mensal (mm mês⁻¹) na safra 2015/2016 na região produtora de ‘abacaxi terra de areia’.

Observa-se uma tendência a menor amplitude térmica em Tramandaí e Torres o que se deve a maior proximidade da estação meteorológica com o oceano e uma maior amplitude nas estações mais continentais, o que propicia melhor qualidade de frutos.

O ano de 2015 foi caracterizado no estado do Rio Grande do Sul por altos volumes de precipitação em função da influencia do fenômeno El Niño, sendo a variabilidade da precipitação entre os meses do ano dentro do esperado (Figura 2). Os maiores volumes foram registrados em Terra de Areia com 3559,2 mm anuais e os menores valores registrados em Tramandaí com total de 1899,2 mm. Os volumes totais de precipitação de 2015 ficaram acima da média histórica da região em todos os municípios. Em 2015 os menores volumes foram registrados nos meses de fevereiro, março e abril em Tramandaí com 73,6mm, 57,8mm e 76,2 mm, respectivamente. Os maiores volumes de precipitação registrados em 2015 foram em fevereiro (409,4mm), maio (470,8 mm) e outubro (406,6 mm) em Terra de Areia. Em 2016 os volumes registrados foram extremamente baixos na maioria dos meses nos diferentes locais, com registros no mês de junho de apenas 30 mm em Torres e 47 mm em Tramandaí. A exceção foi o mês de março de 2016, onde foram registrados volumes altos com 445,4 mm em Terra de Areia e 335,4 mm em Tramandaí. O ano de 2016 apresentou maior variabilidade na distribuição da precipitação pluvial entre os locais em comparação a 2015.

CONCLUSÕES

Houve maior variabilidade das temperaturas, médias, máximas e mínimas em 2016 em comparação com 2015. Há menor amplitude térmica em Tramandaí e Torres e uma maior amplitude nas estações mais continentais. Nos dois anos avaliados as temperaturas médias foram superiores a normal. No ano de 2015 a precipitação pluvial foi superior à normal climatológica, enquanto em 2016 os volumes foram inferiores a média na maioria dos meses.

REFERÊNCIAS

AMBROSINI, L. B.; OLIVEIRA, C. A. O. de.; FAVRETO, R. Evolução dos sistemas agrários no território de produção do “abacaxi terra de areia” no litoral do Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento Regional em debate**. v. 7, n. 1, 2017, p. 25-50.

CARDOSO, L. S. et al. Caracterização macroclimática da região produtora de abacaxi “terra de areia”. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 19, 2015, Lavras. **Anais...** Lavras: CBAGRO, 2015.

CUNHA, G. A. P. **Cultura do abacaxi na região de Itaberaba, em condições de sequeiro**. 2003. Em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Abacaxi/abacaxi-itaberaba/clima.htm>, acesso em abril de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. (2010) Banco de dados

agregados. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>, acesso em março de 2015.

NASCENTE, A.S. et al. **Cultivo do abacaxi em Rondônia**. Porto Velho. 2005. Disponível:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Abacaxi/CultivodoAbacaxiRO/autores.htm>>Online. Acesso em abril de 2015.

SANTIN, A.; PINHEIRO, M.F.M.. A cultura do abacaxizeiro no Litoral Norte do RS: histórico, problemas e perspectivas. **Letras da Terra**, n. 20. 2009. p.10. Disponível em: <http://www.agptea.org.br/imagem/pdf/LT20FINAL.pdf>, acesso em outubro de 2015.

PRODUTIVIDADE DE AÇAÍ CULTIVADO EM TERRA FIRME NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CASTANHAL-PA

Deborah Luciany Pires Costa¹, Denis de Pinho Sousa², Vandeilson Belfort Moura³, Wagner Rômulo Lima Lopes Filho⁴, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza⁵

¹Eng. Agrônoma, MSc em Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, deborahpires.agro@gmail.com; ²Engenheiro Agrônomo, Doutorando em agronomia, Universidade Federal da Amazônia, Belém, Pará, denisdepinho@agronomo.eng.br; ³Mestrando em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, vandeilsonbelfort@hotmail.com; ⁴Eng. Agrônomo, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, wagnerfilho_07@hotmail.com; ⁵Prof^o. Dr., Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br

RESUMO: O açaí é uma palmeira de relevância à economia do Brasil, em especial ao Pará, que é o maior produtor nacional, e conhecer a interação desta frutífera com ambiente é indispensável para otimizar sua produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de açaí de terra firme cultivado durante os anos de 2015 e 2016 nas condições climáticas do Nordeste Paraense. Para tanto, foi conduzido o experimento em um área de 1,3 hectares, cv. BRS-Pará, na Fazenda Escola da UFRA, em Castanhal-PA. Os dados de clima foram adquiridos pela estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação de Castanhal-A202, localizada nas coordenadas Latitude: -1.300875° e Longitude: -47.947967°. O DPV foi calculado a partir da metodologia de Tetens (1930). A produtividade foi avaliada em quantitativos total anual de kg do fruto por hectare. No ano de 2015 não foi aplicado sistema de irrigação, já em 2016 foi utilizado aspersores com disponibilidade hídrica de 5 mm dia⁻¹ entre os meses de agosto a dezembro. Densidade de plantas na área de estudo foi de 1875 plantas ha⁻¹. A produtividade do anos de 2016 foi 60% maior que a 2015. Em que os principais responsáveis por essa diferença foram o volume de precipitação e incremento de irrigação que ocorreu no ano de 2016.

PALAVRAS-CHAVE: *Euterpe oleracea* Mart.; Condições Ambientais; Irrigação.

PRODUCTIVITY OF AÇAÍ CULTIVATED ON GROUND FIRM IN THE CLIMATE CONDITIONS OF CASTANHAL-PA

ABSTRACT: Açaí is a palm tree of relevance to the Brazilian economy, especially to Pará, which is the largest national producer, and knowing the interaction of this fruit with the environment is indispensable to optimize its production. The objective of this work was to evaluate the productivity of açaí of terra firme cultivated during the years of 2015 and 2016 in the climatic conditions of the Nordeste Paraense. For this, the experiment was conducted in an area of 1.3 hectares, cv. BRS-Pará, in the School Farm of UFRA, in Castanhal-PA. The weather data were acquired by meteorological station of the National Institute of Meteorology (INMT), by station of Castanhal-A202, located at the coordinates Latitude: -1.300875° and Longitude: -47.947967°. The DPV was calculated from the methodology of Tetens (1930). The productivity was evaluated in quantitative total annual kg of fruit per hectare. In the year 2015 was not applied irrigation system, already in 2016, was used with the availability of 5 mm in diameter between the months of August to December. Density of plants in the study area for 1875 plants ha⁻¹. The productivity of 2015 years was less than 2016, around 60% lower. In that the main responsible for this difference were the volume of precipitation and increase of irrigation that occurred in the year of 2016.

KEY-WORDS: *Euterpe oleracea* Mart.; Environmental conditions; Irrigation.

INTRODUÇÃO

O açazeiro é uma espécie nativa da Amazônia, encontrada principalmente em terrenos de várzea no estuário de rios (SILVESTRE et al., 2016). Até o final do século XX, era considerado um produto da alimentação básica das populações ribeirinhas e das camadas de baixa renda. A partir de meados da década de 90, o suco de açaí foi gradativamente conquistando novas fronteiras de mercado, atendendo não apenas o mercado local, mas também as outras regiões do país e, ainda, o mercado internacional (SOUSA, 2011).

O Pará é o maior produtor do Brasil, seguido pelo Amazonas e o Acre, no contexto paraense a região de maior expressão produtiva são os municípios do Nordeste Paraense, em que produziram em 2015 cerca de 80 mil toneladas, gerando receitas de aproximadamente 200 milhões (IBGE, 2015).

O açazeiro tem alta demanda de água na fase reprodutiva, apresentando duas safras anuais que ocorrem em função da disponibilidade de água no ambiente. Em função dessa demanda de água para produção, atualmente, muitos produtores de açaí em terra firme optaram por implantação de sistemas de irrigação (RIBEIRO, 2016). Essa alternativa tem também o intuito de aumentar a produtividade na entressafra, o que gera demanda de conhecimento de como a planta responde as condições ambientais.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de açaí cultivado em terra firme em dois anos, 2015 e 2016, com presença e ausência de irrigação, respectivamente, nas condições climáticas do Município de Castanhal-PA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Escola de Castanhal, pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia, Município de Castanhal, nordeste paraense (01° 17' S e 47°55' W). O estudo foi realizado em uma área de 1,3 ha com cultivo de açaí (*Euterpe oleracea*) cv. BRS-Pará. Foi avaliado rendimento em kg ha⁻¹ ano⁻¹ nos anos de 2015 e 2016, em idades de 6 e 7 anos, respectivamente. No ano de 2015 não houve irrigação na área. Já em 2016 foi realizado irrigação com sistema de microaspersão, com entrada de lâmina de água de 5 mm dia⁻¹, em que foi realizado irrigação na época seca, que correspondeu ao período de agosto a dezembro. As plantas de açaí são espaçadas em 4x4, com total de 625 touceiras ha⁻¹, em que cada touceira tem 3 estipes de plantas, totalizando 1.875 plantas ha⁻¹.

Os dados de clima foram adquiridos pela estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação de Castanhal-A202, localizada nas coordenadas Latitude: -1.300875° e Longitude: -47.947967°.

O déficit de pressão de vapor (DPV) foi calculado a partir dos dados de temperatura do ar e da umidade relativa, através da Equação 1. Para o cálculo de pressão de saturação de vapor d'água (e_s), dada em kPa, foi utilizada a equação de Tetens (1930) (Eq. 2). E para o cálculo da pressão parcial de vapor d'água (e_a), foi usada a Equação 3.

$$DPV = (e_s - e_a) \quad (1)$$

$$e_s = 0,6108 * 10^{\frac{7,5 * T}{237,3 + T}} \quad (2)$$

$$UR = \frac{e_a}{e_s} * 100 \quad (3)$$

em que, T é a temperatura média do ar (°C), e UR é a umidade relativa do ar (%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliadas a produtividade de plantio de açaí nas condições climáticas do Município de Castanhal (Tabela 1). A Temperatura média do ar no ano de 2016 foi inferior 0,69 °C quando comparado ano de 2015, isto é, 2015 foi um ano mais quente, o que refletiu em outras condições ambientais, tais como Umidade Relativa que foi menor que 2016, e no Déficit de Pressão de Vapor (DPV) que foi maior que o ano seguinte. O acumulado de precipitação também foi maior em 2016 que em 2015, com acréscimo de 417,60 mm.

Tabela 2. Condições climáticas produtividade de frutos de açaí nos anos de 2015 e 2016 em Castanhal-PA.

Ano		Tar (°C)	UR (%)	DPV (kPa)	PP	Produtividade (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
2015	Média	27,59	73,70	0,97	1.013,80	3.230,77
	±	3,31	15,60	0,65		
2016	Média	26,90	78,78	0,75	1.431,40	5.384,62
	±	3,03	13,83	0,65		

Fonte: Os autores.

Dessa forma, observou-se que, de maneira geral, as condições ambientais dos anos determinaram a produtividade de açaí, uma vez que em 2016, a produção foi 60% superior ao ano de 2015, que foi configurado um ano de El Niño, na Amazônia reflete em um ano mais seco. Além do volume de chuvas superiores em 2016, o aumento dessa produtividade foi alta devido ao incremento de irrigação na época de baixa disponibilidade de água.

As frutíferas, assim como outras plantas, necessitam de quantitativo de água elevado na sua fase reprodutiva, o açaí, em especial, demanda essa quantidade principalmente no enchimento dos seus cachos. E as condições da atmosfera, como Tar, UR e DPV também influenciam a produção por conta que esses elementos climáticos são chaves para a variabilidades de trocas gasosas, tais com transpiração condutância estomática e fotossíntese, a qual esta última é responsável pela produção (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A lâmina de 5 mm dia⁻¹ usada na irrigação dos açazais no Pará são utilizados de forma empírica, isto é, não há estudos que testaram ainda a melhor disponibilidade hídrica para os cultivo de açazais em terra firme, apesar da relevância que o fruto representa ao estado.

Gasparini et al. (2015), realizou um estudo de zoneamento de melhores regiões para produção do fruto, em que concluiu que as regiões inaptas à deficiência hídrica e precipitação, podem se tornar viáveis à implantação do açaí, por meio do uso de manejo

adequado de sistema de irrigação ou qualquer alternativa que ofereça as condições necessárias à cultura. Porém, assim como o presente estudo, os autores corroboram em afirmar que há necessidade de estudos mais detalhados e com outras variáveis agroclimáticas.

CONCLUSÕES

A produtividade do açaí nas condições ambientais de Castanhal-PA foi superior no ano de 2016, sendo 60% maior que 2015. O volume de chuvas e incremento de lâmina de irrigação foram os principais responsáveis pelo aumento ocorrido, aliados a outras variáveis climáticas, que foram temperatura do ar (Tar) e umidade relativa (UR) e déficit de pressão de vapor (DPV).

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, a CAPES e a FADESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (processo nº 483402/2012-5) e a bolsa de produtividade do quinto autor (processo nº 311145/2013-2. À UFRA pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação-Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

GASPARINI, K. A. C. et al. Zoneamento agroclimático da cultura do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) para o estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 707, 2015.

RIBEIRO, V. **Estudo da Cadeia Produtiva do Açaí No Município de Turiaçu, Maranhão**. 2016. 36 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Maranhão, Curso de Geografia-PROEB. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2015**. Disponível: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2015/default_xls.shtm Acesso: 06 de jan de 2017.

SILVESTRE, W. V. D. et al. Morphological and physiological responses of açaí seedlings subjected to different watering regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 4, p. 364-371, 2016.

SOUSA, J. W. **Tendências de isomorfismo na estruturação do campo organizacional das agroindústrias exportadoras de açaí (Euterpe Oleracea Mart.) no nordeste paraense**. 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade da Amazônia, Belém. 2011.

TETENS, O. Ueber eniger meteorologische Begriffe. **Z. Geophys**, n.6, p. 297-309, 1930.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2013. 954p.

MODELAGEM DA RADIAÇÃO FOTOSINTETICAMENTE ATIVA INTERCEPTADA PELA 'CHENIN BLANC' EM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS

¹Herica Fernanda de Sousa carvalho, Magna Soelma Beserra de Moura², Michely Mirian Calixto de Lira³, Joana Mayra Alves de Senna⁴, Leide Dayane da Silva Oliveira⁵

¹Bolsista DTI, CNPQ, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, hericafernanda_17@hotmail.com;

²Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, magnamoura@embrapa.br; ³Estudante de Ciências Biológicas, UPE, Estagiária da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE; ⁴Estudante de Ciências Biológicas, UPE, Bolsista PIBIC/FACEPE, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE; ⁵Bióloga-UPE Petrolina-PE;

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi obter modelos matemáticos para estimativa fração da radiação fotossinteticamente interceptada (fRFAi) pela videira 'Chenin Blanc' sobre diferentes porta-enxertos no Submédio do Vale São Francisco. O experimento foi realizado no Campo Experimental de Bebedouro, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, durante o segundo semestre do ano de 2015. A cultivar utilizada foi a 'Chenin Blanc' plantada sobre os porta-enxertos 'IAC 572', 'IAC 313', 'IAC 766', 'SO4', 'Paulsen 1103' e 'Harmony', conduzidas no sistema em lira. Semanalmente, foram realizadas medidas da radiação fotossinteticamente ativa acima e abaixo do dossel de quatro plantas por tratamento utilizando o sensor portátil ceptômetro. Em seguida esses dados foram relacionados com o número de dias após a poda (DAP) para gerar equações, e assim estimar a fRFAi para todo o ciclo. O modelo que melhor representou a fRFAi para a 'Chenin Blanc' sob sistema de condução em lira foi o sigmoidal com três ('SO4', 'IAC 766', 'P1103' e 'Harmony') e quatro ('IAC 572' e 'IAC 313') parâmetros, significativos a 1% de probabilidade, podendo ser adotado para computar a RFA interceptada pela videira 'Chenin Blanc'.

PALAVRAS-CHAVE: accupar, videira, índice de área foliar.

MODELING FRACTION OF INTERCEPTED PHOTOSYNTHETICALLY ACTIVE RADIATION BY 'CHENIN BLANC' IN DIFFERENT ROOTSTOCKS

ABSTRACT: This work aimed to generate mathematical models to estimate the fraction of intercepted photosynthetically active radiation (fRFAi) for 'Chenin Blanc' grapevine on different rootstocks in the Lowmiddle San Francisco River Valley. The field campaign takes place on Experimental Field of Bebedouro, Embrapa Tropical Semi-arid, Petrolina Municipality, Brazil, during the second semester of the year 2015. The studied cultivar was 'Chenin Blanc' growing above 'IAC 572', 'IAC 313', 'IAC 766', 'SO4', 'Paulsen 1103', and 'Harmony' rootstocks, in lira training system. Weekly, from the pruning to harvest, it was measure photosynthetically active radiation above and below grapevine canopy by using the portable ceptometer. These data were used to calculate fRFAi and related to the days after pruning (DAP) to generate mathematical models for its estimate during whole productive vinegrape cycle. The best model to represent fRFAi for 'Chenin Blanc' was sigmoidal with three ('SO4', 'IAC 766', 'Paulsen 1103', and 'Harmony') and four ('IAC 572', and 'IAC 313') parameters ($p > 0.01$), and it can be used to calculate intercepted RFA by 'Chenin Blanc' canopy.

KEY-WORDS: accupar, grapevine, leaf area index.

INTRODUÇÃO

A radiação solar é a única fonte de energia para os vegetais realizarem seus processos fisiológicos e bioquímicos. Porém, considera-se apenas uma fração de energia, a qual corresponde à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) sendo um parâmetro biofísico útil para monitoramento do crescimento de culturas e estimativa de produtividade (DON, 2015), uma vez que tem relação direta com a taxa fotossintética.

Contudo, seu uso efetivo pelas plantas depende da disponibilidade e da capacidade de interceptá-la em seu dossel, que por sua vez varia de acordo com as características morfológicas (RUIZ; BERTERO, 2008). No Submédio do Vale do São Francisco, mais especificamente na região de Petrolina e Juazeiro, as condições climáticas, associadas ao uso da irrigação e manejo do parreiral, proporcionam a produção de videira para mesa, suco e vinho o ano inteiro (SÁ; SILVA; BANDEIRA, 2015). As principais cultivares para produção de vinhos são Syrah e Chenin Blanc, respectivamente para vinhos tintos e brancos, todavia suas respostas produtivas estão sendo avaliadas sobre diversos porta-enxertos a fim de identificar os mais indicados para estas cultivares sob as condições tropicais irrigadas.

Portanto, o conhecimento da fração da radiação fotossinteticamente interceptada (*fRFAi*) torna-se necessária para avaliar as interações entre o comportamento produtivo de culturas e as condições do ambiente. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi obter modelos matemáticos para estimativa *fRFAi* e computar a radiação interceptada pela videira ‘Chenin Blanc’ sobre diferentes porta-enxertos no Submédio do Vale São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro (09°08’S, 40°18’W, 370 m), Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, cujo clima é semiárido segundo a classificação de Koppen, com estação chuvosa compreendida entre os meses de dezembro e abril, sendo a média anual de precipitação de 540 mm e temperatura do ar média igual a 26,2°C (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2015). O solo da área experimental é classificado como Podzólico Amarelo Eutófico Latossólico.

O estudo foi realizado em um parreiral cuja poda foi realizada em 06 de julho e a colheita em 29 de outubro de 2015. A cultivar utilizada foi a ‘Chenin Blanc’ plantada sobre os porta-enxertos ‘IAC 572’, ‘IAC 313’, ‘IAC 766’, ‘SO4’, ‘Paulsen 1103’ e ‘Harmony’, no sistema de condução lira, com espaçamento de 4,2 x 1,0 m. Por ocasião da poda foram deixados 12 ramos por planta, sendo seis de cada lado do tronco principal, e dois brotos por ramo.

Para determinar a fração da radiação fotossinteticamente ativa interceptada (*fRFAi*) foi utilizado o método não destrutivo de interceptação da luz, por meio do sensor portátil ceptômetro (AccuPAR, LP-80, Decagon Devices, Pullman, USA), realizando medidas de radiação fotossinteticamente ativa acima (*RFA_t*) e abaixo (*RFA_b*) do dossel. As medições foram realizadas semanalmente, em quatro plantas da cultivar ‘Chenin Blanc’ sobre cada porta-enxerto, totalizando 24 plantas amostradas em cada data de avaliação. A determinação da fração da radiação fotossinteticamente ativa foi determinada por meio da equação 1:

$$fRFAi = 1 - \left(\frac{RFA_b}{RFA_t} \right) \quad (1)$$

em que $fRFAi$ = fração da radiação fotossinteticamente ativa (adimensional), $RFAb$ = radiação fotossinteticamente ativa abaixo do dossel ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e $RFAc$ = radiação fotossinteticamente acima do dossel ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

A $fRFAi$ foi modelada com o número de dias após a poda (DAP) a fim de representar seu comportamento ao longo de todo período produtivo. Para isso, foram testados vários modelos matemáticos e selecionados aqueles que apresentaram maior valor de coeficiente de determinação (R^2) para cada porta-enxerto, utilizando-se o SigmaPlot®, que também apresentou a significância de cada parâmetro do modelo. Posteriormente, estimou-se a radiação fotossinteticamente ativa interceptada ($RFAint$) pelo dossel da ‘Chenin Blanc’ cultivada sob os diferentes porta-enxertos, cuja informação dá um indicativo do vigor do proporcionado pela associação enxerto x porta-enxerto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo que melhor ajustou a fração da radiação fotossinteticamente ativa interceptada ($fPARI$) com os dias após a poda (DAP) para a cultivar ‘Chenin Blanc’ nos porta-enxertos ‘SO4’, ‘IAC 766’, ‘P1103’ e ‘Harmony’ foi o sigmoidal de três parâmetros, enquanto para o ‘IAC 572’ e ‘IAC 313’ foi o sigmoidal de quatro parâmetros (Figura 1). Todos os modelos selecionados apresentaram coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,86, alcançando valores da ordem de 0,93, e foram significativos a 1% de probabilidade (Figura 1).

Na Figura 1 pode-se observar o comportamento sazonal da $fRFAi$ pela ‘Chenin Blanc’, onde os menores valores (em torno de 0,1) aconteceram por volta dos 10 dias após a poda (DAP), demonstrando que nesse período estão ocorrendo as primeiras brotações da videira, seguidos de rápido crescimento vegetativo, quando ocorrem as máximas intercepções entre os 40 e 60 DAP, variando de acordo com o porta-enxerto. Segundo Orlandini; Marta; Mattii (2008) o sistema de condução em lira alcançou máxima intercepção de luz com valores da ordem de 32% e 52% em dois ciclos de avaliação da videira ‘Sangiovese’ sobre o porta-enxerto 420A, na Itália.

Tanto a época em que ocorre a máxima intercepção de radiação quanto o valor da $fRAFi$ têm relação com o vigor dos porta-enxertos. Sobre o ‘IAC 572’ e ‘SO4’, a ‘Chenin Blanc’ apresentou maior desenvolvimento vegetativo, com $fRFAi$ superior a 0,8, enquanto sobre o ‘Harmony’ foram observados valores em torno de 0,6, sendo este conhecido como de menor vigor. Vale et al. (2015) verificaram que sobre o ‘IAC 572’ e ‘IAC 313’, a cultivar copa ‘Syrah’ apresentou maior índice de área foliar sob as condições do Submédio São Francisco, sem diferença no valor da $fRFAi$. Para esse mesmo local, Gomes et al. (2013) não verificaram diferença na massa foliar obtida no material de poda da ‘Syrah’ e ‘Chenin Blanc’ sobre os mesmos porta-enxertos avaliados no presente estudo, exceto para o ‘Harmony’.

Importante destacar que as atividades de manejo de dossel, como amarrios, desfolhas e despontes, apesar de visíveis na Figura 1, quando se observam oscilações nos padrões da $fRFAi$ ao longo do ciclo, não são representados pelos modelos matemáticos.

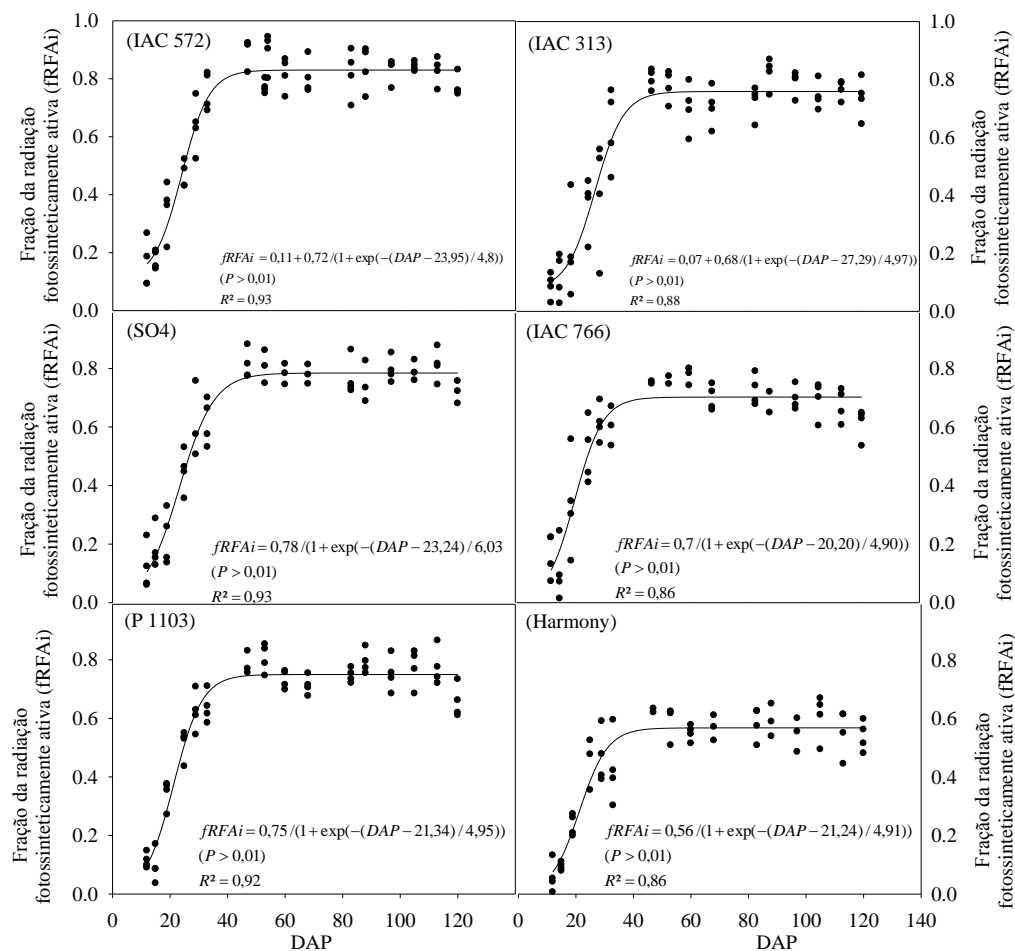


Figura 1. Modelos matemáticos para a fração de radiação fotossinteticamente ativa interceptada (fRFAi) pela videira ‘Chenin Blanc’ sobre diferentes porta-enxertos, no sistema de condução em lira, no Submédio do Vale São Francisco.

Com esses modelos foi possível calcular a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel da ‘Chenin Blanc’ ao longo do ciclo produtivo do segundo semestre de 2015, que apresentaram valores de 824,77; 732,21; 769,41; 729,48; 748,39; 584,39 MJ m⁻², respectivamente para os porta-enxertos ‘IAC 572’, ‘IAC 313’, ‘SO4’, ‘IAC 766’, ‘P1103’ e ‘Harmony’, sendo esta a ordem de maior vigor proporcionado pelos porta-enxertos à cultivar copa.

CONCLUSÕES

O modelo matemático sigmoidal pode ser adotado para estimativa da fração da radiação fotossinteticamente ativa interceptada (fPARi) pela videira ‘Chenin Blanc’, podendo ser utilizado para o cômputo da interceptação de radiação pelo dossel, que se relaciona com vigor vegetativo e a produção de cachos.

REFERÊNCIAS

DONG, T. et al. Modified vegetation indices for estimating crop fraction of absorbed photosynthetically active radiation. **International Journal of Remote Sensing**, p. 3097-3113, 2015.

EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Médias anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro. Petrolina, 2015.** Disponível em: <<http://www.cpatssa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>> Acesso em: 16.03.2015.

GOMES, T. de F. et al. Influência do sistema de condução e de porta-enxertos sobre a produção e vigor de videiras jovens Syrah e Chenin Blanc. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 8., 2013, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. p. 239-245. (Embrapa Semiárido. Documentos, 253).

ORLANDINI, S.; MARTA, D. A.; MATTII, G. B. Analysis and agrometeorological modelling of grapevine responses to different trellising systems. **Vitis**, v.47, n. 2, p.89-96, 2008

SÁ, N. C.; SILVA, E. M. S.; BANDEIRA, A. S. A cultura da uva e do vinho no Vale do São Francisco. **Revista de desenvolvimento econômico**, p.461-491, 2015.

RADIN, et al. Eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. **Revista agropecuária brasileira**, v.38, n.9, p.1017-1023, 2003.

RUIZ, R. A.; BERTERO, H. D. Light interception and radiation use efficiency in temperate quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. **European Journal of Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 144-152, 2008.

VALE, C. N. C. et al. Índice de área foliar e radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela videira de vinho sob diferentes porta-enxertos e sistemas de condução no Submédio do Vale São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 19., 2015, Lavras. Agrometeorologia no século 21: o desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros: **Anais...** Lavras: UFLA, 2015. p. 1002-1007.

MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM PERÍODOS CHUVOSO E SECO EM MOSSORÓ-RN

Anna Kézia Soares de Oliveira¹, Isaac Alves da Silva Freitas², Ana Luzia Medeiros Luz Espínola³, Rudah Marques Manicoba⁴, José Espínola Sobrinho⁵

¹Graduanda em agronomia - Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq, UFERSA, Mossoró, RN, annakezia@outlook.com ² Engenheiro Agrônomo, Mestrando Manejo de solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, isaacntn@outlook.com; ³ Arquiteta e Urbanista, Mossoró, RN, aninhaespinola@hotmail.com; ⁴ Eng. Agrícola e Ambiental Doutorando PPMSA, UFERSA, Mossoró, RN, rudahmanicoba@gmail.com; ⁵Doutor, Professor titular, UFERSA, Mossoró, RN, jespínola@ufersa.edu.br.

RESUMO: Avaliou-se o desempenho do método proposto por Hargreaves & Samani que é considerado empírico, e convenientemente necessita de uma menor quantidade de informações meteorológicas, com o método Penman-Monteith-FAO 56, em dois anos distintos, sendo um chuvoso e outro seco. Os dados diários obtidos pelos dois métodos foram correlacionados através de regressão linear. A evapotranspiração de referência média anual diária pelo método Penman-Monteith-FAO foi 5,12 mm dia⁻¹ para o ano seco e 4,18 mm dia⁻¹ para o ano chuvoso. Nesses mesmos anos os valores obtidos pela metodologia de Hargreaves & Samani, para os anos seco e chuvoso, respectivamente, foram 5,13 e 5,09 mm dia⁻¹, mostrando através dos valores de “r” 0,72 para o ano seco e 0,86 para o ano chuvoso, uma forte correlação.

PALAVRAS-CHAVE: Índices estatísticos, Penman-Monteith, Hargreaves & Samani.

METHODS OF ESTIMATION OF EVAPOTRANSPIRATION OF REFERENCE IN THE RAINY AND DRY PERIOD IN MOSSORÓ-RN

ABSTRACT: In this paper will be evaluated the performance of the method proposed by Hargreaves and Samani, which is considered empirical, and conveniently requires a smaller amount of meteorological information, using the Penman - Monteith method FAO 56, in two distinct years, one rainy and one dry, the Measured data were correlated with those estimated using linear regression. ETo data for PM were 5.12 mm day⁻¹ for the dry year and 4.18 mm day⁻¹ for the rainy year, whereas Hargreaves and Samani values were 5.13 and 5.09 mm day⁻¹ respectively. Showing "r" value of 0.72 for the dry year and 0.86 for the rainy year, being considered as a strongly correlated.

KEY-WORDS: Methods of estimation, Penman-Monteith, Hargreaves & Samani.

INTRODUÇÃO

A estimativa adequada da evapotranspiração da cultura (ET_c) consiste no principal parâmetro a ser considerado no dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, uma vez que ela totaliza a quantidade de água utilizada nos processos de evaporação e transpiração pela cultura durante determinado período. A ET_c pode ser obtida por meio do valor da evapotranspiração de uma cultura de referência (ET_o) corrigida pelo coeficiente da cultura (K_c), que depende do tipo de cultura e de seu estágio de desenvolvimento (SILVA et al.; et al, 2009). Existem vários métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) disponíveis na literatura. Segundo Allen et al. (2006) devido a comprovada precisão do método Penman – Monteith FAO

56, este é o mais recomendado para utilização como padrão de comparação com outros métodos. Embora tenham sido verificadas consistência e ótimo desempenho deste método, o requerimento de um conjunto amplo de dados impõe obstáculos à sua difusão, principalmente aos pequenos produtores, para os quais os custos de aquisição de estações meteorológicas automáticas são muito altos. Quando não é possível essa obtenção de dados meteorológicos, se faz necessário o uso de métodos com necessidade de uma menor quantidade de dados.

Deve-se observar, contudo, que o desempenho dos vários métodos na determinação da evapotranspiração de referência depende das condições climáticas locais. Diante do exposto, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar o desempenho do método Hargreaves & Samani para a estimativa da ETo em dois diferentes anos, sendo um chuvoso e outro seco, comparando-o com o método padrão de Penman-Monteith-FAO 56, em Mossoró-RN, visando verificar a viabilidade e confiabilidade de um método mais simples, com menor número de variáveis de entrada, em diferentes condições meteorológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste experimento foram obtidos por meio de uma estação meteorológica pertencente à Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), localizada na cidade de Mossoró-RN, cujas coordenadas geográficas são: latitude 5° 11' 48" S, longitude 37° 20' 44" W. e altitude de 37 m. O clima do local segundo W. KÖEPPEN citado por CARMO FILHO et al. (1991), é BSW_h, ou seja: seco, muito quente e com chuvas no período de verão-outono. Para os cálculos foram utilizados dados diários de temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa máxima e mínima, radiação solar global, precipitação pluviométrica e velocidade do vento, coletados no período de 01 de janeiro de 2011 a 31 de dezembro de 2012. Onde 2011 foi considerado o ano chuvoso, onde apresentou pluviosidade anual de 947,56 mm, enquanto o ano de 2012 foi considerado seco, pois apresentou pluviosidade anual de 223,9 mm.

A ETo foi obtida por duas metodologias diferentes: Penman – Monteith FAO 56, considerado padrão, usando-se a equação:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Em que: R_n é o saldo de radiação, G é o fluxo de calor no solo, ambos expressas em (MJ m⁻²dia⁻¹), γ é a constante psicrométrica (kPa °C⁻¹), Δ é a declinação da curva de saturação do vapor da água (KPa °C⁻¹) e U₂ é a velocidade do vento (média diária) (m.s⁻¹) a 2m acima da superfície do solo; e_s: Pressão de saturação do vapor médio diário (kPa); e_a: Pressão atual de vapor médio diário (kPa); T: Temperatura média diária do ar a 2m de altura (°C). O método utilizado para comparação com o método padrão foi o de Hargreaves & Samani, que foi desenvolvido para ser usado em condições semiáridas. Usando-se a equação:

$$ET_0 = 0,0023 \times Q_0 (T_{\max} - T_{\min})^{0,5} \times (T + 17,8) \quad (2)$$

Em que: Q₀ é a radiação extraterrestre transformada em lâmina de água (mm dia⁻¹); T_{max} é a temperatura máxima (°C); e T_{min} a temperatura mínima (°C) do ar.

A análise comparativa entre o método padrão e o avaliado, foi feita por meio de regressão linear, onde a variável dependente foi considerada a ETo do método padrão e a independente a ETo do método avaliado. Também foram determinados os seguintes índices estatísticos de comparação sugeridos por CAMARGO E SENTELHAS (1997): o grau de precisão foi obtido por meio do coeficiente de correlação “r”, a exatidão foi avaliada pelo índice de Willmott “d” e o desempenho pelo indicador “c”. Sendo c obtido pelo produto de d * r. Onde os valores de “c” são classificados conforme a Tabela 1. A verificação dos erros proporcionados pelas estimativas foi realizada pelo cálculo do erro padrão da estimativa (EPE) conforme Jensen et al., (1990).

Tabela 1. Valores dos coeficientes de desempenho conforme Camargo e Sentelhas (1997).

Valor de “c”	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios diários de evapotranspiração de referência obtidos para os anos de 2011, ano chuvoso e 2012, ano seco, foram, respectivamente, 4,18 e 5,12 mm dia⁻¹ para Penman – Monteith FAO 56 e 5,09 e 5,13 para Hargreaves & Samani.

A Figura 1 apresenta a análise de regressão linear entre os valores estimados de ETo, bem como o coeficiente de determinação (R²) de 0,7542 para o período anual chuvoso. Observa-se que o método estudado apresentou um desempenho mediano com índices (c=0,6485; d= 0,7536; EEP= 1,11 mm.dia⁻¹), sendo superior ao verificado no período anual seco.

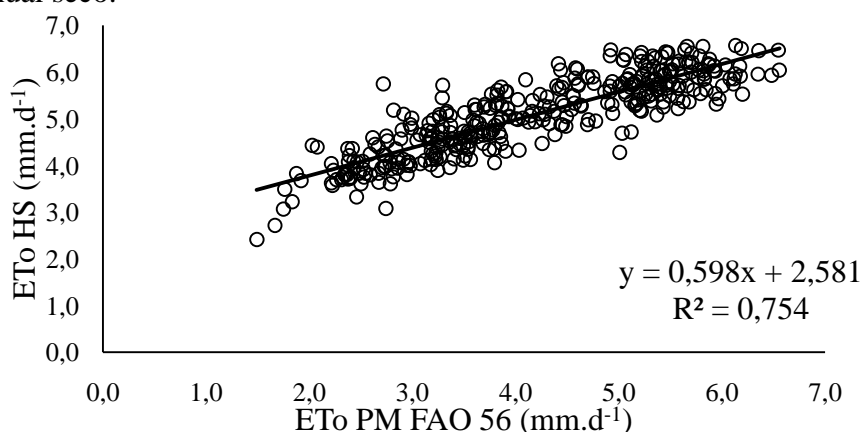


Figura 1. Regressão linear entre valores diários da ETo para o período chuvoso, estimados segundo o método de Penman – Monteith FAO 56 (PM FAO 56) (eixo x) em relação ao método Hargreaves & Samani (HS) (eixo y), em Mossoró-RN, 2011.

Na Figura 2 está apresentada a análise de regressão linear entre os valores estimados de ETo, bem como o coeficiente de determinação (R²) de 0,5275 para o ano seco. Observa-se que o modelo de Hargreaves & Samani não apresentou um bom ajuste ao método padrão e apresentou desempenho sofrível (c= 0,59, d= 0,7536, EPE=1,1116).

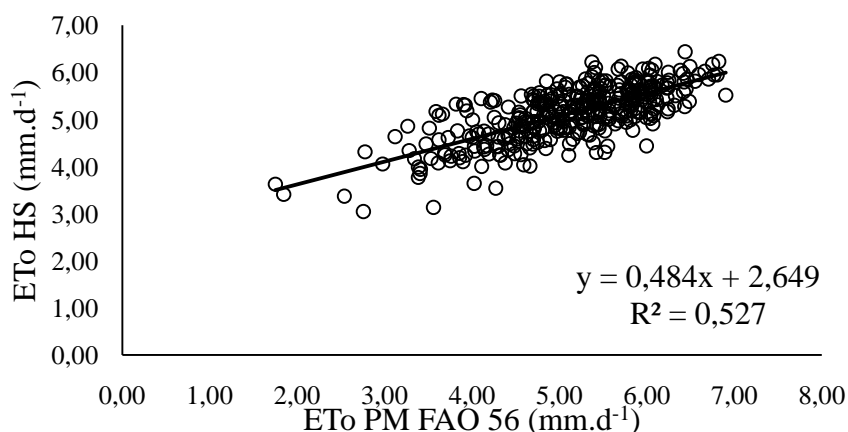


Figura 2. Regressão linear entre valores diários da ET₀ para o período seco, estimados segundo o método de Penman – Monteith FAO 56 (PM FAO 56) (eixo x) em relação ao método Hargreaves & Samani (eixo y), em Mossoró-RN, 2012.

Na tabela 2 estão apresentados os coeficientes de determinação (R^2), coeficiente de correlação (r), estimativa do erro-padrão (EPE), índice de concordância (d) e índice de confiança ou desempenho (c). Com relação ao índice “ d ” que avalia a exatidão (concordância) dos valores de ET₀ estimados pelos métodos propostos, que analisa o método de Hargreaves & Samani comparado com o método padrão Penman – Monteith FAO 56, apresentaram valor de 0,75 (ano chuvoso) e 0,81 (ano seco) considerados, portanto, como de boa concordância. O método de Hargreaves & Samani apresentou redução elevada nos indicadores estatísticos, no ano seco em relação aos obtidos para o ano chuvoso, a variabilidade observada no desempenho da equação pode ser explicada pelo efeito da sazonalidade das chuvas no local.

Tabela 2. Coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de correlação (r), estimativa do erro-padrão (EPE), índice de concordância (d) e índice de confiança ou desempenho (c) nas escalas diárias para os anos: chuvoso e seco respectivamente.

Ano	R	R ²	d	C	EPE	Desempenho
2011	0,8606	0,7407	0,7536	0,6485	1,1116	Mediano
2012	0,7263	0,5275	0,8127	0,5903	0,5918	Sofrível

CONCLUSÕES

Verificou-se que, mesmo em condições climáticas divergentes, os valores de ET₀ encontrados pelos métodos padrão Penman – Monteith FAO 56 e Hargreaves & Samani, apresentaram uma ótima correlação, principalmente no ano chuvoso de 2011. Na análise comparativa os resultados apresentaram um desempenho mediano para o ano de 2011 e sofrível para 2012.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio Riego e Drenaje, Paper 56).

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. **Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1. p. 89-97, 1997.

CARMO FILHO, F. do; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados meteorológicos de Mossoró (janeiro de 1988 a dezembro de 1990).** Mossoró: ESAM, 1991. v. 4, 470 p.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements.** New York: ASCE, 1990. 332 p.

SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; AZEVEDO, P. V. de. Wateruse efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 1, n. 120, p. 467-472, 2009.

ANÁLISE DAS COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO EM ALAGOAS PARA DOIS PERÍODOS DE REFERÊNCIA DISTINTOS

Dário Mário dos Santos¹, Anacleto Marito Diogo², Nelson Pedro António Mateus³,
Manuel Agostinho Victor António⁴, Fabrício Daniel dos Santos Silva⁵

Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas,
deltasigma9419@gmail.com, anacletomarito@gmail.com, mateus12es@gmail.com,
manuel.antonio@icat.ufal.br, ⁵Professor adjunto, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade
Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, fabricao.santos@icat.ufal.br.

RESUMO: O Balanço Hídrico Climatológico pode-se aplicar para estimar parâmetros climáticos, para a classificação climática de uma região, comparação com climas de outras áreas, e identificação de locais favoráveis à exploração de uma determinada cultura. A aplicação do BHC tem sua maior importância na agricultura e recursos hídricos. Neste trabalho as componentes do BHC foram calculadas para dois períodos climatológicos distintos, 1961-1990 e 1981-2010 para cinco estações meteorológicas localizadas em duas cidades do sertão alagoano, uma cidade do agreste alagoano e duas cidades do leste alagoano, com intuito de verificar possíveis diferenças na reposição hídrica, armazenamento de água no solo, retirada e déficit hídrico. Verificou-se que nas estações do sertão e agreste alagoano houve redução do déficit hídrico no período climatológico mais recente 1981-2010. Em contrapartida, as duas estações localizadas no leste alagoano tiveram incremento no déficit hídrico e menor armazenamento de água no solo. Além da importância do monitoramento do BHC para fins de recursos hídricos, para as práticas agrícolas é fundamental para associar os cultivos de sequeiro as épocas de início de reposição hídrica e excedente hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: Armazenamento de água no solo, déficit hídrico, diferenças climatológicas.

ANALYSIS OF CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE COMPONENTS IN ALAGOAS TO TWO DIFFERENT REFERENCE PERIODS

ABSTRACT: The Climatological water balance (BHC) can be used to estimate climatic parameters, for the climate classification of a region, in comparison with the climate of other areas, and the identification of regions favourable to the exploitation of a particular crop. The most important application of BHC is in agriculture and water resources. In this work/paper, the BHC components were calculated for two distinct climatological periods, 1961-1990 and 1981-2010 for five meteorological stations located in two cities of the Alagoan hinterland, a city in the humid zone of Alagoas and two Eastern cities of Alagoas, in order to check the possible differences in water replenishment, soil water storage, and water deficit. It was verified that during the seasons of the Alagoan hinterland, there was a decrease in the water deficit in the most recent climatological period 1981-2010. In contrast, the two stations located in the East of Alagoas had increased in water deficit and lower storage of water in the soil. In addition to the importance of the BHC monitoring for water resources, for agricultural practices, It's of utmost importance to associate the rainfed or non irrigated crops with the beginning of water replenishment and water surplus

KEY-WORDS: Soil water storage, water deficit, climatological differences.

INTRODUÇÃO

Em suma, o BHC é a contabilidade entre a quantidade de água que entra e que sai em uma área de solo vegetado, definido como volume de controle, baseado no princípio de conservação de massa (PEREIRA et al., 2002). As componentes naturais do sistema, a entrada de água se dá apenas por precipitação (PREC) sendo desprezada a entrada por orvalho, e a perda d'água se dá pela Evapotranspiração Real (ETR) e pela percolação, a quantidade de água que se perde abaixo do alcance das raízes das plantas.

O BHC aplica-se para estimar parâmetros climáticos, para a classificação climática de uma região, comparação com climas de outras áreas e identificação de locais favoráveis à exploração de uma determinada cultura (TOMASELLA; ROSSATO, 2005). O método para determinação do BHC mais disseminado e usado é o proposto por Thornthwaite (1948) e modificado por Mather (1955), é eficiente na avaliação da variação temporal do armazenamento de água no solo, levando-se em conta estimativas da ETR, déficit hídrico (DEF) e excedente hídrico (EXC).

Sua maior importância é na agricultura e recursos hídricos. Moraes et al., (2015) investigaram por meio das componentes do BHC se as condições climáticas e de solo na região noroeste do Estado do RJ. Em região tão dependente do clima para suas atividades como o Nordeste do Brasil, principalmente para agricultura de sequeiro, onde a estação de cultivo deve coincidir com a estação chuvosa, a qual nem sempre é adequada e suficientemente longa para suprir as necessidades hídricas da cultura em todos os seus subperíodos de desenvolvimento (AZEVEDO; SILVA, 2007; AZEVEDO et al., 2004), estudar a evolução do padrão do BHC torna-se atividade de extrema relevância.

Nesta pesquisa, estuda-se o BHC para dados de cinco estações meteorológicas convencionais cedidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizadas em municípios representativos das três grandes mesorregiões do Estado de Alagoas. E consequente a variação de armazenamento de água no solo para dois períodos climatológicos distintos: 1961-1990 e 1981-2010, pretendendo-se com isso determinar se, nas condições observadas, já é possível detectar mudanças entre as variáveis principais do BHC.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados Meteorológicos

Os dados utilizados nesta pesquisa são provenientes de cinco estações meteorológicas convencionais administradas pelo (INMET) no Estado de Alagoas, do período compreendido entre 1961 a 2010, conforme ilustrado na Figura 1. As estações de Água Branca e Pão de Açúcar estão localizadas no sertão alagoano, Palmeira dos Índios no agreste alagoano, e Maceió e Porto de Pedras no leste alagoano. Os Metadados das estações estão na Tabela 1.

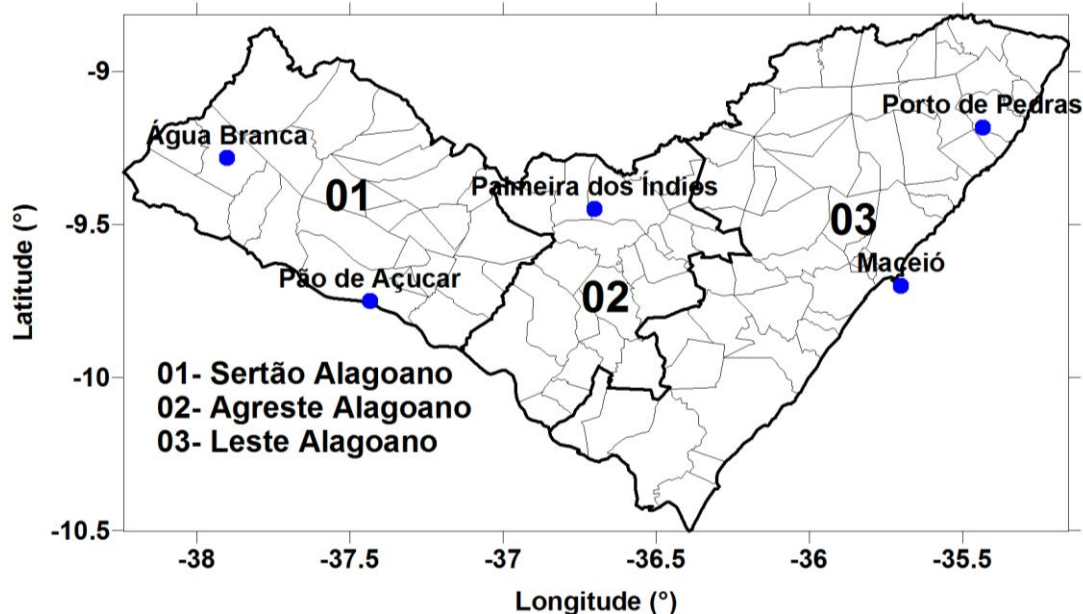


Figura 1: Distribuição geográfica das 5 estações meteorológicas convencionais do INMET nas mesorregiões do Estado de Alagoas.

Tabela 1. Código das estações meteorológicas do INMET no Estado de Alagoas e suas respectivas coordenadas.

Código da Estação	Nome da Estação	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
82989	Água Branca	-9,28	-37,90	605,3
82990	Pão de Açúcar	-9,75	-37,43	19,1
82992	Palmeira dos Índios	-9,45	-36,70	274,9
82994	Maceió	-9,70	-35,70	64,5
82996	Porto de Pedras	-9,18	-35,43	50,02

Evapotranspiração Potencial (ETP)

Os dados diários das estações meteorológicas supracitadas permitiram adotar o método de Penman-Monteith (PM) para o cálculo da ETP. A ETP constitui dado de entrada de particular importância para o cálculo de um BHC mais preciso. Este é o método para cálculo da ETP considerado padrão e recomendado pela FAO (ALLEN et al., 1998). Para seu cálculo necessita-se de dados de temperatura do ar (T), velocidade do vento a 2 m de altura (U2), umidade relativa do ar (UR) e do saldo de radiação (Rn). Entretanto, nem sempre essas informações estão disponíveis, havendo a necessidade, muitas vezes, da estimativa de uma ou mais variáveis, conforme metodologias sugeridas por Allen et al. (1998). Sua formulação é dada pela Equação 1.

$$ETP = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad \text{Equação 1}$$

onde:

Δ é a declividade da curva de pressão de vapor em relação a temperatura ($kPa^{\circ}C^{-1}$); Rn é o saldo de radiação diário ($MJm^{-2}dia^{-1}$); G é o fluxo total diário de calor no solo ($MJm^{-2}dia^{-1}$); γ é o coeficiente psicrométrico ($kPa^{\circ}C^{-1}$); U_2 é a velocidade do vento a

2m de altura (ms^{-1}); **es** é a pressão de saturação de vapor (kPa); **ea** é a pressão atual de vapor (kPa); **T** é a temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Δ é calculado pela seguinte expressão:

$$\Delta = \frac{4098 \left[0,6108 \exp \left(\frac{17,27T}{T+237,3} \right) \right]}{(T+237,3)^2} \quad \text{Equação 2}$$

o coeficiente γ é calculado pela equação: $\gamma = 0,665 \times 10^{-3} \text{Patm}$ Equação 3
em que Patm é a pressão atmosférica local (kPa)

A diferença entre e_s e e_a é denominada déficit de saturação. estes valores podem ser calculados por meio das seguintes expressões:

$$e_s = 0,6108 \exp \left[\frac{17,27T}{T+237,3} \right] \quad \text{Equação 4}$$

$$e_s = \frac{e_s \text{UR}}{100} \quad \text{Equação 5}$$

em que UR é a umidade relativa em %.

Outros importantes parâmetros necessários para o cálculo da ETP são o saldo de radiação, dado pelo somatório da radiação de ondas curtas e radiação de ondas longas, e o fluxo de calor no solo, cuja magnitude varia no intervalo de um a 10 dias é desprezível (eq. 42 - FAO 56). Por fim é necessário reduzir a velocidade do vento medida a 10m da estação para a altura do abrigo meteorológico, a 2m, conforme orientação da FAO56.

Balço Hídrico Climatológico (BHC)

De posse dos valores diários de precipitação, ETP calculada pelo método de PM, é necessário dispor do valor da CAD (Capacidade de Água Disponível) para cada município. A CAD é dependente do tipo de solo. Nesta pesquisa, foi adotada a CAD de 60mm para os municípios localizados no sertão e agreste alagoano, representativo de um solo com textura média entre argiloso e arenoso. para as duas estações localizadas no leste alagoano, área litorânea, foi utilizada uma CAD igual a 43,2mm, mais representativo de solos com textura arenosa, fornecida pela Embrapa solos.

Com estas informações inicia-se o cálculo do BHC com o objetivo de estimar suas principais variáveis: ETR, deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e variação do armazenamento de água no solo (ARM).

O BHC foi aplicado as médias decenais de cada mês para duas diferentes normais climatológicas: 1961-1990 e 1981-2010. Os resultados são comparados a fim de detectar mudanças nos padrões de comportamento das principais variáveis do BHC, por meio de tabelas e da comparação dos gráficos do extrato completo do BHC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Climatológica

Uma das formas de analisar o quão sensível é determinada área das condições de climáticas é estudando seu BHC. O BHC permite identificar períodos de deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC), além dos períodos de início da Retirada de água do solo (RET) como de reposição (REP). Compara-se neste estudo o BHC

decendial de dois períodos, 1961-1990 e 1981-2010, a fim de identificar mudanças nos padrões entre os mesmos, em cinco cidades alagoanas.

Água Branca

Em Água Branca, o período 1961-1990 é marcadamente menos úmido do que o 1981-2010 (Figura 2). Climatologicamente, não existe EXC em nenhum decêndio do período 1961-1990, apenas decêndios com reposição hídrica (Figura 2a). O DEF hídrico começa a enfraquecer no terceiro decêndio de abril, com a REP se estabelecendo do primeiro decêndio de junho até o segundo decêndio de julho, em seguida se reinicia a época de RET e restabelecimento do DEF que atinge o seu auge entre outubro e novembro.

Na Figura 2b, nota-se a diferença do BHC de 1981-2010 em relação ao período 1961-1990. A maior delas é o aparecimento de seis decêndios com EXC, entre o segundo de junho e o primeiro de agosto. Este resultado está diretamente associado ao aumento da precipitação nos meses mais chuvosos do ano e a diminuição da ETP que se deu, pelo aumento da umidade relativa associada a maior quantidade de precipitação. Não houve no período 1981-2010 diferenças significativas nas normais climatológicas da temperatura média.

Os resultados das Figuras 2a e 2b refletem-se na variação de armazenamento de água no solo, que no período 1961-1990 não é suficiente para atingir a CAD de 60mm (Figura 2c), por sua vez atingida no período 1981-2010 durante o segundo decêndio de junho até o primeiro de agosto (Figura 2d). O armazenamento efetivo de água no solo no período 1961-1990 foi de 244,1mm com 0mm de excedente, enquanto no período 1981-2010 604,9mm, com 67,9mm de excedente.

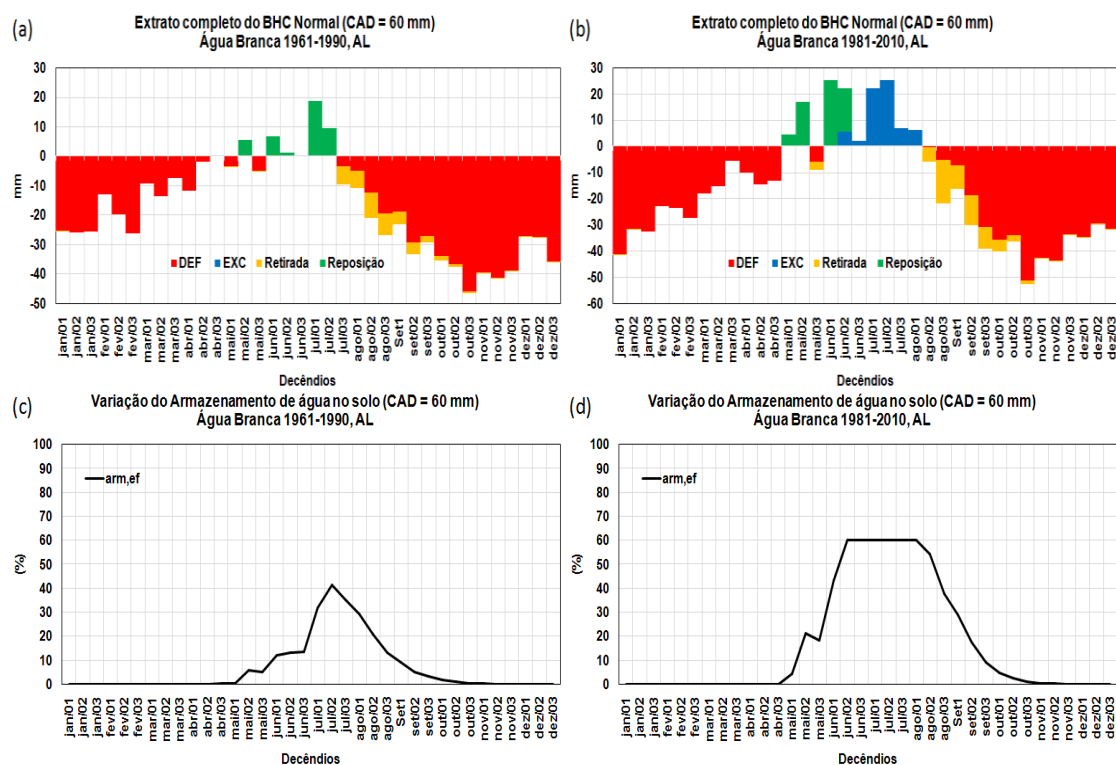


Figura 2: BHC decendial para Água Branca nos períodos 1961-1990 (a), 1981-2010 (b), e variação de armazenamento de água no solo nos períodos 1961-1990 (c), 1981-2010 (d).

Pão de Açúcar

Na estação de Pão de Açúcar não houve decêndios sequer com REP tanto no período 1961-1990 quanto em 1981-2010 (Figuras 3a e 3b), com respectivo impacto no armazenamento de água no solo, em média nulo para os dois períodos (Figuras 3c e 3d). Em números, os parâmetros do BHC são praticamente os mesmos para as duas climatologias, com DEF de 1376,1mm/ano para 1961-1990 e 1383,5mm para 1981-2010, com uma ETR da ordem de 550mm.

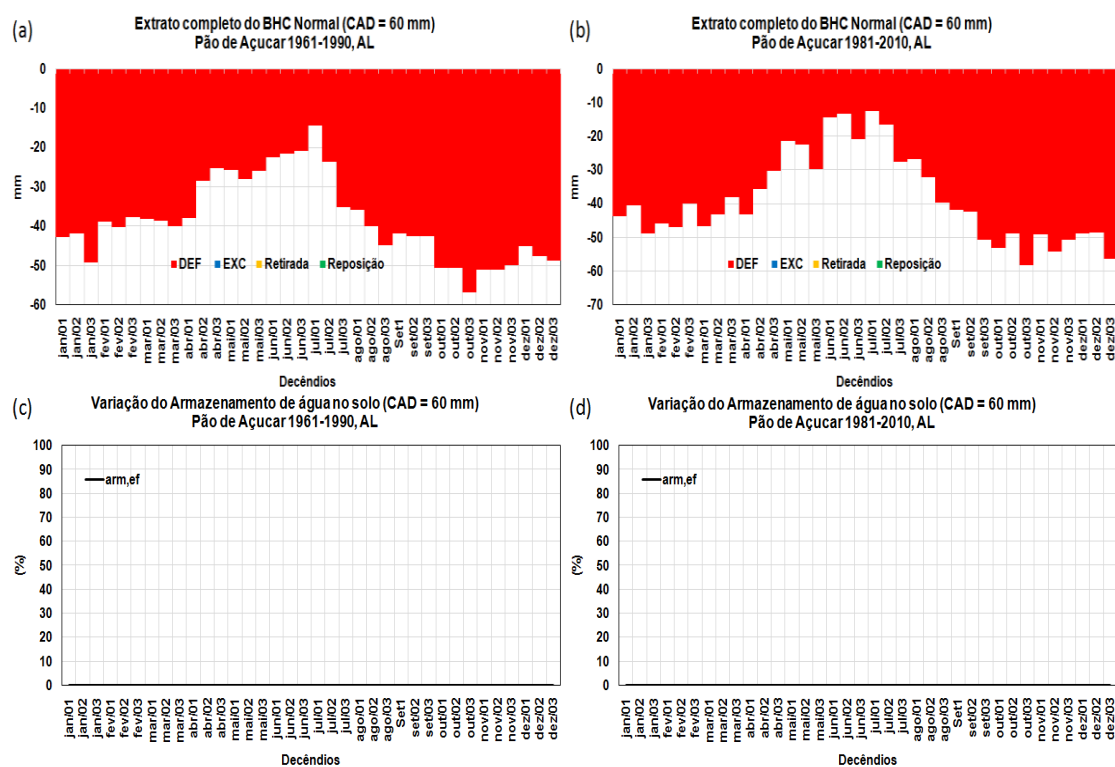


Figura 3: BHC decennial para Pão de Açúcar nos períodos 1961-1990 (a), 1981-2010 (b), e variação de armazenamento de água no solo nos períodos 1961-1990 (c), 1981-2010 (d).

Palmeira dos Índios

Palmeira dos Índios, assim como Pão de Açúcar, apresentou elevação dos valores de REP no período 1981-2010 em relação a 1961-1990, embora com ligeira diferença apenas no decêndio de início. Em 1961-1990 a REP se inicia no terceiro decêndio de abril e em 1981-2010 no segundo decêndio de maio. Em ambas as situações a REP se estendeu até o segundo decêndio de julho (Figuras 4a e 4b). Em 1961-1990 a época de REP foi obstruída em três decêndios por RET e DEF, fato que ocorreu apenas em um decêndio com DEF no período de REP em 1981-2010.

A CAD de 60mm esteve mais próxima de ser atingida, em média, em 1981-2010 (Figura 4d), que também apresentou período de maior intensidade na variação efetiva de armazenamento de água no solo do que no período 1961-1990 (Figura 4c).

Em números, o ARM médio de 1961-1990 foi de 225mm, enquanto em 1981-2010 foi de 330mm. Outro resultado interessante é que, embora o ARM de 1981-2010 ter sido superior à climatologia anterior, o DEF médio anual foi mais elevado. Isto se

deu devidos aos DEFs decendiais do primeiro semestre do ano terem sido mais intensos no período 1961-2010.

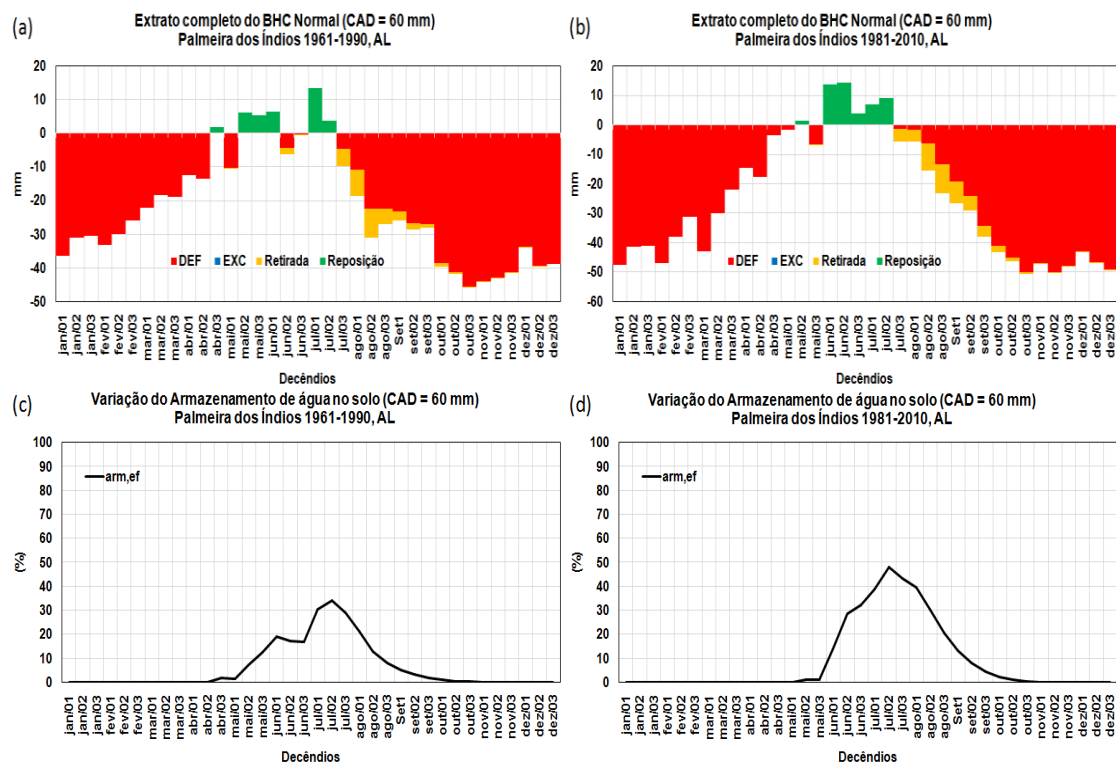


Figura 4: BHC decennial para Palmeira dos Índios nos períodos 1961-1990 (a), 1981-2010 (b), e variação de armazenamento de água no solo nos períodos 1961-1990 (c), 1981-2010 (d).

Maceió

Em Maceió o período 1981-2010 apresentou maior DEF (388,7 mm) em relação a 1961-1990 (296,8mm), uma diferença de 92mm. Além de maior déficit, as Figura 5a e 5b mostram que o período de REP se iniciava mais cedo no período 1961-1990, no primeiro decêndio de março, enquanto em 1981-2010 a REP inicia-se no primeiro decêndio de abril. Nota-se um leve deslocamento desses períodos de REP e EXC entre os dois períodos climatológicos, com leve adiantamento e posterior atraso na climatologia do período 1981-2010. No período 1961-1990 contabiliza-se 15 decêndios com DEF e no período 1981-2010 este número sobe a 19.

O armazenamento de água no solo inicia no terceiro decêndio de fevereiro no período 1961-1990 (Figura 5c), e no terceiro decêndio de março no período 1981-2010 (Figura 5d). Para ambas as climatologias, o armazenamento atinge seu mínimo no segundo decêndio de novembro.

Os números do BHC explicam estas diferenças. O período 1961-1990 apresentou quantidade maior de precipitação e armazenamento de água no solo, 1985mm e 898mm contra 1850mm e 761mm do período 1981-2010.

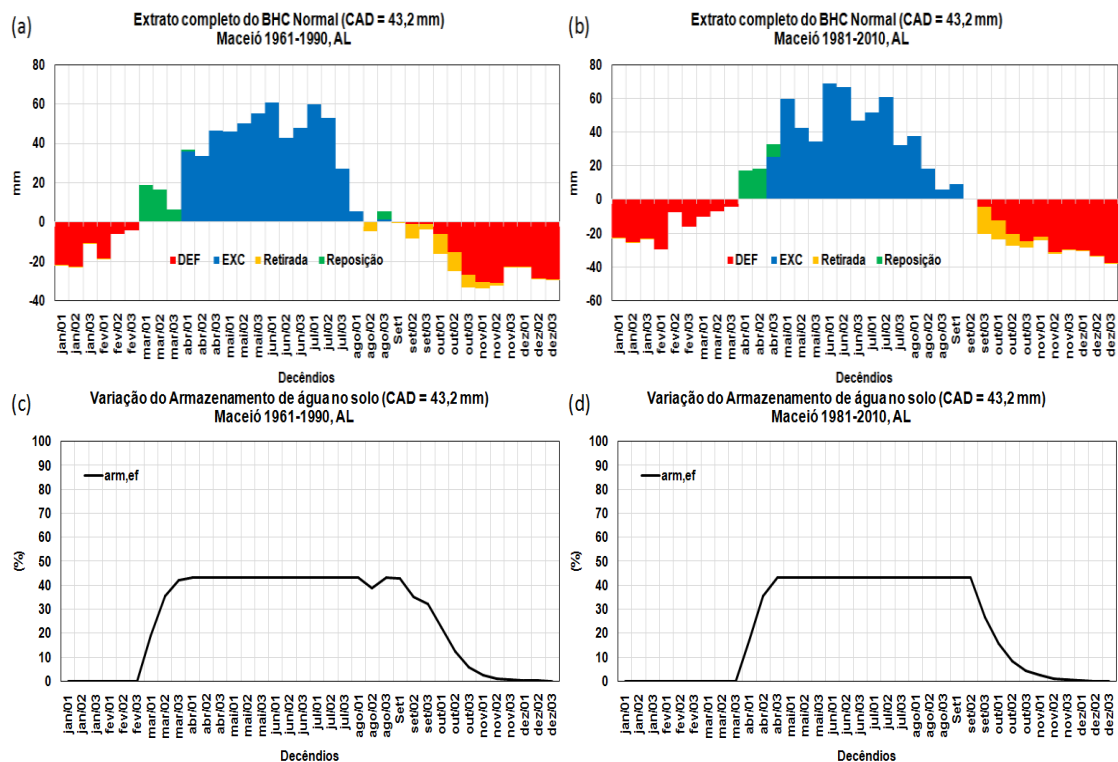


Figura 5: BHC decennial para Maceió nos períodos 1961-1990 (a), 1981-2010 (b), e variação de armazenamento de água no solo nos períodos 1961-1990 (c), 1981-2010 (d).

Porto de Pedras

Porto de Pedras apresenta situação parecida a de Maceió, com dois fatores contribuindo para o maior armazenamento de água no solo no período 1961-1990, a maior quantidade de precipitação e a menor ETP. Em 1961-1990 a média de precipitação foi de 1868mm ao ano, e ETP de 1743mm ao ano, enquanto o período 1981-2010 apresentou média de precipitação foi de 1746mm ao ano, e ETP de 1796mm ao ano.

Nota-se com isso, das Figuras 6a e 6b, que o período de REP em Porto de Pedras se iniciava mais cedo no período 1961-1990, em média no segundo decênio de fevereiro, enquanto no período 1981-2010 isto se dá em média no terceiro decênio de março. Em ambos os casos o período de EXC termina em média no primeiro decênio de agosto. Há mais decênios com DEF no período 1981-2010 do que no período 1961-1990, 21 contra 18. Desta forma, o DEF médio acumulado no período 1981-2010 foi de 502mm contra 318mm do período 1961-1990.

O reflexo destes resultados na variação do armazenamento efetivo de água no solo mostra que, no período 1961-1990 (Figura 6c), a REP se inicia já no segundo decênio de fevereiro, e atingiu a CAD no segundo decênio de março até o primeiro decênio de agosto, quando começa a RET que se dá até o terceiro decênio de outubro, quando o solo entra em DEF total. No período 1981-2010 este período é encurtado, com a REP se iniciando no segundo decênio de março, atinge-se a CAD do primeiro decênio de abril até o primeiro decênio de agosto, quando se inicia o processo de RET e posterior entrada em DEF total no segundo decênio de outubro (Figura 6d).

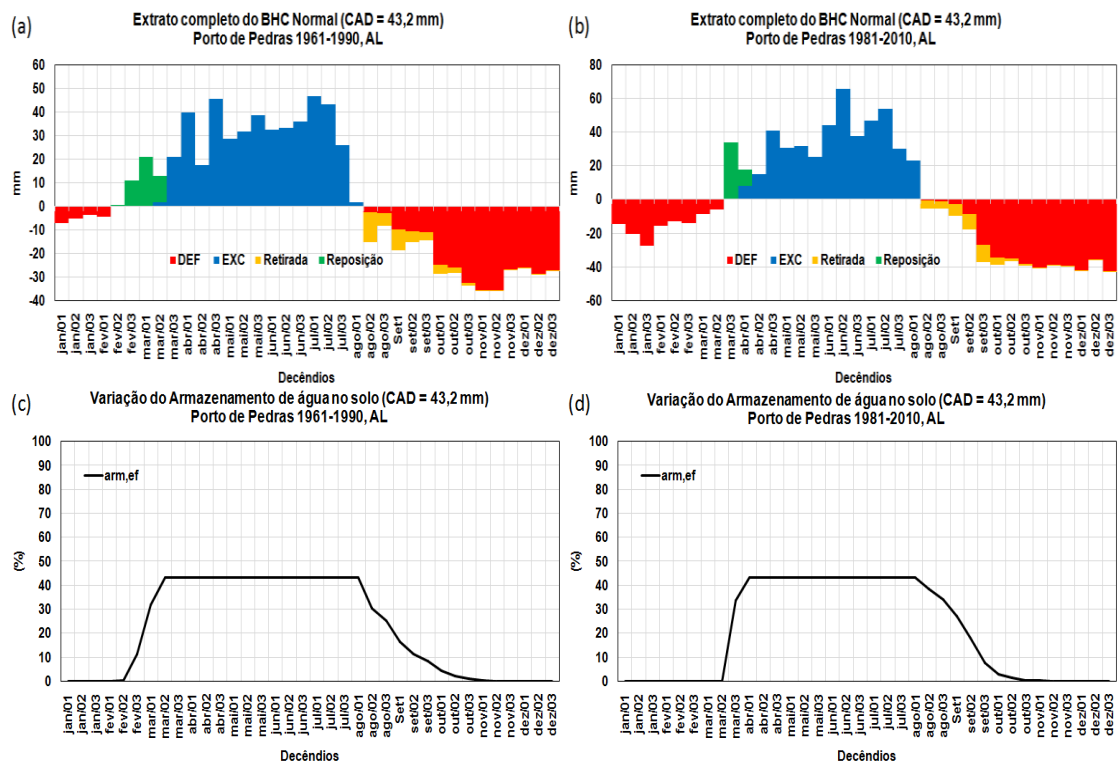


Figura 6: BHC decennial para Porto de Pedras nos períodos 1961-1990 (a), 1981-2010 (b), e variação de armazenamento de água no solo nos períodos 1961-1990 (c), 1981-2010 (d).

De acordo com Berlatto et al., (2005) a produtividade das culturas quando adotada agricultura de sequeiro, apresenta grande flutuabilidade interanual, determinada pela variabilidade da precipitação pluvial. A escassez da precipitação implica em menor produtividade da cultura e consequente perda econômica.

O monitoramento das componentes do BHC é de extrema importância para os setores agrícola e de recursos hídricos. No âmbito agrícola, foco deste trabalho, o conhecimento do regime de chuvas, associado à umidade retirada no solo é de fundamental importância para a definição do início, duração e término da estação chuvosa de determinada região. Tal conhecimento permite a determinação da estação de cultivo e época mais apropriada à sementeira e a elaboração do calendário agrícola, principalmente para culturas de sequeiro.

CONCLUSÕES

Na região do sertão Alagoano observou-se região onde praticamente não chove, sem REP, RET e com DEF em todo período estudado e outra região onde há EXC entre o segundo decêndio de julho até o primeiro decêndio de agosto no período de 1981-2010.

Na região do Agreste Alagoano com apenas uma estação, localizada em Palmeira dos Índios teve a mesmas características que a estação de Água Branca, porém sem EXC em nenhum período analisado.

Apesar de ter variação no EXC tendo princípio no terceiro decêndio de abril até o primeiro decêndio de setembro em Maceió (1961-2010) e em Porto de Pedra no segundo decêndio de março até o primeiro decêndio de agosto (1981-2010). No Leste Alagoano, as duas estações Maceió e Porto de Pedra, observou-se excedente hídrico

entre o primeiro decêndio de abril até o primeiro decêndio de agosto, atingindo o CAD nos dois períodos distintos.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper 56**, Rome. 1998.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, F. D. S.; BEZERRA, J. R. C. Zoneamento da época de semeadura para o algodoeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba-SP, v.12, n.2, p. 379-386, 2004.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, F. D. S. Risco climático para o cultivo do algodoeiro na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, p.408-416, 2007.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 423-432, 2005.

MORAES, J. G.; MARCIANO, C. R.; AMARAL, C. O.; SOUSA, E. F.; MARINHO, C. S. Balanço hídrico e coeficiente de cultura da laranjeira 'Folha Murcha' no Noroeste Fluminense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2, p. 241-249, abr-jun, 2015.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 478p, 2002.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, v.8, n.1, 104p. 1955.

TOMASELLA, J.; ROSSATO, L. Tópicos em meio Ambiente e ciências atmosféricas. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (**INPE**), 2005.

POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO PARA CULTIVARES DE GRUPO DE MATURAÇÃO MÉDIO

Giovana Ghisleni Ribas¹, Alencar Junior Zanon², Nereu Augusto Streck³, Ary José Duarte Junior⁴, Bruna San Martin Rolim⁵

¹Aluna de doutorado do PPGEA, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, giovana.ghisleni@hotmail.com; ² Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, alencarzanon@hotmail.com; ³Professor Associado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, nstreck2@yahoo.com.br; ⁴Aluno de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, ary.duaratee@gmail.com ⁵ Aluna de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, brunasanmartinrolim@gmail.com

RESUMO: O objetivo do estudo foi determinar as curvas de potencial de produtividade, o efeito dos fenômenos El Niño, La Niña e anos Neutros para seis regiões orizícolas do Rio Grande do Sul para o grupo de maturação médio. O modelo agrícola usado foi o SimulArroz. As rodadas foram realizadas no período de 1961 – 2014, o nível tecnológico utilizado foi potencial e as datas de semeadura foram no 1º e 15º dia de cada mês de setembro à janeiro. O fenômeno ENOS interfere na disponibilidade de radiação solar, e varia de acordo com a região orizícola. As maiores produtividades estão na Fronteira Oeste, pela maior disponibilidade de radiação solar no período crítico e as menores produtividades estão na Planície Costeira Interna, em função da baixa disponibilidade de radiação solar, sendo que as produtividades potenciais das regiões variaram de 9 à 14 Mg/ha. Desta forma, os anos La Niña e Neutros mostraram efeito positivo na produtividade de grãos de arroz irrigado no estado, e, também, foi observado que existe variação dos efeitos dos fenômenos sobre a produtividade em que a Fronteira Oeste é a mais favorecida e a Planície costeira Interna a menos favorecida.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa*, fenômeno ENOS, modelagem.

YIELD POTENTIAL OF IRRIGATED RICE FOR MEDIUM MATURATION GROUP CULTIVARS

ABSTRACT: The objective of the study was to determine the yield potential curves, the effect of the El Niño, La Niña phenomena and Neutral years for six rice regions of Rio Grande do Sul for the medium maturation group. The agricultural model used was SimulArroz. The simulations were carried out in the period 1961 - 2014, the technological level used was potential and the sowing dates were on the 1st and 15th day of each month from September to January. The ENOS phenomenon interferes with the availability of solar radiation, and varies according to the rice region. The greatest yields are in the Fronteira Oeste, due to the greater availability of solar radiation in the critical period and the lower yields are in the Planície Costeira Interna, due to the low availability of solar radiation, and the potential yield of the regions ranged from 9 to 14 Mg/ha. Thus, the La Niña and Neutrals years showed a positive effect on the yield of irrigated rice grains in the state, and it was also observed that there is a variation of the effects of the phenones on yield in which the Fronteira Oeste is most favored and the Planície Costeira Interna to least favored.

KEY-WORDS: *Oryza sativa*, ENOS phenomenon, modeling.

INTRODUÇÃO

A época de semeadura é uma das práticas mais importantes que define a produtividade da cultura do arroz (MENEZES et. al. 2012). Junto a isto devem ser levados em consideração os diferentes grupos de maturação (GM) das cultivares de arroz, uma vez que a definição da época de semeadura apropriada para cada GM visa reduzir os riscos de perdas significativas, evitando períodos de condições climáticas adversas como a baixa disponibilidade de radiação solar, bem como temperaturas mínimas e máximas extremas na fase crítica das culturas (STEINMETZ et. al. 2001).

Estudos relacionados com época de semeadura nos permitem identificar os fatores que limitam a cultura de chegar ao seu potencial de produtividade (ZANON, 2015), que ocorre quando a planta cresce sem limitação de água, nutrientes, plantas daninhas, insetos ou doenças. A variabilidade climática que se observa no Rio Grande do Sul é decorrente dos fenômenos denominados El Niño e La Niña que influenciam na precipitação pluvial do estado e conseqüentemente interferem na disponibilidade de radiação solar incidente nas regiões orizícolas (CARMONA; BERLATTO, 2002).

Sendo assim, são necessário estudos que nos mostrem o quanto estes fenômenos podem influenciar no desenvolvimento da cultura e como isso se reflete na produtividade do arroz MENEZES, et al. (2012) relaciona o rendimento relativo de grãos com diferentes épocas de semeadura para apenas três municípios no Rio Grande do Sul. Portanto, o objetivo do trabalho foi determinar as curvas de potencial de produtividade para cultivares de grupo de maturação médio, o efeito dos fenômenos El Niño, La Niña e para anos considerados Neutros para seis regiões orizícolas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo numérico foi realizado na região orizícola do Rio Grande do Sul, para as seis regiões produtoras de arroz do estado, definidas pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (Instituto Rio Grandense do Arroz, 2014): Fronteira Oeste, Campanha, Depressão Central, Planície Costeira Interna à Lagoa dos Patos, Planície Costeira Externa à Lagoa dos Patos e Zona Sul (Figura 1).

O modelo agrícola usado foi o SimulArroz (RIBAS, 2016). Para rodar o SimulArroz, foi necessário dados meteorológicos das seis regiões orizícolas obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) no período de 1961 - 2014 (53 anos). O preenchimento das falhas da série histórica do período 1961 à 2013, foi realizado utilizando a base dados de Xavier et al. (2016). Já o preenchimento de falhas dos dados no período 2013 à 2015 foram realizados com a climatologia calculada de acordo com a classificação do ano (El Niño, La Niña e Neutro) conforme descrito pelo National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2015).

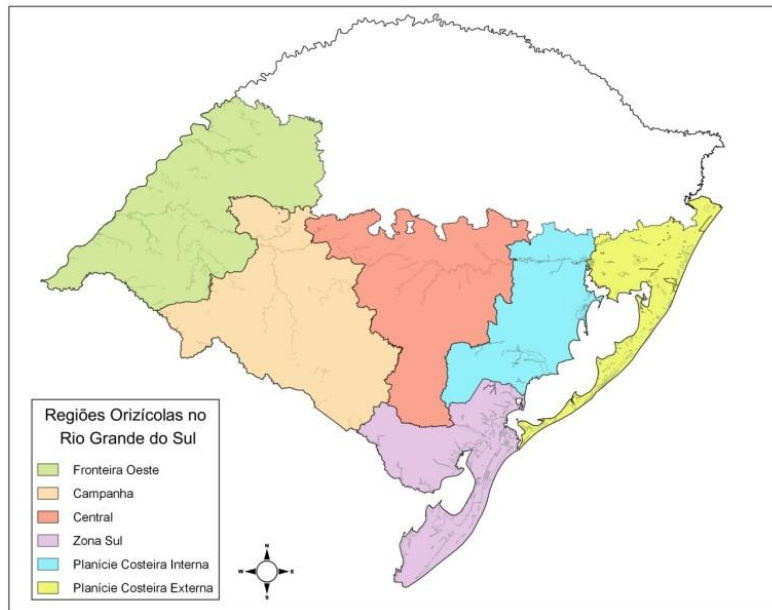


Figura 1. Regiões Orizícolas no Rio Grande do Sul

O nível tecnológico utilizado foi potencial e as rodadas foram realizadas no 1° e 15° dia de cada mês de setembro à janeiro, período que corresponde a época de semeadura de arroz no estado, conforme o zoneamento agrícola (MAPA, 2016). As rodadas foram feitas utilizando o grupo de maturação médio, pois de acordo com o levantamento de cultivares realizado pelo Instituto Rio Grandense do Arroz, mais de 65% das cultivares utilizadas no estado representam este grupo de maturação (IRGA 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 estão plotados a produtividade em anos de La Niña, El Niño e Neutro versus a data de semeadura de cultivares de ciclo médio utilizadas no Rio Grande do Sul. O fenômeno ENOS interfere basicamente na disponibilidade de radiação solar, e varia de acordo com a região orizícola no estado (Figura 2). A radiação solar é considerada a principal fonte para a realização da fotossíntese, um dos processos mais importantes que determinam a produtividade da cultura (YOSHIDA, 1981). A exigência em radiação solar pela cultura do arroz depende do estágio fenológico, sendo que a baixa disponibilidade de radiação solar no período crítico (fase reprodutiva e de enchimento de grãos) considerada a mais exigente, é responsável pelas baixas produtividades (SOSBAI, 2016). As maiores produtividades foram observadas na Fronteira Oeste para as semeaduras realizadas na segunda quinzena do mês de setembro, pois proporcionaram a cultura uma maior disponibilidade de radiação solar no período crítico e as menores produtividades foram observadas na Planície Costeira Interna para a mesma data de semeadura, em função da baixa disponibilidade de radiação solar.

Nos anos considerados Neutros e anos de La Niña as curvas apresentam comportamento similar, o que beneficia a produtividade do arroz, pois a disponibilidade de radiação foi maior do que comparado com anos de El Niño. Nota-se que das seis regiões, cinco indicam maiores produtividades na semeadura feita na segunda quinzena do mês de setembro e primeira quinzena de outubro, sendo que a produtividade potencial dessas regiões variou entre 9 e 14 Mg/ha. Para a região da Planície Costeira Externa as maiores produtividades foram na semeadura da primeira quinzena do mês de setembro, variando de 10 a 11 Mg/ha. Resultados similares a este estudo foram

observados por MENEZES, et al. (2012), onde foi comparada a produtividade e diferentes datas de semeaduras para três municípios, que indicam o período de 01 de setembro a 30 de outubro para alcançar as melhores produtividades para cultivares de grupo de maturação médio.

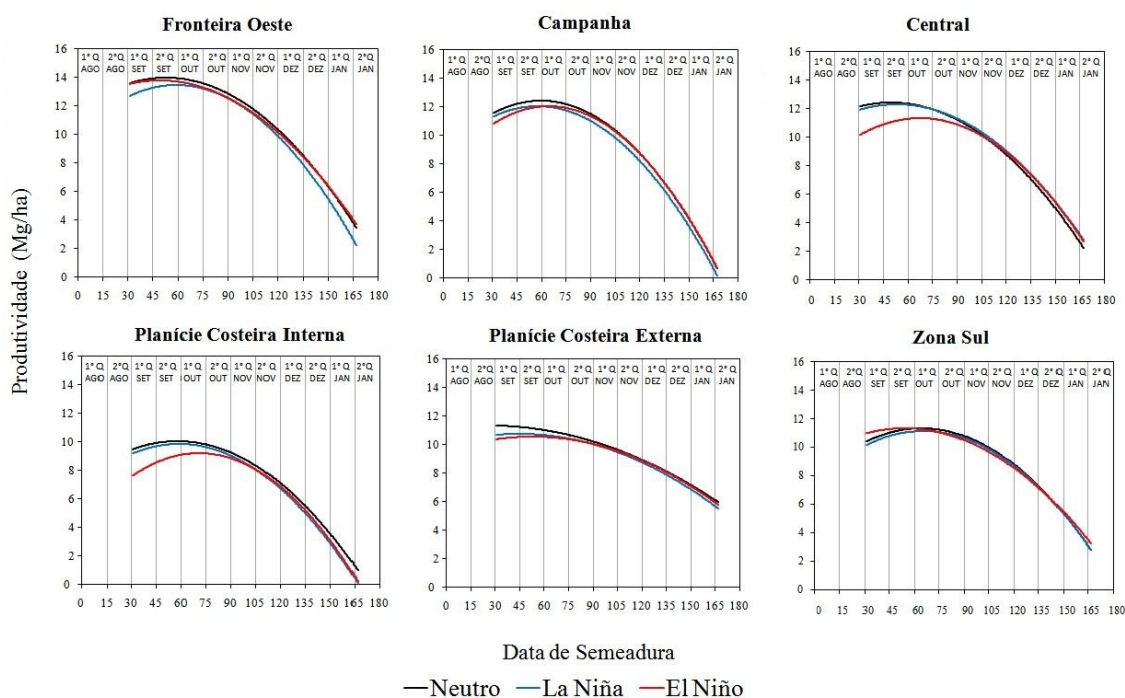


Figura 2. Produtividade versus data de semeadura para anos neutros, de La Niña, El Niño e Neutro para cultivares com grupo de maturação médio simuladas pelo modelo Simularroz para as seis regiões orizícolas no Rio Grande do Sul.

CONCLUSÕES

Os anos La Niña e Neutros mostraram efeito positivo na produtividade de grãos de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul, pelas simulações com o modelo Simularroz para o grupo de maturação médio.

Entre as regiões orizícolas do estado, há variação do efeito da La Niña, El Niño e Neutros sobre o produtividade de arroz, em que a Fronteira Oeste é a mais favorecida e a Planície costeira Interna a menos favorecida.

REFERÊNCIAS

CARMONA, L.C.; BERLATO, M.A. El Niño e La Niña e o rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista de Agrometeorologia**, Santa Maria v.10, n. 1, p. 147-152, 2002.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA. **Evolução da colheita da safra 2016/17**. Climate Prediction Center (CPC) / National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). **Cold and Warm Episodes by Season**. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20170505134323colheita_2016_17.pdf>.

MENEZES, V. G.; ANGHINONI, I.; SILVA, P. R. F. da; MACEDO, V. R. M.; PETRY, C.; GROHS, D. S.; FREITAS, T. F. S. de; VALENTE, L. A. L. **Projeto 10 - Estratégias de manejo para aumento da produtividade e da sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado do RS: avanços e novos desafios**. Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), Cachoeirinha. 2013. 104p.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Cold and Warm Episodes by Season 2016**. Disponível: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>

RIBAS, G.G.; STRECK, N.A.; LAGO, I.; ZANON, A.J.; WALDOW, D.A.G.; DUARTE JUNIOR, A.J.; NASCIMENTO, M.F.; FONTANA, V. **acúmulo de matéria seca e produtividade em híbridos de arroz irrigado simulados com o modelo SimulArroz**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.51, n.12, p.1907-1917, 2016.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas para o Sul do Brasil**. 2016. 197 p.

STEINMETZ, Silvio; Braga, H. J. Zoneamento de arroz irrigado por épocas de semeadura nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.429-438, 2001.

XAVIER, A.C.; KING, C.W.; SCANLON, B.R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). *International Journal of Climatology*, vol.36, p.2644-2659, 2016.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. International Rice Research Institute, Los Baños, 1981.

ZANON, A.J.; WINCK, J.E.M.; STRECK, N.A. ; ROCHA, T. S.M. da; CERA, J.C.; RICHTER, G.L.; LAGO, I.; SANTOS, P.M. dos; MACIEL, L. da R.; GUEDES, J.V.C; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, v. 74, p. 400-411, 2015.

EFETOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA DEMANDA HÍDRICA E CICLO DO TOMATEIRO NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Ailton Alves de Carvalho¹, José Edson Florentino de Moraes², Wellington Jairo da Silva Diniz³, Thieres George Freire da Silva⁴, Onáira Fernanda da Silva⁵

¹Doutorando em Engenharia Agrícola, DEAGRI/UFRPE, Recife, Pernambuco, E-mail: ailtonalvesst@hotmail.com;

²Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, joseedson50@hotmail.com;³

Doutorando em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, wellingtonjairo@hotmail.com;

⁴Professor Adjunto IV Agrometeorologia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, Pernambuco;

⁵Bióloga, Universidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, Pernambuco, onaira.fernanda@hotmail.com

RESUMO: As evidências de alterações nas condições climáticas em destaque em regiões semiáridas, na qual a ocorrência prolongada de períodos secos e aumentos de temperatura tem provocado a alteração na disponibilidade hídrica e no número de dias de ciclo das culturas. Assim, o objetivo do devido trabalho foi avaliar os impactos dos cenários de mudanças climáticas sobre a duração do ciclo fenológico e demanda de água do tomateiro no Estado de Pernambuco. Para o estudo foram utilizados dados mensais da normal climatológica de dez municípios do Estado de Pernambuco, distribuídos em quatro mesorregiões: Metropolitana (Recife), Agreste (Surubim, Caruaru, Garanhuns, Pesqueira), Sertão (Arcoverde, Triunfo), São Francisco (Floresta, Cabrobó, Petrolina). Os cenários de mudanças climáticas simulados foram de: 1,8°C (Cenário B2) e 4,0°C (Cenário A1F1) na temperatura, um decréscimo de 5,0% dos valores de umidade relativa (UR%), além de aumento de 22% na resistência estomática e 4% no índice de área foliar. A magnitude das reduções da duração do ciclo e a demanda de água simulada para a cultura do tomateiro variaram de forma espaço-temporal no estado de Pernambuco.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum*, ciclo da cultura, aquecimento global.

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON WATER DEMAND AND TOMATO CYCLE IN THE STATE OF PERNAMBUCO

ABSTRACT: Evidence of changes in climatic conditions highlighted in semi-arid regions, in which the prolonged occurrence of dry periods and temperature increases have caused changes in water availability and in the number of cycle days of the crops. Thus, the objective of this work was to evaluate the impacts of climate change scenarios on the duration of the phenological cycle and water demand of tomato in the State of Pernambuco. For the study, monthly data of climatological normal of ten municipalities of the State of Pernambuco, were distributed in four mesoregions: Metropolitan (Recife), Agreste (Surubim, Caruaru, Garanhuns, Pesqueira), Sertão (Arcoverde, Triunfo), São Francisco, Cabrobó, Petrolina). The simulated climate change scenarios were: 1.8 ° C (Scenario B2) and 4.0 ° C (Scenario A1F1) in temperature, a decrease of 5.0% of the relative humidity values (RH%), in addition to 22% increase in stomatal resistance and 4% in leaf area index. The magnitude of reductions in cycle length and

the simulated water demand for tomato crop varied in a spatial-temporal manner in the state of Pernambuco.

KEY-WORDS: *Solanum lycopersicum*, culture cycle, global warming.

INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das hortaliças mais cultivada no mundo, na qual o Brasil ganha destaque na produção mundial. A cultura representa uma importante fonte de renda para a agricultura. Em condições atuais de clima, a duração do ciclo do tomateiro varia de 95 a 125 dias após o transplante, e os fatores como temperatura, radiação e umidade do ar interferem significativamente no processo de fotossíntese, florescimento e frutificação (SCHMIDT et al., 2017).

Os efeitos das mudanças climáticas globais, podem afetar na desenvolvimento e na produtividade da cultura, podendo gerar o encurtamento do ciclo de desenvolvimento e mudanças fisiológicas como aumento da respiração do tecido vegetal (FAGUNDES et al., 2010). Além do mais, o aumento da quantidade de gases do efeito estufa na atmosfera terrestre, como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), tem seu volume aumentado de forma constante, em grande parte, em razão das atividades antropogênicas, com destaque para o uso de combustíveis fósseis (IPCC, 2013).

As consequências da possibilidade de que o clima no futuro seja significativamente mais quente que o atual, conforme tem sido demonstrado por diversas pesquisas ao longo planeta tem preocupado a população em relação a produção agrícola (CARNEIRO e TONIOLO, 2012). Nesse contexto, o objetivo do estudo foi analisar os impactos dos cenários de mudanças climáticas na duração do ciclo fenológico e a demanda de água do tomateiro para o Estado de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido para dez municípios distribuídos em quatro mesorregiões do estado de Pernambuco, sendo elas: Metropolitana (Recife), com clima Am (tropical monçônico); Agreste (Caruaru, Garanhuns e Pesqueira), com clima As (tropical com estação seca de Verão); Sertão (Arcoverde, Triunfo) e São Francisco (Floresta, Cabrobó e Petrolina), com clima BSh (semiárido quente), segundo a classificação de Köppen. A posição geográfica das Estações Meteorológicas Convencionais (EMC's) nos municípios estudados permite uma boa distribuição para representação espacial do estado de Pernambuco.

As normais climatológicas da radiação solar global, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, referentes ao período de 1960 a 1991, foram provenientes das estações meteorológicas convencionais pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (www.inmet.gov.br).

Utilizou-se o híbrido Netuno que apresenta ciclo com duração média de 95 dias pós-transplante (Schmidt et al., 2017). Sendo analisado para todas as localidades, os efeitos do aumento da concentração do dióxido de carbono (CO₂) e do déficit de pressão de vapor d'água sobre a duração do ciclo e a demanda de água do crisântemo. A duração do ciclo da cultura foi determinada em função dos graus dias acumulados (GDA), considerando um valor limiar igual a 1606,4 e temperatura base de 10°C (Schmidt et al., 2017) para a espécie. A demanda de água foi calculada pelo produto da evapotranspiração de referência (ET_o) com o coeficiente de cultura (K_c) médio.

Conforme Schmidt et al. (2017), o valor do Kc adotado foi de 0,79 e a ETo foi obtida através do modelo original de Penman Monteith da FAO (ALLEN et al., 1998).

Foram simulados dois cenários de mudanças climáticas comparados com o cenário atual: Cenário B2 (1,8°C) e Cenário A1F1(4,0°C), de incremento da temperatura na duração do ciclo e na demanda de água. Para os cenários B2 e uma redução de 5,0% nos valores absolutos da umidade relativa do ar e incremento do CO2 (900 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$), conforme citado por Lovelli et al. (2010), onde se prevê uma redução média de 22% da condutância estomática de uma folha bem iluminada (r1) e um aumento de 4% no IAF. Foram simulados todos os ciclos possíveis durante os doze meses do ano, assumindo a data de plantio o primeiro dia de cada mês e a colheita quando a cultura atingisse 1606,4 GDA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De posse dos dados climáticos e da cultura foi determinada a duração do ciclo e a demanda de água acumulada do tomateiro considerando todos os ciclos de cultivo possíveis no período de um ano, para os cenários atual e futuro (Figura 1).

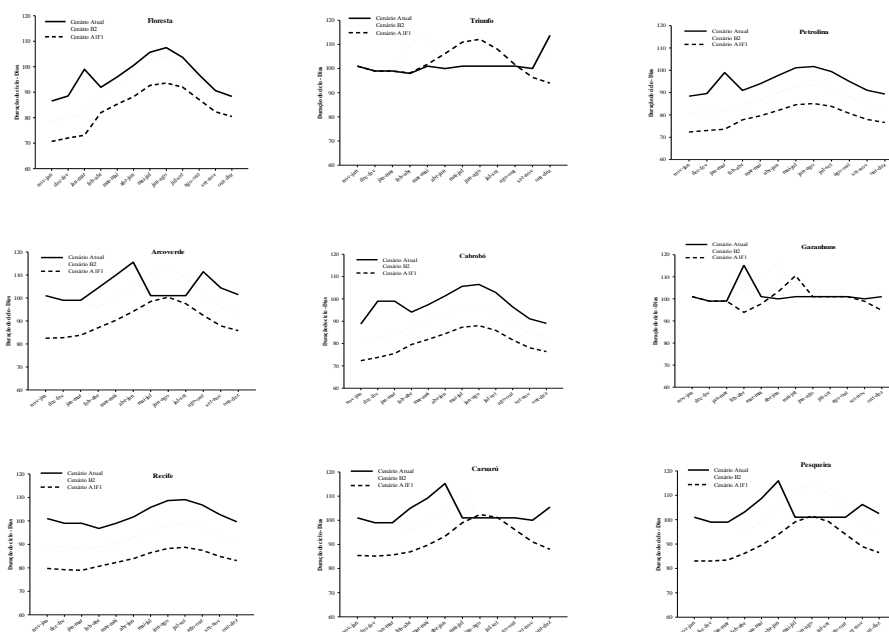


Figura 1. Duração do ciclo do tomateiro nos cenários Atual, B2 e A1F1.

Observou-se que em Recife não existe grande variação temporal da temperatura e umidade relativa do ar, pois o oceano atua como moderador térmico, refletindo diretamente na duração média do ciclo: 102 (cenário atual), 93 (B2) e 84 dias (A1F1), ou seja, uma redução média de 3 e 7% em relação ao cenário atual e a demanda de água acumulada, 9,3 e 18,3%. Nos municípios de Triunfo e Garanhuns, o fator altitude proporcionam temperaturas menores e UR% mais elevada, com isso, observa-se ainda para os ciclos de cultivo do tomateiro duração de 103 dias (+10%), enquanto a demanda de água é de 421 mm, no cenário B2 (Triunfo) e de 102 dias (+18%), e demanda de água de 528 mm (-1,22%) para Garanhuns.

O aumento na demanda de água pode ser explicado pelo fato desses meses serem frios e secos sendo intensificado com o aumento da temperatura e redução da UR% nos cenários futuros (Figura 2).

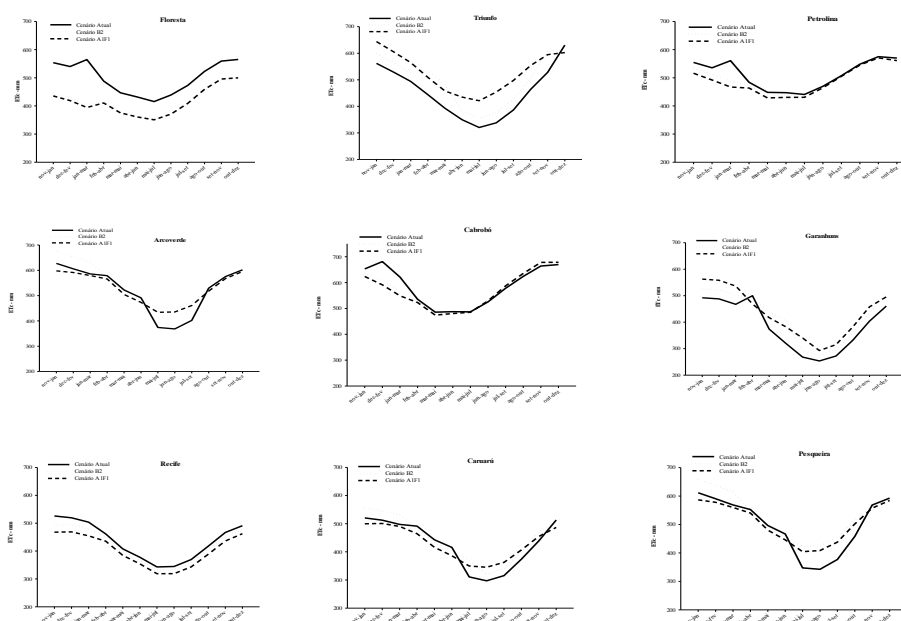


Figura 2. Demanda de água da cultura do tomateiro nos cenários Atual, B2 e A1F1.

Para todos os municípios, verificou-se a sazonalidade de respostas da duração do ciclo da cultura, com menos proporção nos municípios mais frios (Garanhuns e Triunfo). Estes resultados são condizentes com o trabalho de Moraes et al. (2015), para o sorgo forrageiro e feijão no Estado de Pernambuco.

Nos municípios localizados no interior no estado, observa-se uma maior amplitude térmica e valores mais baixos de UR%. Nessas localidades a ETC apresentou uma significativa variação espaço-temporal, principalmente nos ciclos de cultivo iniciados nos meses de Junho a novembro: em Pesqueira a ETC média nesses meses passa de 546,99 mm para 432 (-0,44%) e 498 mm (-3%); Floresta com 500, 417 e (-17%) e 415 mm (-17%); Cabrobó com 584, 575 (-1%) e 570 mm (-2%) e Petrolina 498 (-3%) e 490 mm (-4%) nos cenários atual, B2 e A1F1, respectivamente.

CONCLUSÕES

A magnitude das reduções da duração do ciclo e a demanda de água simulada para a cultura do tomateiro variaram de forma espaço-temporal no estado de Pernambuco em decorrência dos efeitos combinados do aumento da temperatura do ar, redução da umidade relativa do ar e do incremento de CO₂ na atmosfera em decorrência dos cenários de mudanças no clima.

REFERÊNCIAS

SCHMIDT, D; ZAMBAN, DT; PROCHNOW, D; CARON, BO; SOUZA, VQ; PAULA, GM; COCCO, C. Caracterização fenológica, filocrono e requerimento térmico

de tomateiro italiano em dois ciclos de cultivo. **Horticultura Brasileira** v.35: p.089-096, 2017.

MORAIS, J. E. F., SILVA, T. G. F., BARBOSA, M. L., SILVA DINIZ, W. J., SOUZA, C. A. A., JARDIM, A. M. D. R. F., FERREIRA, J. M. S. Impactos das mudanças climáticas na demanda hídrica e duração do ciclo do sorgo forrageiro e feijão caupi no estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.08, p.542- 559, 2015.

FAGUNDES, J. D.; PAULA, G. M.; LAGO, I.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A. Aquecimento global: efeitos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade de batata. **Revista Ciência Rural**, v.40, n.6, p.1464-1472, 2010.

CARNEIRO, C. D. R.; TONIOLO, J. C. A Terra 'quente' na imprensa: confiabilidade de notícias sobre aquecimento global. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, vol.19, n.2, p.369-389, 2012.

CARVALHO, M. Crescimento e comportamento fisiológico de crisântemo em função de graus-dia de desenvolvimento. 2012. 131 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia / Fisiologia Vegetal), Lavras, Minas Gerais.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 330 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

Lovelli, S. , Perniola, M. , Tommasoa, T.D.I. , Ventrella, D. , Moriondo, M. , Amato, M. , 2010. Effects of rising atmospheric CO₂ on crop evapotranspiration in a Mediterranean area. **Agricultural Water Management** 97, 1287 - 1292.

FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DO BICHO-MINEIRO-DO-CAFEIRO EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS¹.

Rogério Antônio Silva², Christiano de Sousa Machado de Matos³, Edson Camille Alvez Luz⁴, Ester Maressa Afonso⁵.

¹Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

²Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Lavras-MG, Bolsista da Fapemig, rogeriosilva@epamig.ufla.br

³ Agrônomo, Bolsista do CBP&D/Café – Epamig, Lavras-MG, christianomatos@epamig.ufla.br

⁴Graduando em Agronomia - UFLA, Bolsista BIC – Epamig – Fapemig, Lavras-MG. edsonluk@hotmail.com

⁵Graduando em Eng. Ambiental e Sanitária - UFLA, Bolsista BIC – Epamig – Fapemig, Lavras-MG. ester.maressa@gmail.com

RESUMO: A produção de café arábica, no Brasil, concentra-se principalmente no estado de Minas Gerais, Estado responsável por mais da metade da produção nacional de café. Porém, no agroecossistema cafeeiro, o bicho-mineiro-do-cafeeiro - BMC tem causado sérios prejuízos por proporcionar redução na produtividade. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi relacionar a influência das condições climáticas na flutuação populacional do BMC na região Sul de Minas Gerais. O monitoramento foi realizado na Fazenda Experimental da Epamig em São Sebastião do Paraíso em uma área com 1000 plantas da cultivar Catuai vermelho IAC 99 no espaçamento de 3,0 x 1,00 m. As amostragens foram realizadas em dez plantas ao acaso duas vezes por mês no período de abril de 2015 a março de 2017. Fez-se a contagem de folhas com lesões para cada amostragem, a partir desses dados obteve-se a média de infestação das dez plantas por mês, e com os dados de precipitação acumulada e temperatura em cada mês para a região plotou-se os dados para cada ano. Em função do histórico de flutuação do BMC no Sul de Minas, mesmo num curto período de avaliação, observamos que a infestação do BMC é muito influenciada pelas condições climáticas. Dessa forma, a realização do monitoramento do bicho-mineiro-do-cafeeiro nos agroecossistemas cafeeiros é importante, pois os níveis de infestação variam de ano para ano, nas diferentes regiões, em função das variações climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica*, *Leucoptera coffeella*, Monitoramento.

POPULATIONAL FLOATING OF BICHO-MINEIRO-DO-CAFEIRO IN THE FUNCTION OF THE CLIMATE CONDITIONS OF THE SOUTH OF MINAS GERAIS

ABSTRACT: The coffee arabica production, in Brazil, is concentrated mainly in the state of Minas Gerais, the state accounted for more than half of the national production of coffee. However, in agroecosystem coffee, the coffee leaf miner causes damage by providing a reduction in productivity. Accordingly, the aim of this work was to verify the influence of climatic conditions on population fluctuation of coffee leaf miner in southern Minas Gerais. The monitoring was conducted at the experimental farm of Epamig in Machado in an area with 1000 plants of cultivar Catuai vermelho IAC 99 in the spacing of 3,00 x 1,00 m. The samplings were taken from ten plants randomly twice a month from April 2015 to March 2017. The count was done with lesions of leaves for each sampling, from these data was obtained an average infestation of plants by ten months, and the cumulative precipitation data and temperature every month for the

region is plotted data for each year. Depending on the BMC floating history in southern Minas Gerais, even in a short period of review, we found that the infestation of BMC is greatly influenced by weather conditions. Thus, the realization of monitoring of coffee leaf miner in plantations is important because the levels of infestation will vary from year to year, due to climatic variations.

KEY WORDS: *Coffea arabica*, *Leucoptera coffeella*, Monitoring.

INTRODUÇÃO

Dentre esses fatores que afetam a produção do cafeeiro se destacam as pragas, que todos os anos causam grandes prejuízos, diminuindo a produtividade das lavouras. O bicho-mineiro do cafeeiro (BMC) *Leucoptera coffeella* (Guérin Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), é considerada a principal praga da cultura no Brasil, devido à sua ocorrência generalizada nos cafezais e aos prejuízos econômicos causados por esse inseto em relação à produção de café (REIS et al., 2010).

Em função da redução da área foliar, pelas lesões, a capacidade fotossintética é prejudicada e, quando ocorrem ataques intensos, observa-se a desfolha da planta. Como consequência da desfolha, pode ocorrer redução da produção e da longevidade das plantas, podendo levar até dois anos para se recuperar (REIS et al., 2002).

Dentre os fatores abióticos que afetam o BMC, a temperatura apresenta correlação positiva, já a precipitação pluvial e a umidade relativa do ar apresentam uma correlação negativa, necessitando de períodos de estiagem prolongados para surtos na infestação (MELO, 2005). Assim, a densidade populacional pode variar de ano para ano numa mesma lavoura, entre lavouras de uma mesma região e entre regiões cafeeiras.

A flutuação populacional do BMC consiste em acompanhar a densidade populacional do inseto em qualquer estágio de desenvolvimento, determinando a intensidade de ataque nas lavouras. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência das condições climáticas sobre a populacional do BMC, no Sul de Minas Gerais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) no município de Machado, Minas Gerais, no período de abril de 2015 a março de 2017. Para realização do monitoramento do BMC foi demarcado um talhão com 1000 plantas, implantado com a cultivar Catuai vermelho IAC 99 no espaçamento de 3,00 x 1,00 m. Esta área não recebeu nenhum tipo de tratamento com inseticida durante o período de avaliação. Os tratos culturais foram realizados segundo recomendações para a cultura do cafeeiro (GUIMARÃES et al., 1999). Dentro da área foram selecionadas 10 plantas de modo aleatório e representativo. Foram coletadas de cada planta 10 folhas no terceiro ou quarto par de folhas do ramo, contados da ponta para o ápice no terço médio da planta, totalizando 60 folhas/planta.

As amostragens foram realizadas quinzenalmente avaliando-se o número de folhas com lesões de BMC. Foi realizada a média dos resultados encontrados nas duas avaliações feitas em cada mês. A incidência do BMC foi determinada a partir da fórmula seguinte:

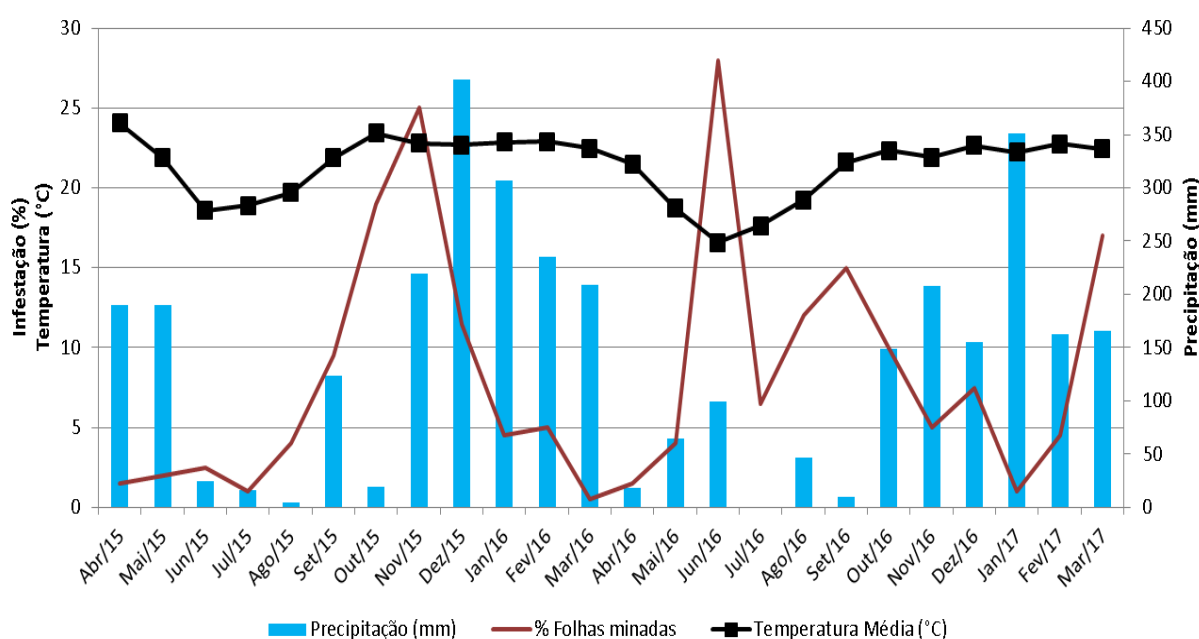
$$\text{Incidência (\%)} = (\text{n}^\circ \text{ de folhas com lesões} / \text{n}^\circ \text{ total de folhas coletadas}) \times 100$$

No mesmo período de avaliação do BMC foram coletados os dados meteorológicos na Estação Climática Meteorológica instalada na fazenda. Foram coletados os dados de precipitações acumuladas e temperatura média para correlacionar com a infestação do BMC. De posse dos dados de precipitações, temperatura e infestação, foram construídos gráficos separadamente para cada ano, a fim de confrontar o comportamento do inseto com os dados de pluviosidade e temperatura na região de São Sebastião do Paraíso/MG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na figura 1 que a infestação do BMC é influenciada pela precipitação e temperatura, confirmando resultados de Reis et al (2002), para a região Sul de Minas, onde após o decréscimo da temperatura e da precipitação, observa-se aumento na infestação do BMC, como verificado no período de junho a novembro de 2015, onde a temperatura média variou de 17,60 a 22,79 °C, ocasião em que se observou baixas precipitações. Com o aumento da temperatura a partir de setembro de 2015, média de 21,89, observou-se também aumento na precipitação nos meses de novembro e dezembro, 219,40 e 401,20 mm, respectivamente, mantendo o BMC em baixas infestações até maio de 2016, com pico de infestação no mês de junho. Constatamos que de dezembro de 2015 a março de 2016 houve aumento da temperatura, com elevada precipitação, com 401,20 a 219,40 mm, respectivamente, figura 1. A partir de abril a junho de 2016, com a queda na precipitação e temperatura, observamos um pico na infestação do BMC, 27,0 % de folhas minadas. Com aumento na precipitação em junho, a infestação do BMC caiu em julho, para aproximadamente 7,00 % de folhas minadas, voltando a subir nos meses de agosto e setembro de 2016, com redução após o início do período chuvoso, na região sul de Minas, a partir de outubro de 2016, com níveis abaixo de 10,0% de folhas minadas.

Figura 1 –Infestação do Bicho-mineiro-do-cafeeiro - BMC (%), Precipitação (mm) e Temperatura (°C), no período de abril de 2015 a março de 2017, em São Sebastião do Paraíso – Sul de Minas Gerais.



CONCLUSÃO

Em função do histórico de flutuação do BMC no Sul de Minas, mesmo num curto período de avaliação, podemos concluir que a infestação do BMC é muito influenciada pelas condições climáticas, reforçando a necessidade de se realizar o monitoramento em função das mudanças climáticas nos agroecossistemas cafeeiros.

AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café pelo financiamento da pesquisa e à Fapemig pela concessão de bolsas de incentivo a pesquisa e de iniciação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. Cafeeiro. In.: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 289-302.

MELO, T.L. **Flutuação populacional, predação e parasitismo do bicho mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), em duas regiões cafeeiras do Estado da Bahia**. 2005. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia.

REIS, P. R. et al. Manejo ecológico das principais pragas do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 214/215, p. 83-99, 2002.

REIS, P.R.; SOUZA, J.C. de; SANTA CECÍLIA, L.V.C.; SILVA, R.A.; ZACARIAS, M.S. Manejo integrados das pragas do cafeeiro. IN: **Café Arábica do plantio à colheita**. Paulo Rebelles Reis, Rodrigo Luz da Cunha. Lavras: V.R. Epamig SM, 2010. 1v. 896p.: il.

TUELHER, E. de S., et al. Ocorrência de bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) influenciada pelo período estacional e pela altitude. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 119-124, 2003.

CLIMATE CHANGE IMPACT ON RAINFED COMMON BEAN PRODUCTION SYSTEMS

Alexandre Bryan Heinemann¹, Silvando Carlos da Silva², Luís Fernando Stone³,
Alessandra da Cunha Moraes⁴

¹Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Sto Antônio de Goiás, GO, alexandre.heinemann@embrapa.br;

²Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Sto Antônio de Goiás, GO, silvando.silva@embrapa.br;

³Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Sto Antônio de Goiás, GO, luis.stone@embrapa.br; ⁴ Analista, Embrapa Arroz e Feijão, Sto Antônio de Goiás, GO, alessandra.moraes@embrapa.br

ABSTRACT: Reductions in agricultural productivity with consequences for food security associated to climate change are expected in the absence of adaptation. For common beans, across South America, is projected a decrease in the climatic suitability, with heat and drought stresses being the key drivers for such suitability reduction. This study hypothesizes that climatic and atmospheric changes for common beans growing period at rainfed wet growing season in Goiás State are likely to alter the yield by 2030. We considered as historic period from 1980 to 2005 and four representative concentration pathways (RCP - 2.6 and 8.5) for the near future from 2020 to 2045. For assessing the common bean yields we applied the CSM-CROPGRO-DRY BEAN model, calibrated and validated for cultivar Pérola. The climate change impacts on average simulated yield ranged from -267 to 272 and -439 to 314.2 kg ha⁻¹ for RCP 2.6 and 8.5.

PALAVRAS-CHAVE: simulation modeling; global circulation models; *Phaseolus vulgaris* L.

IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO FEIJÃO DAS ÁGUAS

RESUMO: Devido às mudanças climáticas espera-se uma redução da produtividade agrícola com consequências para a segurança alimentar na ausência de adaptação. Para o feijoeiro, na América do Sul, é projetada uma diminuição da adequabilidade climática, com o calor e o déficit hídrico como os principais causadores dessa redução. Este estudo sugere que as mudanças climáticas e atmosféricas para o período de crescimento do feijoeiro na estação das águas no estado de Goiás provavelmente alterarão a produtividade até 2030. Considerou-se o período histórico de 1980 a 2005 e dois cenários de concentração representativos (RCP), 2,6 e 8,5, para um futuro próximo, de 2020 a 2045. Para a avaliação da produtividade de grãos, aplicou-se o modelo de simulação do feijoeiro, CSM-CROPGRO-DRY BEAN, calibrado e validado para a cultivar Pérola. Os impactos da mudança climática sobre a produtividade média simulada sem mudanças climáticas variaram de -267 a 272 e -439 a 314,2 kg ha⁻¹ para os RCPs 2,6 e 8,5, respectivamente.

KEY-WORDS: modelos de simulação, modelos de circulação global; *Phaseolus vulgaris* L.

INTRODUCTION

Brazil is the largest world edible bean producer and consumer (~2.5 million ton in 2013 - IBGE, 2015). Beans constitute a primary source of protein in the diet of the Brazilian population (per capita consumption estimated at 17.8 kg year⁻¹). Rainfed systems represent 93% (2.8 million ha) of common bean Brazilian production area (IBGE, 2015). In the State of Goiás, one of the main bean-producing states in Brazil and the focus of this paper, crop production is concentrated in the same geographic area, but spread across three distinct growing seasons, namely wet (sowing from 1 Nov to 31 Dec), dry (sowing from 01 Jan to 28 Feb) and winter (sowing from 1 May to 30 Jun). In the wet and dry seasons, common beans are grown under rainfed conditions, whereas the winter sowing is fully irrigated. Due to environmental variability, the performance of cultivars varies substantially across seasons, with average yield being 1,700, 1,500 and 2,700 kg ha⁻¹ for the wet, dry and winter seasons, respectively (IBGE, 2015). The differences in yield between the winter and the two rainfed (wet and dry) seasons imply the occurrence of stresses that limit crop productivity.

Concerns have been raised as to how rainfed bean production systems will be able to sustainably satisfy increasing demand in the context of climate change (Challinor et al., 2014; Ramirez-Cabral et al., 2016). It has been estimated that changes in climate have already been reducing global agricultural production by 1–5% per decade over the last 30 years (Challinor et al., 2014). Reductions in agricultural productivity with consequences for food security associated to climate change are expected in the absence of adaptation in many parts of South America. Specifically for beans, modelling studies have projected a systematic decrease in the climatic suitability for common bean cultivation across most of South America, with heat and drought stresses being the key drivers for such suitability reductions (Ramirez-Cabral et al., 2016).

In this study, we assessed changes in the yields as a result of climate change for rainfed common beans growth at wet season in Goiás State.

MATERIAL AND METHODS

We used observed historical (1980-2005) weather from 26 weather stations in the Goiás State in central Brazil (Fig.1). Future climate data used here are from the CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) ensemble for two representative concentration pathways (RCPs 2.6 and 8.5) and for the four variables needed for simulating common bean growth with the CSM-CROPGRO-DRYBEAN model, namely, daily precipitation, solar radiation, and maximum and minimum temperatures. We downloaded 12 GCMs that presented data for all four variables and RCPs. Since GCM data at daily scale have inherent errors, bias correction (BC) was necessary before the future data was used into the crop model (Ramirez-Villegas et al., 2013). We corrected the data bias using two different methods: (a) the delta method (DEL, hereafter), which applies a correction on the means, and (b) the change factor method (CF, hereafter), which corrects both the means and the variability of the GCM output (Hawkins et al., 2013). A total of 12 [GCMs] x 2 [RCPs] x 2 [BC methods] = 48 individual climate scenarios for the period 2020-2045 were used. The CSM-CROPGRO-DRYBEAN model was calibrated and validated for cultivar Pérola (Heinemann et al., 2016). A total of three soil classes, namely, Oxisols, Ultisols and Inceptisols, which represent 64, 19 and 6% of the agricultural area in the Goiás State, respectively, were finally selected for all model runs. In order to perform spatially

explicit crop simulations, we first divided the study area into 26 sub-areas using the Thiessen polygons method. For each sub-area, common bean growth and development was simulated with the crop model CSM-CROPGRO-DRYBEAN, which is included in the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT). Here, for both historical and future climate conditions, we ran simulations for all soil (n=3) and management scenarios (n=7 sowing dates (from 1/11 to 30/12), respectively). Historical simulations used observed weather data from each of the 26 sub-regions (each containing one weather station), whereas future simulations were conducted for the 48 individual future climate projections (12 GCMs x 2 RCPs x 2 BC methods) for the period 2020-2045 at each sub-region. The CO₂ concentration set for the model in the historical (1980–2005) run was 380 ppm and for the RCPs 2.6, and 8.5 were 446.5 and 501.8 ppm, respectively, which represent the mean value for each RCP for the period 2020–2045.

RESULTS AND DISCUSSIONS

In this study, the climate change impacts on average simulated yield ranged from -267 to 272 and -439 to 314.2 kg ha⁻¹ for RCP 2.6 and 8.5 (Fig.1). As expected, the highest variation was at RCP 8.5. The climatic change yield impact was not so high for both RCPs because it was applied the near future (2020 to 2045). However, there was a marked difference of yield gain between RCPs. RCP 2.6 showed a geographic yield gain distribution at the southeast, middlewest, middle and northeast Goiás region, while RCP 8.5 showed a yield gain in a few areas of Goiás State (Fig. 1B).

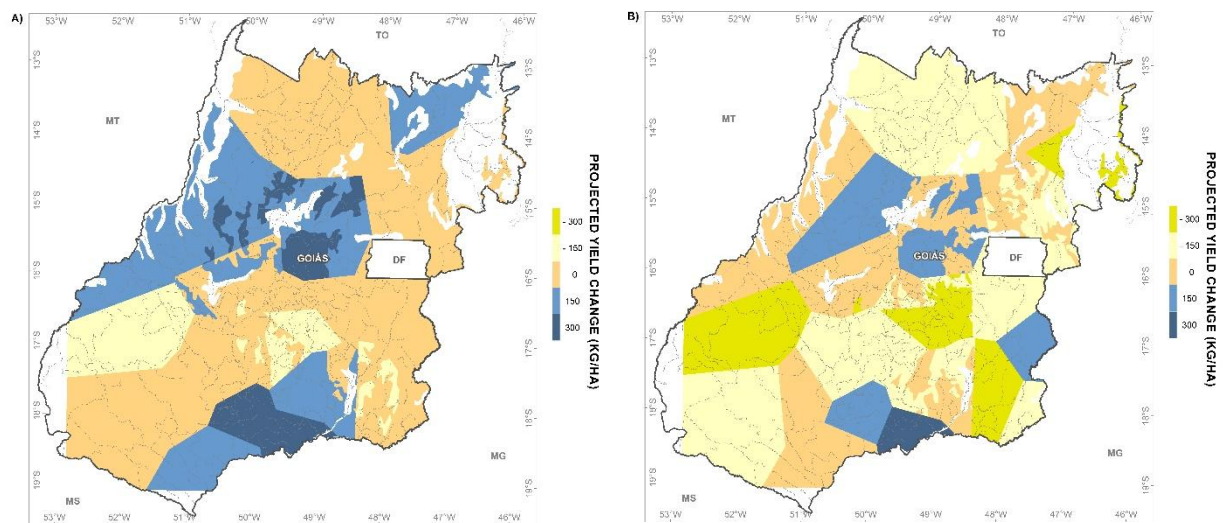


Figure 1. Median projected change in average yield by 2030s for wet season and RCPs 2.5 and 8.5, expressed as difference (in kg ha⁻¹) with respect to the historical average yield for cultivar Pérola.

In Latin America, studies that investigate common bean yield responses to climate change are scarce, but these generally indicate negative effects from climate change. Eitzinger et al. (2016) showed that yields, on average, are projected to reduce in Central America by 2020s and 2050s. Yield reductions were spatially heterogeneous, and mainly driven by temperatures. Similar findings are reported by Ramirez-Cabral et al. (2016), who used a crop suitability approach to map changes in common bean suitable

areas by 2050s. However, in both studies did not simulate direct CO₂ effects. This study found an important role for the interactions between temperature-driven duration reductions (acting to reduce yield) and CO₂ response (acting to increase yield and ameliorate drought); these result in changing yield distributions mainly for RCP8.5.

CONCLUSION

This study showed that there is an interaction between temperature and CO₂ for common bean and it is changing the yield distribution for the wet common bean season at Goiás State.

REFERENCES

CHALLINOR, A.J., KOEHLER, A.-K., RAMIREZ-VILLEGAS, J., WHITFIELD, S., Das, B., 2016. Current warming will reduce yields unless maize breeding and seed systems adapt immediately. Nat. Clim. Change v.6, p.954–958. 2014.

HAWKINS, E., OSBORNE, T.M., HO, C.K., CHALLINOR, A.J. Calibration and bias correction of climate projections for crop modelling: an idealized case study over Europe. *Agric. For. Meteorol.* v.170, p.19–31, 2013.

HEINEMANN, A.B., RAMIREZ-VILLEGAS, J., SOUZA, T.L.P.O., DIDONET, A.D., DI STEFANO, J.G., BOOTE, K.J., JARVIS, A. Drought impact on rainfed common bean production areas in Brazil. *Agric. For. Meteorol.* v.225, p.57–74. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. Produção agrícola municipal: área plantada, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura temporária. URI: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo9.asp?e=c&p=PA&z=t&o=11> (accessed 20.06.15).

RAMIREZ-CABRAL, N.Y.Z., KUMARA, L., TAYLOR, S. Crop niche modeling projects major shifts in common bean growing areas. Agric. For. Meteorol. v. 218–219, p.102–113. 2016.

RAMIREZ-VILLEGAS, J., CHALLINOR, A.J., THORNTON, P.K., JARVIS, A. Implications of regional improvement in global climate models for agricultural impact research. *Environ. Res. Lett.* v.8, p. 24018. 2013.

EMISSÃO DE METANO EM CANA-DE-AÇÚCAR FERTIRRIGADA

Alzeneide da Silva Lopes¹, Aderson Soares de Andrade Júnior², Luís Henrique Bassoi³, Valdenir Queiroz Ribeiro², Josiane Fonteneles Silva⁴

¹Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, BA, agro.neide@hotmail.com; ²Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, aderson.andrade@embrapa.br, valdenir.queiroz@embrapa.br; ³Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP, luis.bassoi@embrapa.br; ⁴UFPI-CNPq, Teresina, PI, josianefonteneles@hotmail.com.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar as emissões de metano (CH₄) em cana-de-açúcar fertirrigada com diferentes doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O) aplicadas por gotejamento subsuperficial. Os tratamentos constaram da combinação de três doses de N e de K₂O (60–120; 120–180 e 180–120 kg ha⁻¹) mais um tratamento testemunha. Os fluxos de CH₄ foram avaliados pelo método da câmara estática fechada aos 83, 104, 146 e 186 dias após o plantio (DAP), um dia antes (C1) e um dia depois (C2) da fertirrigação, totalizando oito avaliações. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas (doses de N e K₂O, nas parcelas, e coletas C1 e C2, nas subparcelas). A fertirrigação da cana-de-açúcar com doses de até 180 kg ha⁻¹ de N e de K₂O não influencia a emissão de CH₄. A emissão de CH₄ deve-se mais ao efeito da irrigação do que à aplicação dos fertilizantes.

PALAVRAS-CHAVE: Efeito estufa. Fertirrigação. GEE

EMISSION OF METHANE IN SUGARCANE UNDER FERTIGATION

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the emissions of methane (CH₄) in fertirrigated sugarcane with different doses of nitrogen (N) and potassium (K₂O) applied by subsurface drip irrigation. The treatments consisted of a combination of three doses of N and K₂O (60-120, 120-180 and 180-120 kg ha⁻¹) plus a control treatment. The CH₄ fluxes were evaluated by the closed chamber method at 83, 104, 146 and 186 days after planting (DAP), one day before (C1) and one day after (C2) of the fertigation, totaling eight evaluations. The experimental design was a randomized block design, with four replications, in subdivided plots (doses of N and K₂O in plots, and collections C1 and C2, in subplots). The fertigation of sugarcane with doses of up to 180 kg ha⁻¹ of N and K₂O does not promote the emission of CH₄. CH₄ emissions are due more to the effect of irrigation than fertilizer application.

KEY WORDS: Greenhouse effect. Fertigation. GHG

INTRODUÇÃO

O metano (CH₄) é um importante gás de efeito estufa (GEE), com grande longevidade na atmosfera. Nos últimos 250 anos, a concentração de CH₄ na atmosfera aumentou cerca de 150%, passando de 715 partes por bilhão (ppb) durante o período pré-industrial para 1803 ppb em 2011, e vem aumentando a uma taxa de três ppb ano⁻¹ (IPCC, 2013). O aumento da concentração atmosférica desse gás deve-se em grande parte a queima de combustíveis fósseis e às atividades agropecuárias. No Brasil, 78% das emissões de CH₄ tem como origem as atividades agropecuárias (MCTI, 2013).

Nos solos, a produção de CH₄ ocorre pelas bactérias metanotróficas que, em condições restritas de oxigênio (O₂), reduzem os compostos orgânicos a CH₄. Vários fatores influenciam a taxa de oxidação desse gás pelas referidas bactérias. A fertilização

nitrogenada afeta a oxidação do CH₄, através da competição do íon NH₄⁺ com o CH₄ pela enzima monoxigenase, sendo que, após fertilização nitrogenada elevada, ocorre no solo uma maior concentração de NH₄⁺ disponível e, com isso, ao competir pela enzima, esse íon atua como inibidor da oxidação de CH₄ no solo (BOECKX; VAN CLEEMPUT; VILLARALVO,1997), favorecendo a produção desse gás no solo. A aplicação parcelada de N em cana-de-açúcar poderá ser uma importante medida para reduzir a concentração de NH₄⁺ no solo e aumentar as taxas de oxidação de CH₄ em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, sobretudo em áreas irrigadas. O objetivo desse trabalho foi avaliar as emissões de CH₄ em cana-de-açúcar fertirrigada com diferentes doses de N e K₂O aplicadas por gotejamento subsuperficial.

MATERIAL E MÉTODOS

As emissões de CH₄ foram estudadas em uma área de cultivo de cana-de-açúcar variedade RB 92579, na fase de cana-planta, na área experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, cujas coordenadas geográficas são: latitude 5°05'S, e longitude 42°29'W, e altitude média de 72 m, em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, textura franco-arenoso. A temperatura média anual é de 28,2°C, e a precipitação média anual é de 1.343,4 mm (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2014).

A cana-de-açúcar foi plantada em junho de 2014, de forma manual na profundidade de 0,3 m em relação à superfície do solo, com seis toletes contendo três gemas cada um, por metro linear. As parcelas foram constituídas de três fileiras duplas de plantio, com 10 m de comprimento. Cada linha dupla de plantio apresentava espaçamento de 2 m entre si, medido a partir do centro da fileira dupla. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pela combinação de três doses de N (ureia) e K₂O (cloreto de potássio) (60–120; 120–180 e 180–120 kg ha⁻¹) mais um tratamento controle, e as subparcelas, por duas épocas de coleta (C1 - coleta antes da fertirrigação e C2 - coleta depois da fertirrigação). As fertirrigações iniciaram no dia 1/8/2014 (60 dias após o plantio) e foram até janeiro de 2015. As aplicações dos fertilizantes foram divididas em 24 etapas durante o ciclo da cultura, com intervalo de sete dias entre as aplicações. As adubações com outros nutrientes foram uniformes em todas as parcelas. O fósforo foi aplicado na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (30% em fundação, fonte superfosfato triplo, e 70% via fertirrigação, na forma de fosfato monoamônico), com aplicações mensais. Os micronutrientes B, Zn, Mn, Cu e Mo foram aplicados via fertirrigação em seis aplicações durante o ciclo da cultura (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012). As fertirrigações, aplicando ureia e cloreto de potássio, foram realizadas após diluição em tanque de 50 L, adicionando-os ao sistema de irrigação por meio de injetor hidráulico de deslocamento positivo. A lâmina de irrigação foi uniforme e aplicada com base na evapotranspiração de referência (ET_o), estimada pelo método de Penman - Monteith e coeficientes de cultivo (K_c) de cana-de-açúcar determinados na região (NOLÊTO, 2015). A frequência de aplicação da irrigação foi às segundas, quartas e sextas-feiras. Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, com dois metros entre linhas gotejadoras, enterradas a 0,25 m de profundidade, no centro das fileiras duplas de plantas.

Os fluxos diários de CH₄ foram avaliados pelo método da câmara estática fechada. As câmaras eram constituídas por uma base e uma tampa de PVC com tubo de respiro e uma saída para retirada das amostras de ar (0, 10 e 30 minutos após o fechamento da câmara). As amostras de ar foram analisadas por meio de cromatografia gasosa (Trace 1310) com um detector por ionização de chama (FID, 250°C). Os fluxos foram calculados por meio das mudanças da concentração durante o tempo de

incubação, associado às informações do volume e da área da câmara. Após correção em função da temperatura, os fluxos foram extrapolados para a escala diária. Em seguida, obteve-se a emissão acumulada no período por meio da integração trapezoidal dos fluxos diários em função do tempo.

As avaliações dos fluxos de CH₄ foram realizadas aos 83, 104, 146 e 186 dias após o plantio (DAP), um dia antes (C1) e um dia depois (C2) da fertirrigação, totalizando oito avaliações. A câmara foi instalada no centro da parcela experimental, entre as fileiras duplas de plantio, sobre a linha de gotejamento subsuperficial. Foram monitoradas a temperatura (termômetro) e umidade do solo (gravimetria) na camada de 0,1m ao lado da câmara. As diferenças entre as emissões acumuladas de CH₄ foram analisadas estatisticamente por meio da análise de variância. Em função do teste t, foram estimados contrastes de interesse entre duas médias. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software SAS 14.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos de CH₄, em todos os tratamentos, foram em geral baixos e oscilaram entre valores positivos e negativos, com valor máximo de 3,450 mg m⁻² dia⁻¹ ocorrendo no T1, aos 146 DAP, e valor mínimo de -0,155 mg m⁻² dia⁻¹, evidenciado no T4, aos 83 DAP (Figura 1). Esse comportamento indica ter havido emissão e oxidação de CH₄ pelo solo. Em todos os tratamentos, embora em pequena magnitude, o solo comportou-se como dreno de CH₄ atmosférico. Houve maior frequência de fluxos negativos nos tratamentos que receberam as maiores doses de N (T3 e T4).

O fluxo máximo de 3,450 mg m⁻² dia⁻¹ foi medido em T1 aos 146 DAP quando também verificou-se maior percentual de umidade no solo. A emissão de CH₄ é fortemente regulada pela umidade do solo, devido a água no solo exercer controle na difusão de CH₄ e na disponibilidade de O₂. Assim, com o aumento da umidade no solo ocorre diminuição da taxa de oxidação e aumento da emissão de CH₄. Por sua vez, o uso de fertilizante nitrogenado pode ter aumentado a taxa de oxidação de CH₄ no solo nos tratamentos T3 e T4, ao promover maior crescimento vegetativo, uma vez que esses tratamentos receberam as maiores doses de N, o que pode ter gerado aumento na evapotranspiração (ET) e reduzido a porosidade total preenchida com água. O aumento da ET da cultura eleva a extração de água do solo, aumentando o espaço poroso do solo livre de água (maior aeração), promovendo maior difusão de CH₄ e O₂.

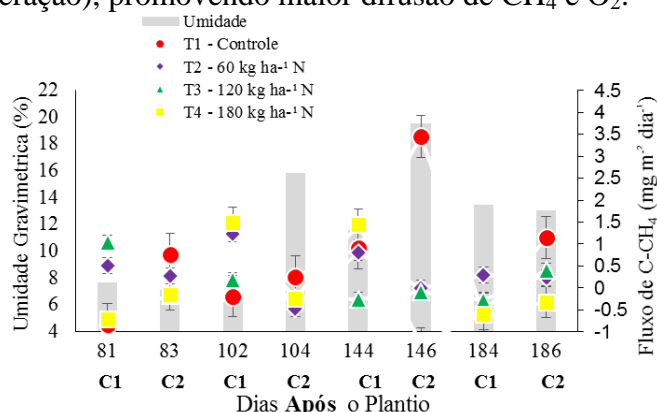


Figura 1. Fluxo de C-CH₄ versus umidade do solo em cana-de-açúcar fertirrigada com doses de N e K₂O por gotejamento subsuperficial; C1 - coleta antes e C2 - coleta depois da fertirrigação.

Antes da fertirrigação (C1), na comparação dos tratamentos fertirrigados com o tratamento controle, apenas o efeito médio de T1 vs T3 não foi significativo. Dentre os

tratamentos fertirrigados, apenas o efeito médio de T2 vs T4 não apresentou diferença significativa. Após a fertirrigação (C2), apenas o efeito médio contraste de T2 vs T3 mostrou não haver diferença significativa (Tabela 1).

Tabela 1. Diferenças entre médias de emissão acumulada de CH₄ (g m⁻²) devido as doses de N e de K₂O (kg ha⁻¹) quantificadas antes (C1) e após (C2) a fertirrigação, em cana-de-açúcar fertirrigada por gotejamento subsuperficial¹.

Contrastes	CH ₄	
	Médias	Efeito do contraste
T1 vs T2 d. C1	0,02457 vs 0,14806	-0,1234**
T1 vs T3 d. C1	0,02457 vs 0,02825	-0,0036 ^{ns}
T1 vs T4 d. C1	0,02457 vs 0,14729	-0,1227**
T2 vs T3 d. C1	0,14806 vs 0,02825	0,1198**
T2 vs T4 d. C1	0,14806 vs 0,14729	0,0007 ^{ns}
T3 vs T4 d. C1	0,02825 vs 0,14729	-0,1190**
T1 vs T2 d. C2	0,28411 vs -0,00506	0,2891**
T1 vs T3 d. C2	0,28411 vs -0,02075	0,3048**
T1 vs T4 d. C2	0,28411 vs -0,09772	0,3818**
T2 vs T3 d. C2	-0,00506 vs -0,02075	0,0156 ^{ns}
T2 vs T4 d. C2	-0,00506 vs -0,09772	0,0926**
T3 vs T4 d. C2	-0,02075 vs -0,09772	0,0769*

¹T1: controle; T2: 60-120; T3: 120-180; T4: 180-120 kg ha⁻¹ de N e K₂O. ns: Não significativo (p > 0,05); *:Significativo a (0,05 ≥ p > 0,01) e **:Significativo a (p ≤ 0,01), pelo teste t.

Os tratamentos que foram fertilizados, independentemente da dose de N aplicada, funcionaram como dreno de CH₄, ou seja, oxidaram CH₄; contudo, o tratamento controle emitiu em média 0,325 g m⁻² de CH₄ a mais que os tratamentos adubados. O T2 oxidou em média 0,0926 g m⁻² de CH₄; já o T3 oxidou em média 0,0769 g m⁻² de CH₄ na comparação com o T4. Entretanto, o T4 mesmo recebendo a maior dose de N (180 kg ha⁻¹) oxidou em média 0,097 g m⁻² de CH₄. Os tratamentos fertilizados funcionaram como dreno de CH₄ dentro da C2, ou seja, oxidaram mais CH₄ do que emitiram; entretanto, dentro da C1 emitiram mais CH₄ do que oxidaram. Esses resultados indicam que a irrigação isolada afetou a taxa de oxidação de CH₄ pelo solo.

O efeito do N sobre a oxidação de CH₄ em solos não é claro e principalmente em regiões com cultivo de cana-de-açúcar. O efeito da aplicação de N na oxidação desse gás depende da fonte e da quantidade de N adicionado, bem como de fatores relacionados ao solo, tais como pH, temperatura, umidade e disponibilidade de O₂.

CONCLUSÕES

A fertirrigação da cana-de-açúcar com até 180 kg ha⁻¹ de N e de K₂O não promove a emissão de CH₄. A emissão de CH₄ deve-se mais ao efeito da irrigação em si do que à aplicação dos fertilizantes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; BASTOS, E.A.; RIBEIRO, V.Q.; DUARTE, J.A.L.; BRAGA, D.L.; NOLETO, D.H. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 78-84, 2012.

BASTOS, E.A.; ANDRADE JUNIOR, A.S. **Boletim agrometeorológico de 2013 para o município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. 38p.

BOECKX, P.; VAN CLEEMPUT, O.; VILLARALVO, I. Methane oxidation in soils with different textures and land use. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.49, n.1-3, p. 91-95, 1997.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. **Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. In: STOCKER, T.F. et al. (ed.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília – DF, 2013, 76 p.

NOLÊTO, D.H. **Coefficiente de cultura e demanda hídrica da cana-de-açúcar na microrregião de Teresina, Piauí**. 2015. 91p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO CLONE DE SERINGUEIRA RRIM 600 SUBMETIDO A ESTRESSE TÉRMICO

Rogério de Souza Nóia Júnior¹, José Eduardo Macedo Pezzopane², Jonas Souza Vinco³,
Talita Miranda Teixeira Xavier⁴, José Ricardo Macedo Pezzopane⁵

¹Mestrando no Programa de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Esalq-USP, Piracicaba, São Paulo, rogeriosouzanoia@gmail.com; ² Professor associado IV, NEDTEC-UFES, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, pezzopane2007@yahoo.com.br; ³ Engenheiro Florestal, CCAE-UFES, Alegre, Espírito Santo, jonasvinco@gmail.com; ⁴ Doutora em Produção Vegetal, NEDTEC-UFES, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, talitamtx@yahoo.com.br; ⁵ Pesquisador, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, São Paulo, ricardo.pezzopane@gmail.com.

RESUMO: A temperatura ar é um dos elementos climáticos que mais limita o processo de expansão da heveicultura. Desta forma, o objetivo do trabalho foi investigar a influência do estresse térmico, caracterizado por diferentes amplitudes térmicas, sobre eficiência instantânea de carboxilação, temperatura foliar e o extravasamento de eletrólitos do clone de seringueira RRIM 600. O estudo foi realizado em casas de vegetação climatizadas, com controle automatizado de temperatura e umidade relativa do ar. O experimento foi disposto no delineamento inteiramente casualizado com três ambientes e cinco repetições, sendo considerada uma planta por repetição. Constatou-se que a eficiência instantânea de carboxilação do clone RRIM 600 foi afetada pela imposição de amplitudes térmicas superiores a 18°C, caracterizadas por temperaturas máximas de 40°C e ou mínimas de 11°C. O estresse térmico causou, ainda, o extravasamento de eletrólitos e o aumento da temperatura foliar do clone, fatores que afetam os aspectos fisiológicos das plantas.

.PALAVRAS-CHAVE: *Hevea brasiliensis*, Temperatura foliar, Eficiência instantânea de carboxilação, Amplitude térmica.

PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF RUBBER TREE CLONE RRIM 600 SUBMITTED TO THERMAL STRESS

ABSTRACT: Temperature is one of the climatic elements that most limit the expansion process of the heveculture. Thus, the objective of the work was to investigate the influence of thermal stress characterized by different thermal amplitudes on the instantaneous efficiency of carboxylation, leaf temperature and the electrolyte extravasation of the rubber tree clone RRIM 600. The study was conducted in climatic greenhouses, with temperature and relative humidity of the air controlled. The work followed a completely randomized design in a 3x1 factorial scheme (three environments x one clone), with five replications. It was found that the instantaneous carboxylation efficiency of the RRIM 600 clone was affected by the imposition of thermal amplitudes above 18 ° C, characterized by temperatures above 40 ° C and or close to 10 ° C. Thermal stress also caused electrolyte extravasation and increase the leaf temperature of the clone.

KEY-WORDS: *Hevea brasiliensis*, leaf temperature, instantaneous carboxylation efficiency, thermal amplitude.

INTRODUÇÃO

A seringueira (*Hevea brasiliensis*) é a espécie mais apropriada para a exploração de borracha natural devido a quantidade e qualidade do látex que produz. No entanto, a produção brasileira de látex supre somente um terço da demanda nacional, situação que deve se agravar nos próximos anos devido ao crescimento da indústria consumidora

nacional e internacional (NOGUEIRA et al., 2015). De modo a atender a demanda por borracha natural, faz-se necessário o conhecimento de como os elementos climáticos afetam os aspectos fisiológicos dos clones de seringueira, para que se viabilize a expansão do cultivo para novas áreas, uma vez que o cultivo desta espécie está se estendendo para áreas não tradicionais onde as plantas encontrarão condições adversas de temperaturas (KOSITSUP et al., 2009).

A temperatura do ar é um dos elementos climáticos que mais influencia os processos fisiológicos das plantas. Temperaturas baixas são responsáveis pela redução da eficiência fotoquímica da seringueira, prejudicando as taxas de assimilação de CO₂ e gerando injúrias nas membranas celulares (RAY et al., 2004). Por outro lado, temperaturas superiores a 40°C pode aumentar as taxas respiratórias e inibir o processo fotossintético. Desta forma, torna-se necessário conhecer como cada espécie responde à variação da temperatura, uma vez que este tipo de resultado é específico, não podendo ser generalizado. Assim, o presente estudo tem como objetivo investigar a influência do estresse térmico, caracterizado por diferentes amplitudes térmicas, sobre aspectos fisiológicos do clone RRIM 600 de seringueira.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em casas de vegetação climatizadas com controle de temperatura e umidade relativa do ar localizadas no Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de Jerônimo Monteiro, ES (latitude 20°47'25"S e longitude 41°23'48"W, altitude de 120m).

Mudas do clone de seringueira RRIM 600 em fase de expedição, foram aclimatadas por 107 dias em um ambiente com temperaturas variando de 20 a 30°C e então foram submetidas a três diferentes regimes de amplitude térmica, por um período de 7 dias, caracterizados pelos seguintes ambientes: Ambiente 1 (24.3 a 29.7°C), Ambiente 2 (24.2 a 41.9°C) e Ambiente 3 (11,5 a 41.8°C), como está apresentado na Tabela 1. Deve-se ressaltar que as temperaturas máximas foram registradas nos períodos diurnos, e a mínimas nos períodos noturnos. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com três ambientes e cinco repetições, sendo cada repetição composta por uma planta.

Tabela 1: Média máxima e mínima de temperatura do ar, déficit de pressão de vapor (DPV) e temperatura do solo, nos ambientes simulados, durante o período de experimentação em Jerônimo Monteiro, ES

Temperatura do ar (°C)	Ambientes		
	1	2	3
Máxima	29,7	41,9	41,8
Média	26,9	32,1	24,5
Mínima	24,3	24,2	11,5
DPV (kPa)			
Máximo	1,49	5,15	5,56
Médio	0,59	2,14	1,9
Mínimo	0,15	0,32	0,19
Temperatura do Solo (°C)			
Máxima	32,9	37,9	35,8
Média	29,8	31,7	24,5
Mínima	26,4	27,4	15,5

As mudas clonais utilizadas foram produzidas por enxertia na modalidade borbulhia em janela aberta em porta enxertos, da variedade clonal IAN 893, com 1 ano de idade cultivados via seminal. As mudas com idade de 30 dias foram transplantadas

para vasos de 21 litros contendo substrato composto por casca de pinus bioestabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal e espuma fenólica.

Para realização da irrigação foi utilizado o sensor de água no solo Hydrosense II, combinado com a sonda portátil CS 658 (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA), o qual permitiu manter o nível de água no substrato sempre próximo a capacidade de campo. A adubação foi realizada de acordo com a recomendação de adubação para a seringueira no Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007).

Para a obtenção dos dados microclimáticos do interior das casas de vegetação, foram instaladas três estações meteorológicas automáticas, uma em cada casa de vegetação. Cada estação era composta por sensores de temperatura e umidade relativa do ar, modelo CS500 (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA), temperatura do solo, modelo 108-L (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA) e um radiômetro de precisão infravermelho, modelo SI-111 (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA). Os dados foram armazenados em um datalogger, modelo CR 1000 (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA) com varredura a cada 10 segundos e armazenamento dos valores médios a cada 1 minuto. Os dados de déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foram obtidos a partir da diferença entre os valores de pressão de saturação de vapor de água (es) e pressão parcial de vapor (ea).

Durante o 1º, 3º, 5º e 7º dia de avaliação, às 12 horas (Horário local), realizou-se as análises de temperatura foliar. As análises foram realizadas a partir do posicionamento de um radiômetro de precisão infravermelho direcionado para a parte central de uma folha do terço médio, a uma distância de 2 cm, acoplados a um *datalogger* modelo CR 1000 (Campbell Scientific, Inc., Logan, UT, USA). Com os dados de temperatura foliar procedeu-se com o cálculo da diferença entre a temperatura foliar e a do ar (Δt). Também às 12 horas, realizou-se as análises de trocas gasosas utilizando-se um analisador de gás infravermelho portátil (IRGA), modelo Li 6400 (LI-COR Inc, Lincoln, NE, USA), empregando-se intensidade luminosa de $1000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e concentrações de CO_2 externa de 400 ppm. Através dos dados desta análise foi calculado, eficiência instantânea de carboxilação (EiC, Equação 1).

$$EiC = \frac{A}{C_i} \quad (1)$$

em que: A é a assimilação líquida de dióxido de carbono ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), e C_i é a concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$).

A análise do extravasamento de eletrólitos, foi realizada no sétimo dia de experimentação. Para realização da mesma seguiu-se a metodologia proposta por Pimentel et al. (2002). Os resultados foram submetidos à análise de variância (Teste F) e as médias entre os tratamentos, quando necessário, foram comparadas pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se na Figura 1, a eficiência instantânea de carboxilação do clone de seringueira RRIM 600. Observa-se, que a partir do terceiro dia de avaliação, o clone RRIM 600 já havia sido afetado pela imposição de amplitudes térmicas caracterizadas por temperaturas superiores a 41°C e ou próximas a 11°C , não havendo diferenças entre os ambientes 2 e 3. A partir do quinto dia de avaliação, a EiC, nestes ambientes era nula, ou próxima a isso.

A redução da EiC, pode ter sido causada de danos ao fotossistema II, ou por uma diminuição da atividade da proteína Rubisco ativase devido a altas temperaturas, já que

tal proteína apresenta grande sensibilidade a desnaturação térmica (CRAFTS BRANDNER; SALVUCCI ME, 2004),

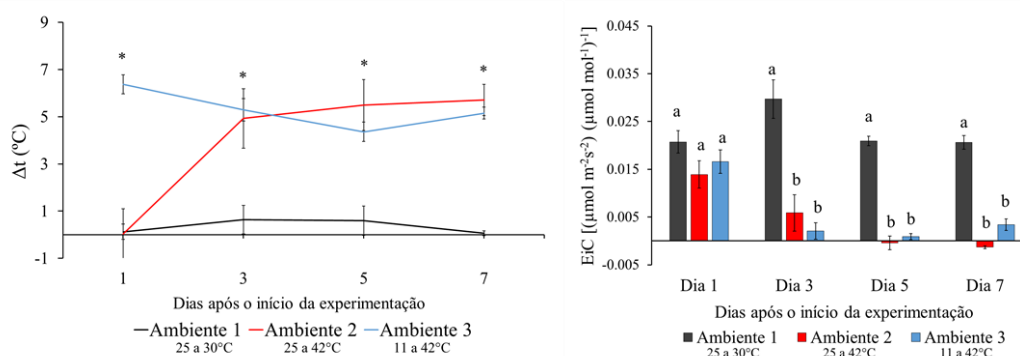


Figura 1: Eficiência instantânea de carboxilação (A) e diferença da temperatura da folha em relação a temperatura do ar (Δt , B) no clone RRIM 600 submetido a três condições de microclimas, às 12 horas do 1º, 3º, 5º e 7º dias após o início da experimentação. Cada ponto corresponde à média \pm erro padrão de cinco observações.

Assim como a EiC, a temperatura foliar (Δt), apresentada pela diferença entre a temperatura da folha e do ar (Figura 1) também foi afetada pelos diferentes ambientes. Porém, verifica-se, a partir desta variável, diferenças no primeiro dia de avaliação entre os ambientes 2 e 3, o que possivelmente se liga às baixas temperaturas impostas pelo ambiente 3. Temperaturas baixas podem ter reduzido a fluidez das membranas plasmáticas, o que pode ter afetado o transporte de solutos entre as células, gerando o fechamento estomático e por consequência aumento a temperatura foliar (WANG et al, 2012).

Verificou-se ainda, que as condições climáticas dos ambientes 2 e 3 danificaram as membranas plasmáticas do clone RRIM 600, sob ponto de vista de extravasamento de eletrólitos. As mudas submetidas no ambiente 1 apresentaram extravasamento de 9,9% e as do ambiente 2 e 3 apresentaram extravasamento de 37,96 e 33,19%, respectivamente.

CONCLUSÕES

As amplitudes térmicas caracterizadas por temperaturas superiores a 41°C e ou próximas a 11°C causam danos ao aparato fotossintético, gerando uma redução da eficiência de carboxilação do clone RRIM 600. O estresse térmico gerou o aumento da temperatura foliar do clone RRIM 600, o que provoca o aumento da diferença entre esta e a temperatura do ar e provoca a desestruturação das membranas com consequente extravasamento do conteúdo eletrolítico celular, o que pode levar à morte celular.

AGRADECIMENTOS

À FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo) pela bolsa de estudos. À empresa NR Seringueira pela doação das mudas.

REFERÊNCIAS

CRAFTS-BRANDNER SJ, SALVUCCI ME. Analyzing the impact of high temperature and CO₂ on net photosynthesis: biochemical mechanisms, models and genomics. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 90, p. 75–85, 2004.

KOSITSUP, B., et al. Photosynthetic capacity and temperature responses of photosynthesis of rubber trees (*Hevea brasiliensis* Mu'll. Arg.) acclimate to changes in ambient temperatures. **Trees**, Berlin, v.23, n.2, p.357–365, 2009.

NOGUEIRA, R. F., et al. Mercado de borracha natural e viabilidade econômica do cultivo da seringueira no brasil. **Nativa**, Sinop, v. 03, n. 02, p. 143-149, 2015.

PIMENTEL, C., et al. Tolerância protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivados em campo. **Revista Universidade Rural**, Seropédica, v. 22, p. 07 -14, 2002.

PREZOTTI, L.C., et al. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. Vitória: Ed. INCAPER, 5. ed., 2007. 305 p.

RAY, D.; DEY S.K.; DAS, G. Significance of the leaf area ratio in *Hevea brasiliensis* under high irradiance and low temperature stress. **Photosynthetica**, Berlin, v.42, p. 93-97, 2004.

AGRUPAMENTOS DOS MUNICÍPIOS SERGIPANOS EM RELAÇÃO À PRECIPITAÇÃO ANUAL

Eucymara França Nunes Santos¹, José Antônio Silva Santana², Inajá Francisco de Souza³, Antenor de Oliveira Netto⁴

¹Professora Mestre, Departamento de Estatística e Ciências Atuariais, São Cristóvão, Sergipe, eucymara@gmail.com; ²Aluno de Graduação, Departamento de Estatística e Ciências Atuariais, São Cristóvão, Sergipe, antoniosantana@gmail.com; ³Professor Doutor, Pós Graduação em Recursos Hídricos, São Cristóvão, Sergipe, inajafrancisco@gmail.com; ⁴Professor Doutor, Pós Graduação em Recursos Hídricos, São Cristóvão, Sergipe.

RESUMO: A técnica multivariada estatística de análise de agrupamentos foi utilizada com o objetivo de agrupar municípios no Estado de Sergipe, relacionados aos anos de precipitação. A medida de distância Euclidiana foi utilizada juntamente aos métodos de agrupamentos hierárquicos de ligação simples, média e completa, centroide e ward. Os dados foram coletados em uma série de 30 anos, para 39 municípios sergipanos, referente à precipitação em 21 anos. O método de agrupamento de ligação média mostrou-se ideal para agrupar os municípios.

PALAVRAS-CHAVE: Grupos, Sergipe, El niño, La niña.

GROUPS OF SERGIPAN MUNICIPALITIES IN RELATION TO THE ANNUAL PRECIPITATION

ABSTRACT: The multivariate statistical technique of cluster analysis was used to group municipalities in the State of Sergipe, related to the years of precipitation. The Euclidean distance measure was used in conjunction with the simple, middle and complete, centroid and ward hierarchical clustering methods. The data were collected in a series of 30 years for 39 municipalities of Sergipe, referring to precipitation in 21 years. The middle link grouping method proved to be ideal for grouping municipalities.

KEY-WORDS: Groups, Sergipe, El niño, La niña.

INTRODUÇÃO

O clima em uma região é determinado por vários fatores, tais como topografia, vegetação, altitude, longitude, continentalidade, maritimidade, relevo, vegetação e massas de ar. A influência de fenômenos anômalos pode afetar o clima regional e global, mudando os padrões de vento a nível mundial, e afetando assim, os regimes de chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias.

O El Niño é um fenômeno atmosférico oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico, e a La Niña causa o esfriamento anormal das águas em virtude do aumento da força dos ventos. Os impactos desses fenômenos causados no Brasil são bastante variados, visto que o território brasileiro possui dimensões continentais e uma elevada diversidade climática.

A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos que exerce mais influência sobre as condições ambientais, sobre a economia da população, e além do efeito direto sobre o balanço hídrico climatológico também exerce grande influência sobre outras variáveis como a captação de água de chuva no sertão. Tendo em vista o impacto ambiental que a anomalia desse componente provoca no clima regional verifica-se a importância sobre o estudo climatológico de determinada região.

O objetivo deste trabalho foi o de formar grupos anuais em relação à precipitação dos municípios do Estado de Sergipe, com a aplicação da técnica estatística multivariada de análise de agrupamentos. O propósito desta análise é verificar se os grupos formados tem relação com as ocorrências dos efeitos climáticos El Niño e La Niña.

MATERIAL E MÉTODOS

O Estado de Sergipe localiza-se 9°31'S a 11°33'S e 36°25'W a 38°14'W, na faixa tropical e possui como problema climático principal a irregularidade espacial das precipitações pluviométricas decrescente do litoral leste para o sertão semiárido (SEMARH-SE, 2014).

Neste trabalho foram utilizados dados de precipitação pluviométrica provenientes da Emdagro (Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe), coletados no período de 1985 a 2005, totalizando 21 anos para as estações dos 39 municípios do Estado de Sergipe selecionados de acordo com o banco de dados encontrados.

De acordo com a SEMARH-SE, 2014, o clima em Sergipe é caracterizado pela ampla variabilidade espacial e temporal com precipitação média variando de 600 mm no semiárido, 1000 mm no agreste e de 1355 mm no litoral por ano. A precipitação está concentrada nos períodos de abril a agosto definindo a estação chuvosa enquanto que a estação seca se concentra entre setembro a março, podendo ocorrer secas severas em alguns anos e enchentes em outros anos. A temperatura média anual do ar de 22,7 a 26,5°C, e a umidade relativa média anual varia de 65 a 80%.

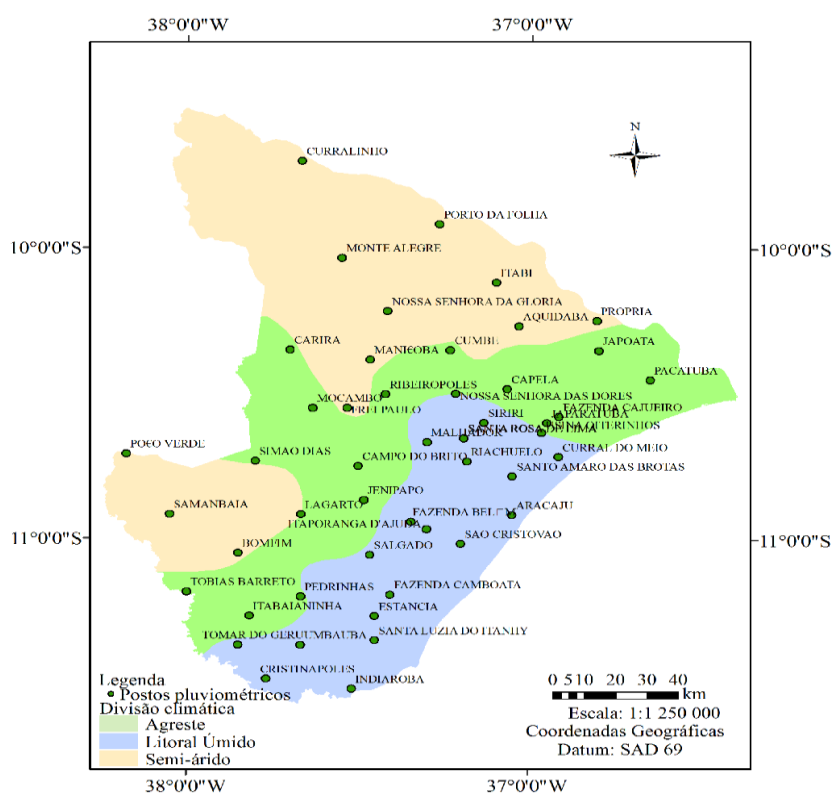


Figura 1. Localização dos postos pluviométricos e divisão climática do estado de Sergipe.

O método de agrupamento foi utilizado para identificar padrões nos grupos dos anos, através de um comportamento comum em relação à precipitação dos municípios. Adotou-se a distância euclidiana como medida de dissimilaridade (quanto maior o valor, menos parecidos são os objetos), sobre a qual empregou-se os métodos de agrupamentos hierárquicos (os elementos vão sendo agrupados até que todos se encontrem em um único grupo) de ligação simples, média e completa, centroide e ward, este método após agrupar os dois indivíduos mais semelhantes, de menor distância, verifica a distância máxima deste primeiro grupo para os objetos restantes, desta forma procura garantir que os objetos de um grupo guardem a máxima distância de outros grupos. Os dendogramas foram construídos no software RStudio.

Os agrupamentos serão avaliados pelo número e pela homogeneidade dos grupos. O coeficiente de correlação cofenética (coeficiente r de Pearson) será utilizado como medida de validação para o grau de ajuste entre a matriz original e a matriz de agrupamento (cofenética) obtida após a construção do dendograma. Considera-se aceitável um coeficiente cofenético superior a 0,7, sendo que o maior valor encontrado na análise é o critério de escolha do melhor método de agrupamento.

ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS

A análise de agrupamentos também conhecida como conglomerados, classificação ou cluster, constitui-se em uma técnica a ser utilizada para a descoberta de uma estrutura de grupos e de relações existentes entre esses grupos. Tem como objetivo dividir os elementos da amostra, ou população, em grupos de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos.

Essa técnica permite extrair informações a respeito da independência entre as variáveis que caracterizam cada elemento. Procura-se elaborar critérios para agrupar objetos, dada uma amostra de n objetos cada um deles, medido segundo variáveis, procura-se um esquema de classificação que agrupe os objetos em k grupos.

Os grupos são formados com base na similaridade ou dissimilaridade (distâncias), reconhecer entre eles um grau de semelhança suficiente para reuni-los num mesmo conjunto, destacando os grupos de objetos similares entre si, segundo suas características ou variáveis. O grau de associação tem que ser elevado entre os membros de uma mesma categoria, e baixo, entre os elementos de categorias distintas (VALENTIN, 2000).

Segundo Reis (2001), as etapas de uma análise de agrupamentos são as seguintes:

- 1) Seleção de um indivíduo ou de uma amostra de indivíduos a serem agrupados.
- 2) Definição de um conjunto de variáveis a partir das quais será obtida a informação necessária ao agrupamento de indivíduos.
- 3) Coleta dos dados que serão reunidas numa tabela com m colunas (descritores) e n linhas (objetos).
- 4) Escolha de um critério de similaridade ou dissimilaridade.
- 5) Adoção e execução de um algoritmo de agrupamento.
- 6) Elaboração e interpretação do dendograma.
- 7) Validação dos resultados encontrados.

Um conceito fundamental é a escolha de um critério que meça a distância entre dois objetos, ou que quantifique o quanto eles são parecidos, esta medida é chamada coeficiente de parença, sendo dividida em duas categorias: medidas de similaridade

(quanto maior o valor, maior a semelhança entre os objetos) e de dissimilaridade (quanto maior o valor, maior a diferença entre os objetos) (BUSSAB, 1990). Existem várias medidas diferentes e cada uma delas produz um determinado tipo de agrupamento. As medidas mais comuns, apropriadas para variáveis quantitativas, são as de dissimilaridade entre elementos de uma matriz de dados e a mais utilizada é:

1) Distância Euclidiana – a distância entre dois elementos (x_i e x_j) é a raiz quadrada do somatório dos quadrados das diferenças entre valores de i e j para todas as variáveis ($v = 1, 2, \dots, p$).

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{v=1}^p (x_{iv} - x_{jv})^2} \quad (1)$$

Os métodos de agrupamento têm o objetivo de reunir entidades em grupos homogêneos. O método de classificação denominado hierárquico consiste em reunir indivíduos em grupos, e o processo repete-se em diferentes níveis até formar uma árvore chamada dendograma. Segundo Chatfield (1997), o tipo de algoritmo é chamado algoritmo aglomerativo porque ele opera por uma série de união, começando com n grupos de apenas um indivíduo e termina em um grupo de n indivíduos, os mais utilizados são:

1) Ligação simples – esse método tem seu procedimento iniciado com a procura dos dois objetos mais similares na matriz de dissimilaridade. Ele consiste em reconhecer os indivíduos mais próximos os quais são reunidos formando o grupo inicial, calcula-se então a distância daquele grupo em relação aos demais indivíduos e nos estágios mais avançados. A distância entre os progenitores k e um grupo formado pelos progenitores i e j é dada por:

$$d_{(ij)k} = \min (d_{ik}; d_{jk}) \quad (2)$$

2) Ligação completa – este método, após agrupar os dois indivíduos mais semelhantes de menor distância, verifica a distância máxima deste primeiro grupo para os objetos restantes, Frei (2006). As distâncias entre um grupo e um indivíduo devem ser calculadas pela expressão:

$$d_{(ij)k} = \max (d_{ik}; d_{jk}) \quad (3)$$

3) Ligação média – este método trata a distância entre dois conglomerados como a média das distâncias entre todos os pares de elementos que podem ser formados com os elementos dos dois conglomerados que estão sendo comparados. As distâncias entre o objeto que se quer incluir num grupo são:

$$d(C_1, C_2) = \sum_{i \in C_1} \sum_{j \in C_2} \left(\frac{1}{n_i n_j} \right) d(x_i, x_j) \quad (4)$$

onde C_1 e C_2 são grupos aos quais pertencem os elementos n_i e n_j , e estes são os números de elementos nos grupamentos i e j .

4) Centróide – este método define a coordenada de cada grupo como sendo a média das coordenadas de seus objetos. A distância entre os grupos é obtida através do cálculo das distâncias entre os centróides.

5) Ward – neste método um grupo será reunido a um outro se essa união proporcionar o aumento da variância intragrupo. A variância intragrupo será calculada para todas as

alternativas de aglomeração, escolhendo a que proporcionará a menor variância, sendo aplicado a todos os passos da análise. A distância é definida como:

$$d(x_i, x_j) = \left(\frac{n_i n_j}{n_i + n_j} \right) (\bar{x}_i - \bar{x}_j) (\bar{x}_i - \bar{x}_j) \quad (5)$$

onde n_i e n_j são os números de elementos nos grupamentos i e j .

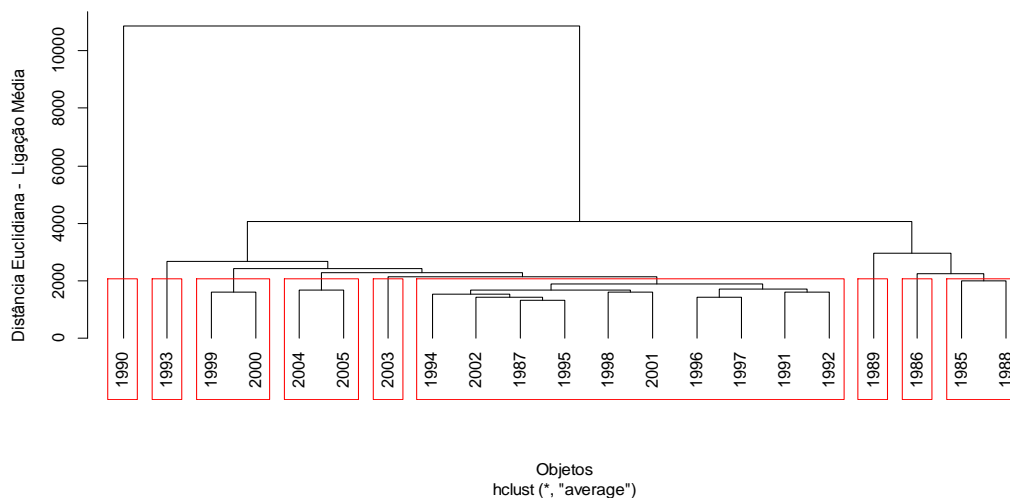
A aplicação dos métodos hierárquicos permite a apresentação dos resultados sob a forma de dendograma. O dendograma é um diagrama em forma de árvore que mostra a subdivisão dos grupos formados, buscando máxima homogeneidade entre os indivíduos no grupo e máxima heterogeneidade entre os grupos (SNEATH e SOKAL, 1973).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

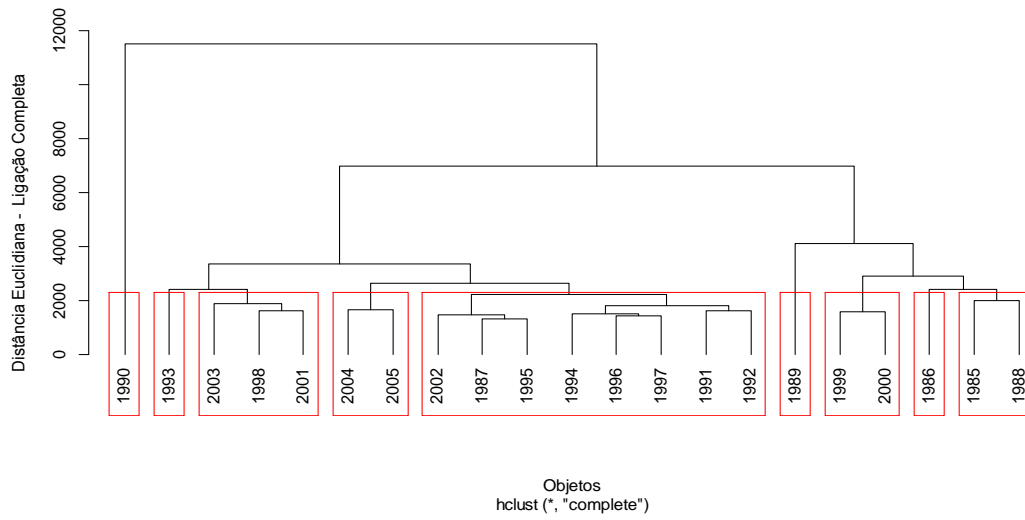
Os dendogramas (Figura 2) foram formados utilizando a distância Euclidiana, utilizando os métodos de agrupamento: ligação completa, ligação simples, ligação média, centroide e ward, totalizando 5 dendogramas com estruturas diferenciadas. Os grupos foram representados pela precipitação anual de 39 municípios do Estado de Sergipe. Como critério para determinar a formação dos agrupamentos empregou-se uma distância de similaridade de 2000, para determinar uma quantidade significativa de grupos, feito igualmente a todos os dendogramas para efeito de comparação.

A correlação cofenética (Tabela 1) mostra que todos os métodos para a medida de distância utilizada apresentaram um bom ajuste da matriz de dissimilaridade na forma de dendograma com valores acima do considerado aceitável. Então segundo este coeficiente, o melhor ajuste para a distância Euclidiana é o método de agrupamento ligação média.

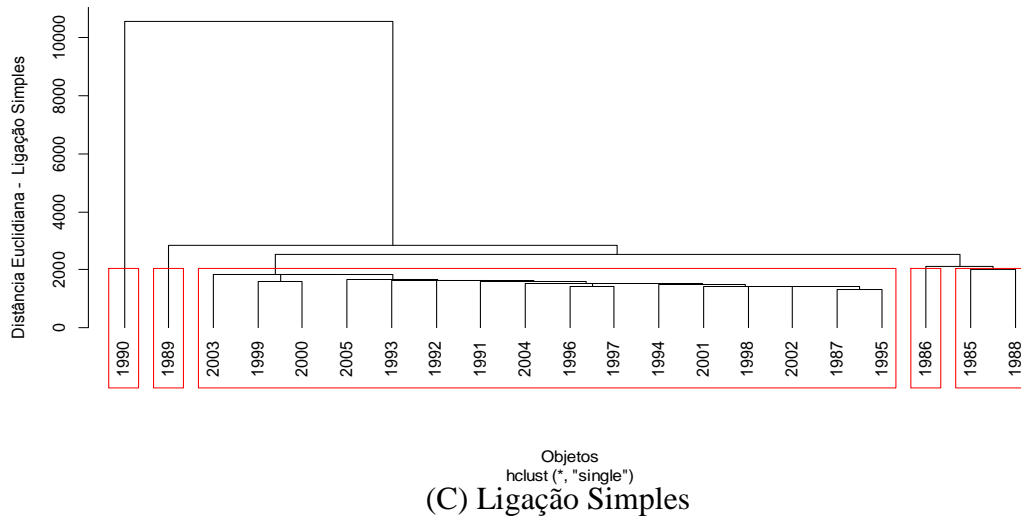
A Tabela 1 apresenta a quantidade de grupos formados pelo método de ligação média, que foram semelhantes aos apresentados no método de ligação completa, cujo coeficiente cofenético foi menor, mas dentro do aceitável.



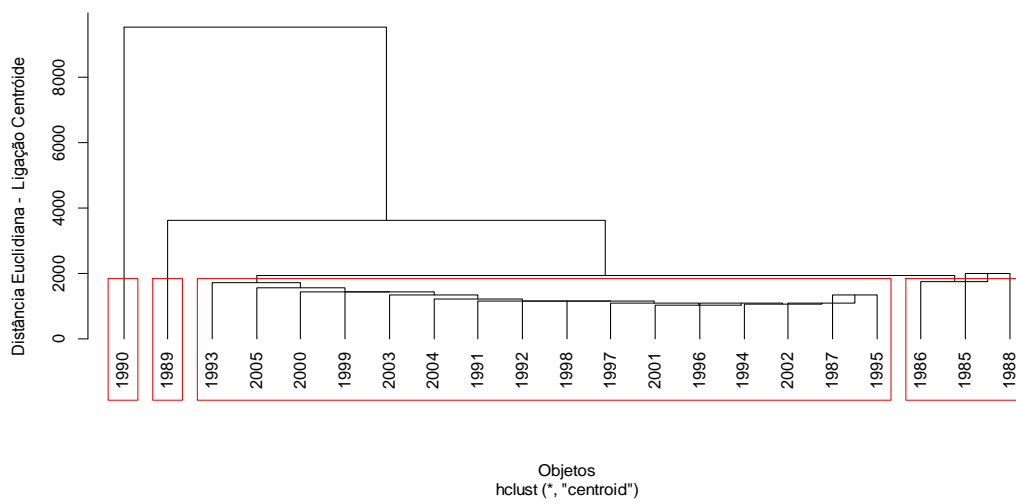
(A) Ligação Média



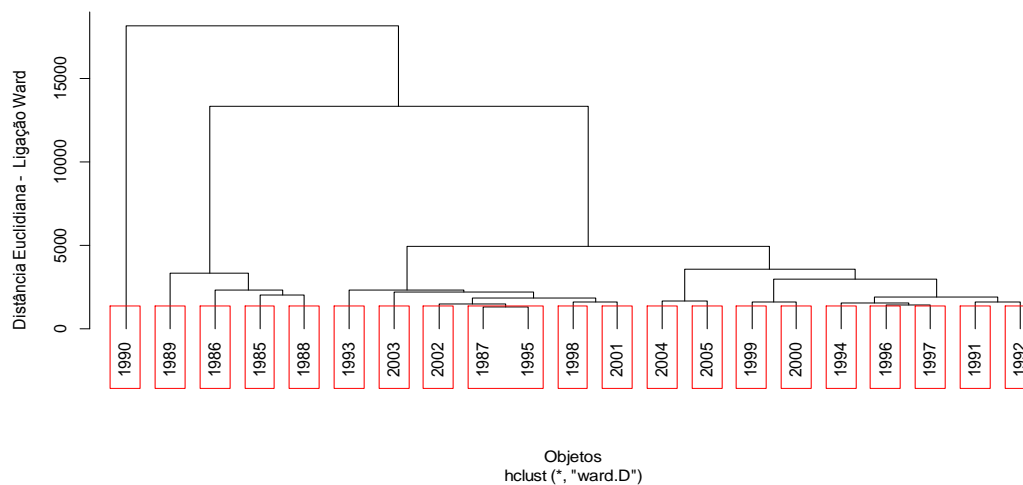
(B) Ligação Completa



(C) Ligação Simples



(D) Centróide



(E) Ward

Figura 2. Dendogramas obtidos através das medidas de distância e métodos de agrupamentos, (A) Ligação Média, (B) Ligação Completa, (C) Ligação Simples, (D) Centróide e (E) ward.

Tabela 1 – Coeficiente de correlação cofenética das distâncias e métodos de agrupamentos utilizados

Métodos de Agrupamento	Euclidiana	Grupos Formados
Ligação média	0,97	9
Ligação simples	0,96	5
Centróide	0,96	4
Ligação completa	0,84	9
Ward	0,81	20

A Tabela 2 mostra os grupos formados pelos métodos de agrupamentos de ligação média e ligação completa, os seis primeiros grupos são formados pelos mesmos anos, os outros diferem na locação dos anos 1998, 2001 e 1996 entre diferentes grupos.

Os grupos formados pelo método de ligação média apresentou melhor interpretação para os anos de ocorrência do El Niño, seguindo a Tabela 3 de Rasmusson e Carpenter (1989), constituindo grupos de anos que identificam intensidade de forte junto ao moderado, e moderado com não ocorrência, caso este não encontrado no método de ligação completa.

A ocorrência do fenômeno La Niña foi apresentado melhores interpretações no método de ligação média, identificando anos de não ocorrência com moderado, e não ocorrência com fraco.

Tabela 2 – Grupos dos anos formados pelos métodos de agrupamentos

Grupo	Ligação Média	Ligação Completa
1	1990	1990
2	1993	1993
3	2004, 2005	2004, 2005
4	1986, 1985, 1988	1986, 1985, 1988

5	1999, 2000	1999, 2000
6	1989	1989
7	2003	2003, 1998, 2001
8	1994, 2002, 1987, 1995, 1998, 2001	2002, 1987, 1995
9	1996, 1997, 1991, 1992	1994, 1996, 1997, 1991, 1992

Tabela 3 – Tabelas de intensidades do El Niño e La Niña.

Ocorrência de El Niño

1877 - 1878	1888 - 1889
1896 - 1897	1899
1902 - 1903	1905 - 1906
1911 - 1912	1913 - 1914
1918 - 1919	1923
1925 - 1926	1932
1939 - 1941	1946 - 1947
1951	1953
1957 - 1959	1963
1965 - 1966	1968 - 1970
1972 - 1973	1976 - 1977
1977 - 1978	1979 - 1980
1982 - 1983	1986 - 1988
1990 - 1993	1994 - 1995
1997 - 1998	2002 - 2003
2004 - 2005	2006 - 2007
2009 - 2010	-

Legenda: Forte Moderada Fraco

Ocorrência do La Niña

1886	1903 - 1904
1906 - 1908	1909 - 1910
1916 - 1918	1924 - 1925
1928 - 1929	1938 - 1939
1949 - 1951	1954 - 1956
1964 - 1965	1970 - 1971
1973 - 1976	1983 - 1984
1984 - 1985	1988 - 1989
1995 - 1996	1998 - 2001
2007 - 2008	-

Legenda: Forte Moderada Fraco

Fonte: Rasmusson e Carpenter 1983, Monthly Weather Review, Ropelewski e Halpert 1987, Monthly Weather Review. Cold episode sources Ropelewski e Halpert 1989, Journal of Climate. Climate Diagnostics Bulletin.

CONCLUSÕES

O trabalho apresentado permitiu que a técnica multivariada de análise de agrupamentos para a distância Euclidiana, e os métodos de ligação média e ligação completa são os mais adequados para apresentar grupos com características homogêneas de precipitação anual, na interpretação de fenômenos como El Niño e La Niña.

AGRADECIMENTOS

À Capes pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

BUSSAB, W. DE O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. DE. Introdução à análise de agrupamentos, São Paulo. Associação Brasileira de estatística. **9º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística**, 1990. 105 p.

CHATFIELD, C.; COLLINS, A. J. **Introduction to multivariate analysis**. London. Chapman e Hall, 1997.

EMDAGRO, Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe, 2015. Disponível em <<http://www.emdagro.se.gov.br/>> Acesso em: 24 Março de 2016.

RASMUSSEN, E. M.; CARPENTER, T. H. **The Relationship Between Eastern Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures and Rainfall over India and Sri Lanka**. Climate Analysis Center, NMC, NWS, NOAA, Washington, DC 20233, 1983.

R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REIS, E. **Estatística multivariada aplicada**. 2 ed. Lisboa: Sílabo, 2001. 253 p.

SEMARH/SRH – Caracterização Climática. **Centro de Meteorologia da Secretaria de Recursos Hídricos de Sergipe**. Disponível em: <http://www.semarh.se.gov.br/meteorologia/modules/tinyd0/index.php?id=45>. Acesso em: março de 2017.

SNEATH, P. A.; SOKAL, R. R. **Numeric taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573 p.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2000. 117 p.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA RIO BRANCO, ACRE

Falberni de Souza Costa¹, Maria Fernanda Zago², Idesio Luis Franke¹

¹Engenheiro agrônomo, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, falberni.costa@embrapa.br, idesio.franke@embrapa.br; ²Engenheira ambiental, Rio Branco, Acre, mfernandazago@hotmail.com

RESUMO: Foi comparada a eficiência dos métodos Thornthwaite (T) e Hargreaves e Samani (HS) de estimativa da evapotranspiração de referência em relação ao método FAO Penman-Monteith (PM). Foram utilizados dados meteorológicos (1997-2012) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação meteorológica de Rio Branco (AC). As médias diárias mensais da evapotranspiração de referência variaram entre 1,74 e 5,55 mm dia⁻¹. Os métodos T e HS não apresentaram bom ajuste para a escala diária, quando comparados ao método PM, com coeficientes de correlação (r) variando entre 0,52 e 0,54. O coeficiente de exatidão ou de concordância (d) variou entre 0,12 e 0,54. Em relação ao método PM, os métodos de T e HS apresentaram índice “c” com desempenho péssimo.

PALAVRAS-CHAVE: Desmatamento; agropecuária; água disponível.

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION TO RIO BRANCO, ACRE

ABSTRACT: The efficiency of the Thornthwaite (T) and Hargreaves and Samani (HS) methods to reference evapotranspiration estimation in relation to the FAO Penman-Monteith (PM) method was evaluated. Meteorological data (1997-2012) of the National Institute of Meteorology (Inmet) at the meteorological station of Rio Branco (AC) were used. The daily averages of the reference evapotranspiration varied between 1.74 and 5.55 mm day⁻¹. The T and HS methods did not present a good fit for the daily scale when compared to the PM method, with correlation coefficients (r) varying between 0.52 and 0.54. The accuracy or agreement coefficient (d) presented values ranging from 0.12 to 0.54. Regarding the PM method, the T and HS methods presented a "c" index with poor performance.

KEY-WORDS: Deforestation; agriculture, livestock, available water.

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira é, em grande parte do seu território, dependente de chuva natural. Nas últimas décadas o planejamento da agricultura dentro da variabilidade do padrão climático não tem sido suficiente para evitar perdas na produção (BRASIL, 2016). A frequência de eventos extremos tem aumentado, sendo necessário o conhecimento e entendimento de suas causas, para aumentar a chance de sucesso nos cultivos agrícolas (BOERS et al., 2017; MARENGO; ESPINOZA, 2015; MARENGO et al., 2011; PERALTA; MATHER, 2000). No Acre, chuvas (excesso ou déficit) fora da normal climatológica têm causado perdas em vários setores da sua economia, podendo potencializar a ocorrência de pragas nas pastagens (FAZOLIN et al., 2015). São apresentadas estimativas da evapotranspiração de referência (ETP) no Estado do Acre para um município (Rio Branco, capital) de sua região mais alterada (leste) do ponto de

vista da mudança do uso do solo para a produção agropecuária no período de 16 anos (1997 a 2012), visando verificar o desempenho das estimativas de ETP pelos métodos de Thornthwaite (T) e Hargreaves e Samani (HS) em relação ao método de FAO Penman-Monteith (PM). Os resultados são discutidos com base na hipótese de que, além do desmatamento ser uma das possíveis causas de mudanças espaço-temporais da ETP, em adição às variações naturais (NOBRE, 2011), é necessário o conhecimento e ajuste de equações para a estimativa de ETP com parâmetros locais.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Rio Branco (RBR - leste do Acre - 9°58'30"S - 67°48'36"W) está a 153 m acima do nível do mar (anm) e de acordo com Koppen-Geiger tem clima de monção (Am), com precipitação total anual maior que 1.500 mm e precipitação do mês mais seco inferior a 60 mm. Os dados para as estimativas da ETP de referência foram obtidos a partir da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, da estação de RBR (9°58'29"S - 67°48'36"W, 160 m anm) (INMET, 2017). O município de RBR representa espacialmente o Acre na sua porção leste, com desmatamento acumulado até 2012 de 28,48 % de sua área total (INPE, 2017). Os cálculos foram realizados para o período de 1997 a 2012. A evapotranspiração foi calculada segundo Thornthwaite (PEREIRA et al., 2007), por não depender de muitas variáveis meteorológicas, ser adequado para regiões úmidas e por ser um dos métodos mais utilizados para o cálculo do balanço hídrico climatológico e de culturas (CECÍLIO et al., 2012; CASTRO et al., 2010; PEZZOPANE et al., 2010) nas suas múltiplas interpretações e utilizações. Também pelo método de Hargreaves e Samani (1982, 1985), por ser o método utilizado na modelagem do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) pela Embrapa/Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) do Brasil. O método FAO Penman-Monteith (PM) foi considerado como de referência por integrar o maior de parâmetros para a estimativa da ETP, como o balanço de energia, a velocidade do vento e o poder evaporante do ar (FAO, 2017). O desempenho das estimativas da ETP de referência entre os métodos foi avaliado pelo teste de Willmott (1981), adotando o índice “c” como indicador do desempenho dos métodos (CAMARGO e SENTELHAS, 1997), ao considerar os índices de precisão (r) calculados pela regressão linear e de exatidão “d” pela relação entre os resultados individuais obtidos por T e HS em relação a PM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dinâmica da ETP diária média estimada pelos três métodos ao longo dos meses do ano é relativamente semelhante. A ETP é alta nos meses de janeiro a abril, quando começa a diminuir, com valores mínimos em julho, e a partir daí retoma valores altos, com pico máximo em outubro. Entre os meses de maiores valores, o trimestre set/out/nov apresenta valores maiores do que o quadrimestre jan/fev/mar/abr (Tabela 1).

A ETP não foi semelhante entre T e HS, sendo menor e maior, respectivamente. A ETP estimada por PM ora foi menor, ora intermediária, ora maior em relação aos demais métodos (Tabela 1).

Tabela 1. Média diária mensal, desvio padrão e coeficiente de variação da evapotranspiração de referência calculada pelos métodos de Thornthwaite (T), Hargreaves-Samani (HS) e FAO Penman-Monteith (PM). Rio Branco, AC. 1997-2012.

	ETP T	DP	CV	ETP HS	DP	CV	ETP PM	DP	CV
	(mm.dia ⁻¹)	(mm)	(%)	(mm.dia ⁻¹)	(mm)	(%)	(mm.dia ⁻¹)	(mm)	(%)
Jan	4,35	0,28	6,4	4,40	0,18	4,1	3,93	0,24	6,0
Fev	4,14	0,25	6,0	4,38	0,17	4,0	3,78	0,19	5,1
Mar	4,11	0,23	5,6	4,32	0,13	3,0	3,80	0,33	8,6
Abr	3,91	0,23	6,0	4,19	0,13	3,1	3,78	0,29	7,7
Mai	3,28	0,36	11,1	3,98	0,15	3,7	3,59	0,25	7,0
Jun	3,04	0,35	11,5	3,66	0,15	4,2	3,51	0,35	10,0
Jul	2,94	0,39	13,3	3,62	0,18	5,0	3,93	0,32	8,0
Ago	3,54	0,37	10,5	4,11	0,23	5,5	4,26	0,42	9,8
Set	4,19	0,32	7,7	4,71	0,21	4,6	4,54	0,35	7,7
Out	4,52	0,20	4,5	5,07	0,19	3,7	4,65	0,32	6,8
Nov	4,47	0,23	5,1	5,01	0,15	2,9	4,40	0,23	5,1
Dez	4,35	0,16	3,6	4,73	0,16	3,4	3,99	0,24	6,1

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

Os valores da ETP (média entre métodos e em particular os valores PM) deste trabalho estão na ordem de grandeza dos obtidos por Silva et al (2016a, 2016b), Souza (2009) e Ferraz (2008) também para Rio Branco, com diferenças associadas ao período considerado e inclusão de valores faltantes entre os trabalhos para a estimativa da ETP. A série utilizada (1997-2012) neste trabalho é completa na base de dados do Inmet, ou seja, sem falhas de observação. Os resultados deste trabalho também estão na ordem de grandeza dos obtidos por sensores instalados em torres micrometeorológicas em outros estados da Amazônia (ROCHA et al., 2009; COSTA et al., 2010).

A ETP de referência variou entre 1,74 (mínimo - T) e 5,55 mm dia⁻¹ (máximo - HS). A ETP média diária anual estimada por PM (4,01 mm dia⁻¹) foi intermediária às estimativas por T (3,90 mm dia⁻¹) e HS (4,35 mm dia⁻¹). Ferraz (2008), Souza (2009) e Silva et al. (2016a, 2016b) estimaram a ETP PM para os períodos de 1981-2006 e 1980-2013, também para RBR, e verificaram média diária anual de 3,39, 3,40 e 3,54 mm dia⁻¹.

Os métodos T e HS, em comparação a PM, apresentaram coeficientes de correlação de 0,52 e 0,54, respectivamente (Tabela 2). O coeficiente de exatidão ou de concordância (d) variou entre 0,54 (T) e 0,12 (HS). Como $c = r * d$, e sendo baixos os valores obtidos de “r” e “d”, os resultados obtidos para “c” indicam que, em comparação ao método PM, os métodos HS e T apresentaram desempenhos iguais a 0,06 e 0,28, respectivamente, sendo considerados “péssimos” (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficiente de correlação (r), índice de Willmott (d) e índice “c” utilizados para a comparação dos métodos Thornthwaite e Hargreaves e Samani em relação a FAO Penman-Monteith. Rio Branco, AC. 1997-2012.

Método	r	d	c
FAO Penman-Monteith	1,00	1,00	1,00
Thornthwaite	0,52	0,54	0,28
Hargreaves-Samani	0,54	0,12	0,06

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

CONCLUSÃO

Assumindo que o desmatamento seja uma das causas de mudanças espaço-temporais da ETP de referência, em adição às variações naturais no Estado do Acre, e que isso tenha implicação nos resultados obtidos neste trabalho em comparação ao método padrão (PM) e a resultados da literatura, o ajuste de equações para a estimativa de ETP com parâmetros locais é necessário para se obter ETP mais exata que possa apoiar políticas públicas e privadas relacionadas ao setor rural. Nesta direção é necessário ajustar a composição instrumental das estações para inclusão de sensores de medida direta de parâmetros das equações utilizadas para a estimativa da ETP de referência.

REFERÊNCIAS

- BOERS, N. et al. A deforestation-induced tipping point for the South American monsoon system. **Sci. Rep.** **7**, 41489; doi: 10.1038/srep41489 (2017).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima**: volume 2: estratégias setoriais e temáticas: portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016/Ministério do Meio Ambiente. --. Brasília: MMA, 2016. 2 v. 295 p.
- CASTRO, F. S. et al. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, 14:871-880, 2010.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Agrometeorol.**, Santa Maria. 5:89-97, 1997.
- CECÍLIO, R. A. et al. Método para a espacialização dos elementos do balanço hídrico climatológico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 47:478-488, 2012.
- COSTA, M.H. et al. Atmospheric versus vegetation controls of Amazonian tropical rain forest evapotranspiration: Are the wet and seasonally dry rain forests any different? **Journal of Geophysical Research**, 115:1-9, 2010.
- FAO. Chapter 2 - FAO Penman-Monteith equation. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e06.htm>>. Acesso em: 11 jan. 2017.
- FAZOLIN, M. et al. **Reconhecimento de artrópodes de importância econômica para o amendoim forrageiro**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2015. 64p.
- FERRAZ, P.A. **Estimativa de evapotranspiração de referência (ET_o) para região de Rio Branco - Acre**. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2008.
- HARGREAVES, G.H.; Z.A. SAMANI. Estimating potential evapotranspiration. **J. Irrig. and Drain Engr.**, 108:223-230. 1982.
- HARGREAVES, G.H. AND Z.A. SAMANI. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Transaction of ASAE**, 1(2):96-99. 1985.
- INMET. BDMEP – dados históricos de 1997 a 2012. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

INPE. Prodes – dados por município até 2012. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

MARENGO, J.A.; ESPINOZA, J.C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **Int. J. Climatol.**, doi: 10.1002/joc.4420 (2015).

MARENGO, J.A. et al. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, 38: L12703 (doi:10.1029/2011GL047436), 2011.

NOBRE, C.A. Mudanças climáticas: por trás da seca da Amazônia. **Le Monde Diplomatique Brasil**, 48 ed., São Paulo, jan. 2011. Disponível em <<http://www.diplomatique.org.br/artigo.php?id=847>>. Acesso em 24/10/2013

PERALTA, P.; MATHER, P. An analysis of deforestation pattern in the extractive reserves of Acre, Amazonia from satellite imagery: a landscape ecological approach. **Int. J. Remote Sensing**, 21:2555-2570, 2000.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.C. **Meteorologia Agrícola**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Exatas, Piracicaba, SP. 2007. 192p.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, 41:341-348, 2010.

ROCHA, H.R. et al. Evapotranspiration. In: KELLER, M. et al. **Amazonia and global change**. (Geophysical monograph ; 186). 2009. p.261-272.

SILVA, H.J.F. et al. Trend analysis of the reference evapotranspiration for the southwestern Amazon, Brazil. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, 5:270-282, 2016a.

SILVA, H.J.F. et al. Análise mensal, sazonal e interanual da Evapotranspiração potencial para o leste do estado do Acre, Brasil. **Ciência e natureza**, 38:326-340, 2016b.

SOUZA, M.L.A. **Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em Rio Branco, Acre**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Acre, Rio Branco – Acre, 2009.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Phys. Geogr.**, 2:184-194, 1981.

SAZONALIDADE DAS TENDÊNCIAS DOS ÍNDICES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA A REGIÃO DA UHS-BAHIA

Maria Monalisa M. S. Melo¹, Carlos Antonio Costa dos Santos², Ricardo Alves de Olinda³, Felliipe Pereira da Silva⁴

¹Meteorologista, Doutoranda em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande, PB, mona_melo@hotmail.com; ²Físico, Professor Adjunto IV, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande, PB, carlostorm@gmail.com; ³Estatístico, Professor Adjunto B, Departamento de Estatística, UEPB, Campina Grande, PB, ricardo.estat@yahoo.com.br;

⁴Meteorologista, Doutorando em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande, PB, felliipeh_maya@hotmail.com

RESUMO: Este estudo teve como objetivo principal analisar a sazonalidade das tendências dos índices de detecção de mudanças climáticas, dependentes de dados diários de temperatura do ar, para as estações de Bebedouro, em Petrolina-PE e Mandacaru, em Juazeiro-BA. Os dados, para o período de 1966-2014, foram oriundos do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA/EMBRAPA). Nesse estudo, os índices de detecção de mudanças climáticas foram calculados através do software RClindex, em seguida, os testes não-paramétricos de Mann-Kendall e Sen-Slope foram utilizados para se obter a significância estatística e a magnitude das tendências. Os resultados indicam uma tendência de aumento na temperatura máxima, quantidade de dias quentes e, na amplitude térmica diária, para a região de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura, extremos, Usina de Sobradinho

SEASONALITY OF THE TRENDS OF CLIMATE CHANGE INDICES FOR THE REGION OF UHS-BAHIA PLANTER

ABSTRACT: This study aimed to analyze the seasonality of trends of indices of climate extremes dependent of daily air temperature, for meteorological stations of Bebedouro, in Petrolina-PE and Mandacaru, in Juazeiro-BA. Data, for the period of 1966-2014, were derived from Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA/EMBRAPA). In this study, the trends of indices of climate were calculated by RClindex software, then, the Mann-Kendall and Sen-Slope non-parametric tests were used to verify the statistical significance and magnitude of trend. The results showed that the maximum temperature, summer days, and diurnal temperature range, for the study region, trends increased.

KEY-WORDS: Temperature, extremes, Sobradinho planter

INTRODUÇÃO

Eventos climáticos extremos podem ocorrer de muitas formas diferentes, como por exemplo, inundações ou secas prolongadas, sendo estes, na maioria das vezes, os eventos que estão associados a maioria dos impactos ambientais na região Nordeste do Brasil (NEB). O estudo da variabilidade e mudança do clima é um tema de interesse científico, principalmente, devido ao possível papel da atividade antrópica na observada mudança climática, e nas consequências que essas mudanças causam nos mais diversos setores da vida humana. Nesse contexto, esta pesquisa tenta prover novas informações

sobre a sazonalidade das tendências de extremos climáticos, dependentes da temperatura do ar, para a região da Usina Hidrelétrica de Sobradinho-UHS, através da análise de índices de detecção de mudanças climáticas. O foco deste trabalho é particularmente importante para a região da UHS, uma vez que mudanças microclimáticas acarretam significativos impactos nos setores natural, social e econômico.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados diários de temperatura do ar, para o período de 1966-2014, são oriundos do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA - EMBRAPA). Foram utilizados dados de duas estações meteorológicas: Bebedouro, em Petrolina - PE (09°09S; 40°22W) e Mandacaru, em Juazeiro - BA (09°24S; 40°26W), sendo a distância entre essas duas estações de 30 km. A distância entre as estações de Bebedouro e Mandacaru e a Usina de Sobradinho é de 65 km e 45 km, respectivamente.

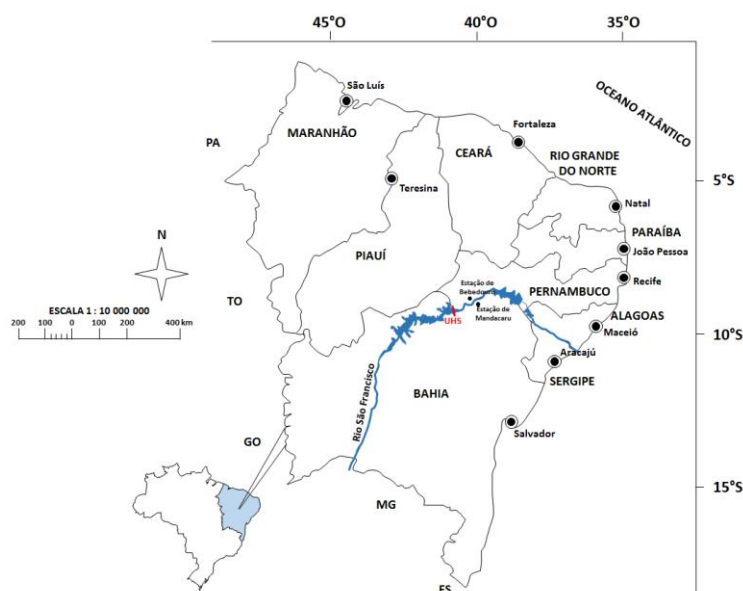


Figura 1: Localização da área de estudo.

Dos 27 índices de extremos climáticos, fornecidos pelo RCLimindex, neste estudo foram utilizados 9, dependentes da temperatura. São eles:

- 1) TXx (Valor máximo mensal da temperatura máxima diária, em °C);
- 2) TXn (Valor mínimo mensal da temperatura máxima diária, em °C);
- 3) TNx (Valor máximo mensal da temperatura mínima diária, em °C);
- 4) TNn (Valor mínimo mensal da temperatura mínima diária, em °C);
- 5) TX10p (Dias frios, porcentagem de dias quando TX <10 percentil);
- 6) TX90p (Dias quentes, porcentagem de dias quando TX >90 percentil);
- 7) TN10p (Noites frias, porcentagem de dias quando TN <10 percentil);
- 8) TN90p (Noites quentes, porcentagem de dias quando TN >90 percentil) e,
- 9) DTR (Amplitude térmica diurna, diferença mensal média entre TX e TN).

Os testes não paramétricos utilizados foram calculados através do software R (versão 3.3.1), e estão descritos brevemente a seguir:

a) Teste de Mann-Kendall

O teste de Mann-Kendall (SNEYERS, 1975) é o método mais apropriado para analisar tendência de mudanças climáticas (GOOSSENS; BERGER, 1986). Através do teste de Mann-Kendall pode-se verificar se existe ou não tendência temporal dos índices de extremos climáticos, para o período de estudo. A estatística S do teste de Mann-Kendall pode ser calculada de acordo com a Equação (1):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad (1)$$

onde X_k representa os valores da série, em geral tomados em intervalos de tempo anuais, k e j são os índices de tempo, e n é o número de elementos da série.

Teste de Sen-Slope

A partir do valor da série, pode-se calcular a magnitude da tendência, para tal, foi utilizado o teste não paramétrico de Sen-Slope (SEN, 1968). Este teste fornece uma estimativa da inclinação (T_i) de uma alteração na medição por mudança de tempo, conforme apresentado na Equação (2):

$$T_i = \frac{x_j - x_k}{j - k}, \text{ para } i = 1, 2, 3, \dots, N, \quad (2)$$

onde T_i = inclinação entre os pontos dos dados x_j e x_k ; x_j = medição dos dados em relação ao tempo j ; x_k = medição dos dados em relação ao tempo k ; j = tempo após o tempo k .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidas as tendências de 9 índices de extremos climáticos de temperatura para as estações de Bebedouro-PE e Mandacaru-BA. Os resultados sazonais das tendências, obtidos através dos testes não-paramétricos de Mann-Kendall e Sen-Slope, estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, para a estação de Bebedouro e para a estação de Mandacaru, respectivamente. Os valores em negrito e realçados em cinza apresentaram significância estatística ao nível de 1% ($p < 0,01$) e os valores apenas realçados em cinza apresentaram significância estatística ao nível de 5% ($p < 0,05$).

Observando a Tabela 1, nota-se que a maioria dos índices calculados, apresentaram significância estatística ao nível de 1% e de 5%. Para o verão, os resultados indicam um aumento nos índices relacionados às temperaturas máximas e mínimas, aos dias e noites quentes e, a amplitude térmica diária, bem como, uma diminuição nos dias e noites frias. Fazendo-se uma projeção, em 30 anos, a região da estação de Bebedouro-PE, durante o verão, teria uma diminuição, de aproximadamente, 10 dias frios e 12 noites frias, e, um aumento de, aproximadamente, 13 dias e noites quentes.

Para a estação do outono (Tabela 1) todos os índices apresentaram significância estatística, sendo 8 ao nível de 1% e 1 índice ao nível de 5%. No outono a máxima temperatura máxima diária está aumentando mais rapidamente que no verão, com um valor de $0,04^\circ\text{C}/\text{ano}$. Já os dias frios diminuem mais rapidamente também no outono, enquanto que no verão, em 30 anos, projeta-se uma diminuição de 10 dias, no outono, essa diminuição pode ser de cerca de 15 dias.

No inverno (Tabela 1) há um aumento em todos índices relacionados as temperaturas máximas e mínimas, a máxima temperatura mínima, por exemplo, em 30 anos, pode vir a aumentar 1,1°C. Dias e noites frios também apresentam diminuição para o inverno. Na primavera (Tabela 1), assim como nas demais estações do ano, verifica-se aumento na máxima temperatura máxima diária, na temperatura mínima e, conseqüentemente na amplitude térmica, bem como, uma diminuição nos dias e noites frias.

Tabela 1. Resultado das tendências sazonais para a estação de Bebedouro-PE, para os índices dependentes da temperatura do ar, no período de 1966-2014.

Índices	Verão	Outono	Inverno	Primavera
TXx (°C)	0,0443	0,0453	0,0364	0,0311
TXn (°C)	0,03	0,048	0,0384	0,0348
TNx (°C)	0,0339	0,028	0,0376	0,0167
TNn (°C)	0,0286	0,0243	0,0245	0,0259
TX10p (Dias)	-0,3408	-0,4953	-0,3379	-0,2921
TX90p (Dias)	0,462	0,2931	0,2958	0,2722
TN10p (Dias)	-0,4253	-0,262	-0,317	-0,2999
TN90p (Dias)	0,4421	0,391	0,3093	0,2201
DTR (°C)	0,0144	0,0208	0,007	0,0102

Os resultados para a estação de Mandacaru-BA são apresentados na Tabela 2. Para o verão e o outono, observam-se 5 índices com significância estatística ao nível de 1%, indicando, em ambos os casos, um aumento na temperatura máxima diária, na amplitude térmica diária, nos dias quentes e, uma diminuição nas noites frias. Para o inverno (Tabela 2), diferentemente de Bebedouro, em Mandacaru os resultados apontam uma diminuição nos dias quentes e na mínima temperatura mínima. Já para a primavera (Tabela 2) a temperatura máxima está aumentando, enquanto a mínima está diminuindo. Verifica-se, ainda, diminuição nos dias frios e nas noites quentes e, um aumento nos dias quentes e noites frias.

Tabela 2. Resultado das tendências sazonais para a estação de Mandacaru-BA, para os índices dependentes da temperatura do ar, no período de 1966-2014.

Índices	Verão	Outono	Inverno	Primavera
TXx (°C)	0,051	0,0448	0,0373	0,0444
TXn (°C)	0,0766	0,0627	0,0312	0,0335
TNx (°C)	-0,0073	0,0044	-0,0127	-0,0279
TNn (°C)	-0,0066	-0,009	-0,036	-0,0389
TX10p (Dias)	-0,389	-0,4656	-0,2788	-0,3919
TX90p (Dias)	0,5665	0,306	0,3696	0,4563
TN10p (Dias)	0,179	0,2405	0,33	0,4103
TN90p (Dias)	-0,0348	0	-0,2761	-0,2367
DTR (°C)	0,068	0,0642	0,05	0,0873

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, para as duas estações analisadas, nota-se, uma tendência de aumento na temperatura máxima, quantidade de dias quentes, na amplitude térmica diária e, uma tendência de diminuição para os dias frios, para a região da UHS.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão das bolsas de estudo e produtividade em pesquisa durante o desenvolvimento deste estudo.

A EMBRAPA/ CPATSA por ceder os dados de temperatura do ar utilizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysical**, v. 4, p. 385-400, 1986.

SEN, P. K. "Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau", **Journal of the American Statistical Association**, v. 63, p. 1379-1389, 1968.

SNEYERS, R. Sur l'analyse statistique des séries d'observations. Genève: **Organisation Météorologique Mondiale**, 192 p. (OMM Note Technique, 143), 1975.

MAIS CALOR PARA O SERTÃO? PERSPECTIVAS DE TENDÊNCIAS NO ÍNDICE DE CALOR DO SERTÃO PARAIBANO

Raphael Abrahão¹, Idmon Melo B. M. Peixoto², Louise Pereira da Silva³, Susane Eterna Leite Medeiros⁴

¹Doutor, Professor do Centro de Energias Alternativas e Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, raphael@cear.ufpb.br; ²Graduando do curso de Engenharia de Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, idmon.peixoto@cear.ufpb.br; ³Graduanda do curso de Engenharia de Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, louise.silva@cear.ufpb.br; ⁴Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Centro de Energias Alternativas e Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, susane.eterna@cear.ufpb.br

RESUMO O Sertão Paraibano é uma mesorregião do estado da Paraíba, de clima semiárido e sujeito a altas temperaturas e longos períodos de estiagem. Grande parte da população local acredita que a temperatura da mesorregião vem aumentando consideravelmente nos últimos anos. Essa percepção subjetiva pode ser mensurada de forma mais objetiva através do índice de calor. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo entender o comportamento e a evolução do índice de calor, além da temperatura e da umidade relativa do ar, na mesorregião do Sertão Paraibano a partir da análise de séries temporais desses indicadores. Para isso, foram obtidos dados meteorológicos de 40-45 anos de duas estações presentes na mesorregião. A análise de tendências foi aplicada através dos testes estatísticos de Mann-Kendall e declive de Sen. As duas estações apresentaram valores de índice de calor elevados para todos os períodos analisados. Além disso, observaram-se acréscimos significativos para o índice de calor, confirmando a percepção da população local. Os resultados obtidos podem contribuir para novos estudos de compreensão e adaptação às mudanças climáticas nessa mesorregião semiárida.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas, semiárido, Nordeste do Brasil, temperatura, umidade relativa do ar.

MORE HEAT FOR THE SERTÃO? TREND PERSPECTIVES FOR THE HEAT INDEX OF THE SERTÃO PARAIBANO

ABSTRACT The *Sertão Paraibano* is a mesoregion of the state of Paraíba, Brazil. It is characterized by semi-arid climate and subject to high temperatures and long periods of drought. Most of the local population believes that the temperature of the mesoregion has increased considerably in recent years. This subjective perception can be more objectively measured through the application of the heat index. Thus, the study presented herein aimed to understand the behavior and evolution of the heat index, as well as the temperature and the relative humidity, in the *Sertão Paraibano* mesoregion. To this end, time series for these indicators were analyzed using 40-45 years of meteorological data from two stations located in the mesoregion. Trend analysis was applied through the Mann-Kendall and Sen slope tests. Both meteorological stations presented high heat index values for all periods analyzed. Significant increases in the heat index were also detected, confirming the perception of the local population. The

results obtained may contribute to new studies for better comprehension of regional climate change as well as to the formulation of adaptation measures for this semi-arid area of Brazil.

KEY-WORDS: Climate change, semiarid, Northeast Brazil, temperature, relative humidity.

INTRODUÇÃO

A mesorregião do Sertão Paraibano tem como características marcantes o clima semiárido e suas elevadas temperaturas, com médias anuais superiores a 27°C (EMBRAPA, 1992). Alguns estudos já registraram tendências de aumento dessas temperaturas na área (ANGELOTTI, SÁ, MELO, 2009; MARENGO, 2010; MOTTA, 2011; PEIXOTO, ABRAHÃO, 2015; ABRAHÃO; SILVA; PEIXOTO, 2016). Além disso, é habitual a convicção da população local com relação ao aumento da sensação térmica nos últimos anos.

Uma maneira de avaliar objetivamente os aumentos na sensação térmica é através da aplicação do índice de calor. Esse índice é empregado para localidades de climas quentes, sendo uma convenção que utiliza os valores de temperatura média e umidade relativa do ar para calcular a sensação térmica local (NOAA, 2016). Tal índice é importante pois determina a verdadeira temperatura a qual o corpo humano está exposto, levando em consideração o nível de desconforto térmico suportado pelos seres humanos (STEADMAN, 1984). A sensação térmica está relacionada com o conforto e a saúde humana, impactando assim na sua produtividade, principalmente para aqueles que trabalham diretamente expostos ao sol. Entre os principais riscos à saúde devido a altos valores de índice de calor estão a fadiga física e mental e a insolação (DELWORTH, MAHLMAN, KNUTSON, 1999). O índice de calor já foi utilizado em outros estudos a fim de analisar impactos de ondas de calor ocorridas em regiões da Europa e Ásia (CRISTO, MAZZARELLA, VIOLA, 2007; ZAHID, RASUL, 2010).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo entender o comportamento e a evolução da temperatura, umidade relativa do ar e índice de calor para a mesorregião do Sertão Paraibano a partir da análise de séries temporais desses indicadores.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados mensais de temperatura média e umidade relativa do ar, obtidos nas estações meteorológicas convencionais de São Gonçalo-PB (código OMM: 82689; latitude: -6,75°; longitude: -38,22°) e Patos-PB (código OMM: 82791; latitude: -7,02°; longitude: -37,27°), referentes aos períodos de 1970 a 2015 e de 1975 a 2015, respectivamente. Tais estações estão inseridas na mesorregião do Sertão Paraibano e sob influência do clima semiárido. Os dados de cada estação meteorológica foram provenientes do acervo de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

A temperatura média mensal foi obtida a partir dos valores de temperatura compensada média disponibilizados pelo INMET, que são calculados a partir da equação 1 (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007):

$$T_{MC} = \frac{T_{max} + T_{min} + T_{12UC} + 2T_{24UC}}{5} \quad (1)$$

As variáveis envolvidas nesta equação são:

T_{MC} = Temperatura compensada média

$T_{máx}$ = Temperatura máxima registrada

$T_{mín}$ = Temperatura mínima registrada

T_{12UC} = Temperatura registrada às 12 UTC (Tempo Universal Coordenado)

T_{24UC} = Temperatura registrada às 24 UTC (Tempo Universal Coordenado)

Realizou-se um refinamento e organização dos dados brutos disponibilizados pelo INMET. Assim, os dados brutos foram organizados por parâmetros em planilhas e, posteriormente, submetidos a um processo de controle de qualidade para verificação e eliminação de erros provenientes de problemas técnicos dos equipamentos meteorológicos e/ou de transmissão dos dados.

Para a obtenção dos valores de índice de calor fez-se necessário o cálculo a partir dos dados de temperatura média e umidade relativa do ar. Para isso utilizou-se a equação 2 (NOAA, 2016).

$$\begin{aligned} \text{Heat Index} = & -42,379 + 2,04901523T + 10,14333127R \\ & - 0,22475541TR - (6,83783 \times 10^{-3}T^2) \\ & - (5,481717 \times 10^{-2}R^2) + (1,22874 \times 10^{-3}T^2R) \\ & + (8,5282 \times 10^{-4}TR^2) - (1,99 \times 10^{-6}T^2R^2) \end{aligned} \quad (2)$$

Sendo:

T = Temperatura média do ar (°F)

R = Umidade relativa do ar (%)

Com os dados de temperatura, umidade relativa do ar e índice de calor organizados em intervalos anuais, semestrais, trimestrais e mensais foi possível a aplicação dos testes estatísticos não paramétricos de Mann-Kendall e Sen. O teste de Mann-Kendall foi proposto inicialmente por Sneyers (1975) e permite detectar a tendência estatística em uma série temporal. Segundo Goossens e Berger (1986), o teste de Mann-Kendall é o mais apropriado para analisar mudanças climáticas em series temporais. Por outro lado, o teste de Sen aplica um modelo linear para estimar a magnitude de uma tendência através do cálculo do declive de Sen (SALMI et al., 2002). Optou-se por testes não paramétricos porque os dados mensais e sazonais não apresentaram uma distribuição normal. Para a aplicação dos testes estatísticos o programa Makenses, versão 1.0, foi utilizado e probabilidades de erro entre 0,1% e 10% foram consideradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de índice de calor aumentam com incrementos na temperatura e na umidade relativa do ar. Para a estação de Patos, todos os períodos analisados apresentaram valores de índice de calor elevados, apesar dos baixos valores de umidade relativa do ar, como pode ser visto na tabela 1. As temperaturas mais altas foram registradas no início e no fim do ano. O índice de calor apresentou valor máximo no semestre de dezembro a maio (31,38°C), tal valor está muito próximo da zona de "atenção extrema" (a partir de 32,0°C), segundo a classificação da Administração

Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos - *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2016). Nessas condições a exposição prolongada pode causar fadiga muscular, insolação e esgotamento físico. Valores dentro da zona de "atenção extrema" foram observados para o trimestre dezembro-janeiro-fevereiro (DJF), com o índice de calor alcançando 32,66°C.

Tabela 1. Valor anual, semestral, trimestral e mensal da temperatura média, umidade relativa do ar e índice de calor para a estação de Patos-PB entre os anos de 1975 e 2015.

Período	Temperatura média (°C)	Umidade relativa (%)	Índice de calor (°C)
Anual	27,54	57,91	28,68
Dez-Mai	28,24	71,55	31,38
Jun-Nov	27,43	55,22	28,31
DJF	28,65	57,55	32,66
MAM	27,25	67,09	29,38
JJA	26,31	57,41	27,54
SON	28,32	49,15	29,66
Janeiro	28,51	57,80	29,87
Fevereiro	28,46	62,63	30,56
Março	27,41	67,95	29,23
Abril	27,17	69,02	28,88
Mai	26,92	65,36	28,22
Junho	26,20	62,27	27,23
Julho	26,02	58,19	26,87
Agosto	26,48	53,36	27,13
Setembro	27,55	49,96	27,98
Outubro	28,42	48,91	28,85
Novembro	28,95	48,47	29,46
Dezembro	29,00	51,26	29,83

A análise de tendências, a partir da aplicação dos testes estatísticos de Mann-Kendall e Sen, detectou alterações expressivas para os parâmetros analisados na estação de Patos (Tabela 2). A temperatura média registrou aumentos significativos para a maioria dos períodos analisados dentro dos 40 anos estudados. Os acréscimos mais relevantes foram o anual ($p < 0,05$), com declividade de $0,038 \text{ }^\circ\text{C/ano}$, e os trimestres MAM e JJA, com ($p < 0,05$) e declividades de $0,074 \text{ }^\circ\text{C/ano}$ e $0,053 \text{ }^\circ\text{C/ano}$, respectivamente.

A umidade relativa do ar só apresentou tendência significativa para os meses de setembro e novembro, sendo, nos dois casos, tendência de incremento com $p < 0,05$ e declividades de $0,26 \text{ %/ano}$ e $0,19 \text{ %/ano}$, respectivamente. Por outro lado, o índice de calor apresentou tendências mais expressivas do que as de temperatura média. Praticamente todos os períodos apresentaram acréscimo significativo no índice de calor, exceto os meses de janeiro e fevereiro. As análises anual e trimestral apresentaram tendências significativas, sendo o trimestre DJF o de maior significância, com $p < 0,001$ e declividade de $0,419 \text{ }^\circ\text{C/ano}$.

Tabela 2. Tendências detectadas nos dados de temperatura média, umidade relativa do ar e índice de calor através do teste de Mann-Kendall, quantificadas pelo declive de Sen para a estação de Patos-PB entre os anos de 1975 e 2015.

Período	Temperatura média ($^\circ\text{C/ano}$)	Umidade relativa (/ano)	Índice de calor ($^\circ\text{C/ano}$)
Anual	0,038 *	0,17 ns	0,081 ***
Dez-Mai	0,038 ns	0,27 ns	-
Jun-Nov	0,049 *	0,32 ns	-
DJF	0,002 ns	0,22 ns	0,419 ***
MAM	0,074 *	-0,22 ns	0,163 ***
JJA	0,053 *	0,14 ns	0,110 ***
SON	0,028 ns	0,20 ns	0,213 ***
Janeiro	0,020 ns	0,25 ns	0,043 ns
Fevereiro	0,006 ns	0,04 ns	0,016 ns
Março	0,053 +	-0,19 ns	0,087 **
Abril	0,044 *	-0,05 ns	0,095 **
Mai	0,075 +	-0,29 ns	0,105 *

Junho	0,058 +	0,19 ns	0,081 **
Julho	0,042 +	0,24 ns	0,048 *
Agosto	0,031 *	0,12 ns	0,034*
Setembro	0,019 ns	0,26 *	0,038 ***
Outubro	0,017 ns	0,17 ns	0,045 **
Novembro	0,022 ns	0,19 *	0,054 ***
Dezembro	0,007 ns	0,16 ns	0,036 *

ns não significativo; +p < 0,10; *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001; - não conclusivo

Para a estação de São Gonçalo foram observados valores de umidade relativa do ar (Tabela 3) um pouco superiores aos de Patos, no entanto, o índice de calor foi menor. Isso se deve às temperaturas mais amenas registradas em São Gonçalo. Embora o índice de calor para São Gonçalo seja mais baixo, tais valores ainda são suficientemente elevados para afetar a qualidade de vida da população local, sendo o maior valor registrado no mês de dezembro (29,38°C). Dessa forma, apesar de também sofrer com índices de calor elevados, quase sempre na tipologia de "atenção" na classificação da NOAA (NOAA, 2016), a população da área de São Gonçalo está sujeita a menores impactos causados pela sensação de calor do que a população de Patos.

Tabela 3. Valor anual, semestral, trimestral e mensal da temperatura média, umidade relativa do ar e índice de calor para a estação de São Gonçalo-PB entre os anos de 1970 e 2015.

Período	Temperatura média (°C)	Umidade relativa (%)	Índice de calor (°C)
Anual	26,64	63,46	27,96
DezMai	26,48	71,76	28,12
JunNov	26,78	55,40	27,55
DJF	27,04	66,31	28,62
MAM	25,95	75,16	27,41
JJA	25,62	59,60	26,60
SON	27,89	52,23	28,56
Janeiro	27,12	65,96	28,84
Fevereiro	26,47	71,64	28,11
Março	26,12	76,37	27,72
Abril	26,01	76,39	27,54
Maio	25,68	72,42	26,90
Junho	25,30	66,12	26,43
Julho	25,45	59,15	26,50
Agosto	26,42	52,09	27,01
Setembro	27,50	50,06	27,93
Outubro	27,91	53,96	28,83
Novembro	28,05	55,85	29,20
Dezembro	28,06	58,29	29,38

Para a estação de São Gonçalo também foram detectadas tendências significativas, principalmente tendências de incrementos no índice de calor (Tabela 4). A temperatura média aumentou significativamente para os dois semestres do ano separadamente, mas não demonstrou um aumento significativo quando o ano inteiro foi considerado, o mesmo acontecendo para todos os meses do ano. A umidade relativa do ar apresentou tendência de crescimento significativo para grande parte do período analisado, sendo os maiores valores referentes aos meses de novembro ($p < 0,001$ e declividade de 0,63 %/ano) e dezembro ($p < 0,001$ e declividade de 0,90 %/ano). Os valores anuais de umidade relativa do ar também aumentaram durante o período estudado ($p < 0,01$ e declividade de 0,39 %/ano).

O índice de calor apresentou tendências significativas para a maioria dos períodos analisados para a estação de São Gonçalo, tendo destaque os meses de janeiro ($p < 0,01$ com declividade de 0,082 °C/ano), outubro ($p < 0,01$ com declividade de 0,047 °C/ano) e novembro ($p < 0,01$ com declividade de 0,049 °C/ano). Considerando o período anual, também houve incremento de 0,051°C/ano ($p < 0,01$).

Tabela 4. Tendências detectadas nos dados de temperatura média, umidade relativa do ar e índice de calor através do teste de Mann-Kendall, quantificadas pelo declive de Sen para a estação de São Gonçalo-PB entre os anos de 1970 e 2015.

Período	Temperatura média (°C/ano)	Umidade relativa (%/ano)	Índice de calor (°C/ano)
Anual	0,003 ns	0,39 **	0,051 *
DezMai	0,078 *	0,15 ns	-
JunNov	0,030 +	0,38 ns	-
DJF	0,035 ns	0,60 +	0,113 *
MAM	0,022 ns	0,19 ns	0,058 ns
JJA	0,022 ns	0,25 ns	0,035 ns
SON	0,011 ns	0,54 **	0,049 **
Janeiro	0,003 ns	0,34 *	0,082 **
Fevereiro	0,026 ns	0,25 ns	0,063 +
Março	0,019 ns	0,18 ns	0,049 +
Abril	0,019 ns	0,25 +	0,055 *
Mai	0,022 ns	0,22 +	0,05 ns

Junho	0,019 ns	0,54 +	0,042 ns
Julho	0,012 ns	0,19 ns	0,044 ns
Agosto	0,020 ns	0,25 *	0,034 +
Setembro	-0,001 ns	0,41 **	0,035 *
Outubro	-0,002 ns	0,52 *	0,047 **
Novembro	-0,013 ns	0,63 ***	0,049 **
Dezembro	-0,021 ns	0,90 ***	0,081 *

ns não significativo; +p < 0,10; *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001; - não conclusivo

Considerando a classificação da NOAA (NOAA, 2016), é possível verificar a situação média do índice de calor na mesorregião durante os últimos dez anos do estudo (2006-2015). As figuras 1 e 2 representam a intensidade do índice de calor mensal para as regiões de Patos e São Gonçalo, respectivamente, durante o período 2006-2015, já que esse período apresentou valores mais elevados do que anos anteriores através da análise de tendência aplicada. É possível observar que as duas estações registraram valores de índice de calor potencialmente prejudiciais à saúde (classificação de "atenção"), porém estes valores foram maiores para a estação de Patos, principalmente para os primeiros meses do ano.

Também é possível observar a existência de valores de índice de calor não prejudiciais à saúde (figuras 1 e 2). Estes valores são registrados com maior frequência para a região de São Gonçalo, principalmente nos meses de inverno. Contudo, em alguns anos esses valores são superados mesmo durante o inverno. É importante salientar que os valores utilizados para este estudo foram de dados médios mensais.

Portanto, sugere-se que os próximos estudos apliquem a metodologia aqui descrita para entender as tendências em valores diários e, principalmente, valores instantâneos, para compreender de maneira mais completa o aumento do índice de calor na mesorregião do Sertão Paraibano.

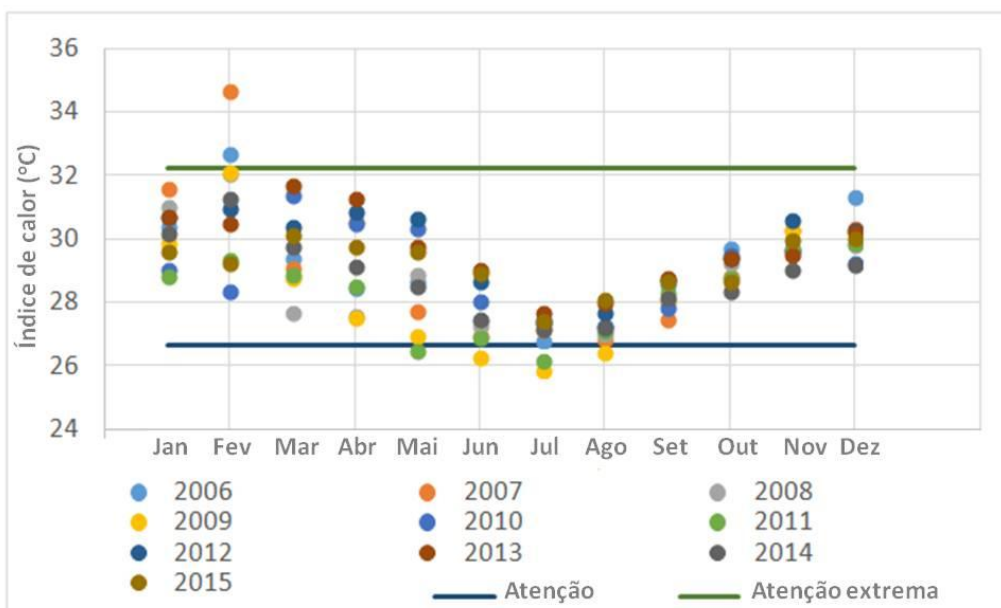


Figura 1. Valores mensais do índice de calor durante o período 2006-2015 na estação meteorológica de Patos-PB.

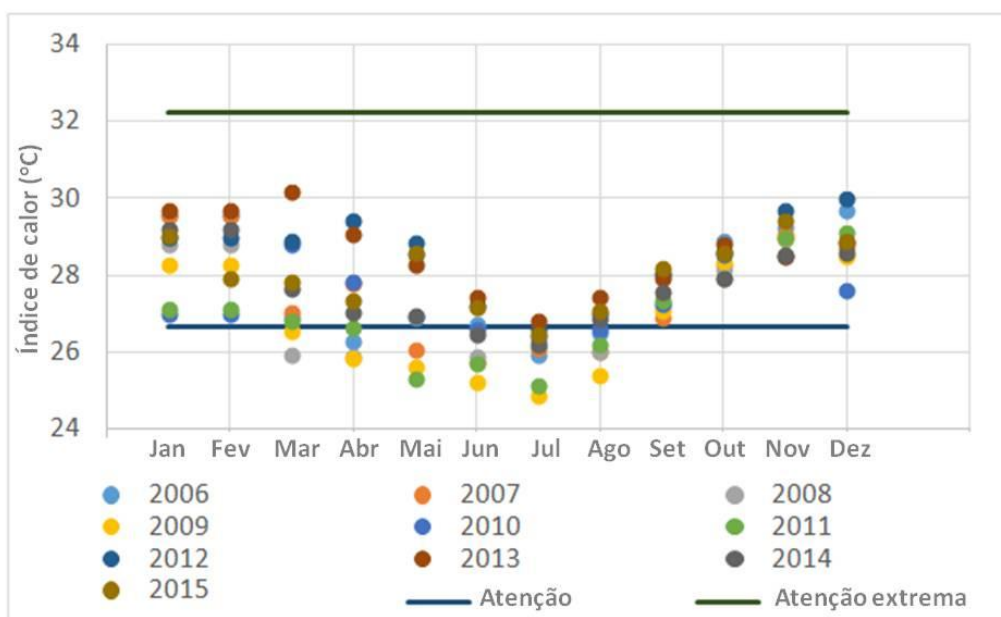


Figura 2. Valores mensais do índice de calor durante o período 2006-2015 na estação meteorológica de São Gonçalo-PB.

CONCLUSÕES

As duas estações estudadas, representativas da mesorregião do Sertão Paraibano, apresentaram valores de índice de calor elevados para todos os períodos analisados. Em algumas épocas do ano, esses valores podem representar riscos à saúde humana. Além disso, observaram-se acréscimos significativos para o índice de calor durante o período relativamente curto considerado no estudo (entre 40 e 45 anos), confirmando a percepção subjetiva da população local. Esses acréscimos foram mais expressivos para a estação de Patos.

Caso as tendências observadas se mantenham ou sofram acréscimos, os riscos para a saúde humana serão agravados, causando impactos na saúde da população local e em suas atividades. Os valores de índice de calor atuais para o Sertão Paraibano já são elevados e afetam principalmente os trabalhadores diurnos que trabalham expostos ao sol.

Embora tenha sido possível detectar tendências significativas para a mesorregião a partir de dados reais históricos obtidos nos últimos 40-45 anos, faz-se necessário um contínuo monitoramento para compreender, de maneira mais aprofundada, o comportamento futuro dessas variáveis climáticas, entendendo também as tendências em valores diários e instantâneos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), projetos 305419/2015-3 e 401687/2016-3, e do programa de bolsas de pós-graduação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, R.; SILVA, L. P.; PEIXOTO, I. M. B. M. Interpretación de tendencias climáticas hacia un mejor aprovechamiento energético renovable en el semiárido de Brasil. In: X CONGRESO INTERNACIONAL DE REFRIGERACIÓN, CLIMATIZACIÓN Y ENERGÍA RENOVABLE, 2016. **Anais do X Congresso Internacional de Refrigeración, Climatización y Energía Renovable**. Habana, Cuba, 2016.

ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MELO, R. F. **Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido Brasileiro**. Embrapa Semiárido. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009.

CRISTO, R. Di; MAZZARELLA, A.; VIOLA, R. An analysis of heat index over Naples (Southern Italy) in the context of European heat wave of 2003. **Natural Hazards**, v. 40, n. 2, p. 373-379, 2007.

DELWORTH, T. L.; MAHLMAN, J. D.; KNUTSON, T. R. Changes in heat index associated with CO₂-induced global warming. **Climatic Change**, v. 43, n. 2, p. 369-386, 1999.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Clima. Brasília, 1992. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 09 mai. 2017.

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. In: **Annales geophysicae. Series B. Terrestrial and planetary physics**. Berlin, v. 4, n, B4, p. 385-400, 1986.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MOTTA, R. S. D.; HARGRAVE, J.; LUEDEMANN, G.; GUTIERREZ, S.; PEREIRA, M. B. G. **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: Ipea, 2011.

NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration. Heat index. 2016. Disponível em: <<http://www.srh.noaa.gov/ama/?n=heatindex>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

PEIXOTO, I. M. B. M.; ABRAHÃO, R. Mudanças climáticas e seus impactos no Nordeste brasileiro, Relatório Final PIBIC/CNPq, 2015.

SALMI, T. A. M.; ANTTILA, P.; RUOHO-AIROLA, T.; AMNELL, T. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Den's slope estimates-the Excel template application makesens. **Air Qual. Res**, p. 7-35, 2002.

SNEYERS, R. **Sur l'analyse statistique des séries d'observations**. Secrétariat de l'Organisation Météorologique Mondiale, 1975.

STEADMAN, R. G. A universal scale of apparent temperature. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 23, n. 12, p. 1674-1687, 1984.

ZAHID, M.; RASUL, G. Rise in summer heat index over Pakistan. **Pakistan Journal of Meteorology**, v. 6, n. 12, p. 85-96, 2010.

DISTRIBUIÇÃO DE *Handroanthus impetiginosus* NO BRASIL E AS PROJEÇÕES FUTURAS CONFORME AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

Maria de Fátima da Silva Matos¹, Andressa Scarante², Márcia Toffani Simão Soares³, Itamar Antonio Bognola^{4,5}, Marcos Silveira Wrege^{4,6}

¹Graduação em Agronomia PUC-PR, Curitiba, PR, Bolsista Embrapa Florestas, fatimamatosg9@gmail.com; ²Graduação em Engenharia Florestal PUC-PR, Bolsista Embrapa Florestas, Curitiba, Paraná, andressa.scarante@hotmail.com; ³Pesquisadora Embrapa Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul, marcia.toffani@embrapa.br; ⁴Pesquisadores Embrapa Florestas, Colombo, PR, ⁵itamar.bognola@embrapa.br, ⁶marcos.wrege@embrapa.br

RESUMO - O objetivo do trabalho foi mapear a ocorrência de *Handroanthus impetiginosus* em território brasileiro e projetar possíveis mudanças em sua distribuição espacial de acordo com os cenários climáticos futuros, elaborados com o uso de modelagem de distribuição potencial (MDP). Para esse fim, mapeamos o clima do período base e dos cenários futuros (1961-1990; 2011-2041; 2041-2070 e 2071-2100, respectivamente) e os relacionamos com 373 pontos de ocorrência da espécie. As projeções climáticas foram realizadas de acordo com cenários apresentados no 4º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - AR4/IPCC. Os modelos simulados indicam alterações na distribuição da espécie no futuro, com significativa redução da área potencial nos seus limites latitudinais norte, o que corresponde aos Biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, e deslocamento das populações para a região sul do país em locais antes não previstos pelos modelos de distribuição atual. Os resultados apresentados evidenciam a necessidade do estabelecimento de estratégias de curto e médio prazo voltadas à conservação desta espécie.

PALAVRAS-CHAVE: ipê; predição de ocorrência de espécies; conservação genética; modelagem de nicho ecológico.

MODELING SUITABLE CLIMATE FOR *Handroanthus impetiginosus* UNDER FUTURE CLIMATE SCENARIOS IN BRAZIL

ABSTRACT - This work aims to map the occurrence of *Handroanthus impetiginosus* in Brazilian regions as well as to predict possible changes in their spatial distribution according to the predicted future climate with the use of potential distribution model. We elaborated climate maps of actual and future periods (2011-2041, 2041-2070 and 2071-2100), and related them with 373 points from occurrence of the species. Climatic projections were carried out according to scenarios presented in the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. The simulated models indicate alterations in the distribution of the species in the future climatic scenarios, with a significant reduction of the potential occurrence area in its northern latitudinal limits, corresponding to the Amazon, Cerrado and Caatinga Biomes, as well displacement of the populations to the southern region of the country. The results show the need for the establishment of short and medium-term strategies aimed at the conservation of this species.

KEYWORDS: ipê; species occurrence prediction; genetic conservation; ecological niche modeling.

INTRODUÇÃO

Conhecida popularmente por ipê-rosa, ipê una, piúva-da-mata, entre outros, o *Handroanthus impetiginosus* é uma arbórea pertencente à família Bignoniaceae considerada secundária tardia a clímax, (CARVALHO, 2003; MARTINS et al., 2009), tendo sua distribuição geográfica entre as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Além de diversas propriedades farmacológicas (LEMOS, 2012; LIMA et al., 2014), a espécie possui madeira durável, pesada, chegando à densidade de $1,3 \text{ g cm}^{-3}$, e de alta qualidade (SHANLEY; MEDINA, 2005), muito utilizada na construção civil, na fabricação de móveis e mourões. Devido à sua grande empregabilidade madeireira, os poucos exemplares existentes vivem de forma isolada e a exploração é intensa nas regiões de ocorrência natural, justificando sua inclusão em diversos trabalhos de conservação (SILVA, 2015). Neste sentido ferramentas que visam compreender os processos que impactam a ocorrência e a distribuição da biodiversidade são de suma importância na elucidação de questões ecológicas e para a proposição de medidas de conservação.

Entre as metodologias utilizadas para o mapeamento de áreas potenciais de ocorrência de espécies, como, por exemplo, o zoneamento bioclimático, encontra-se o mapeamento da distribuição do nicho ecológico da espécie com o uso de Modelos de Distribuição de Espécies (MDE) (GARCIA et al., 2014). Esses modelos partem do princípio de que as variáveis ambientais da área de estudo representam uma aproximação ambiental do nicho de determinada espécie. Perante as evidências de alterações climáticas, os modelos de distribuição estão sendo também empregados para avaliar seus efeitos na distribuição potencial de espécies nos cenários climáticos futuros.

Neste sentido, diversos estudos apontam que as alterações climáticas futuras podem afetar profundamente os ecossistemas negativamente, tanto na distribuição como na abundância de espécies, contribuindo até mesmo para o desaparecimento de algumas espécies e populações nativas (ROOT et al., 2005; PARMESAN, 2006). Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi mapear a ocorrência de *Handroanthus impetiginosus* no Brasil, e projetar possíveis mudanças em sua distribuição, frente aos cenários climáticos futuros.

MATERIAL E MÉTODOS

Elaboração de base de dados

Os pontos de ocorrência de *H. impetiginosus* registrados no Brasil foram obtidos a partir de dados secundários contidos no banco de dados de coleções biológicas do Centro de Referência em Informação Ambiental - CRIA (CRIA, 1999). As coordenadas geográficas de cada ponto de ocorrência (latitude, longitude) foram reunidas em base de dados em plataforma Excel®, onde foram identificados e eliminados dados discrepantes, não representativos das regiões de ocorrência natural da espécie.

As variáveis climáticas do Brasil foram obtidas na base de dados elaborada por Hamada et al. (2008), a qual reúne dados de séries históricas compreendidos no período base 1961-1990, contendo uma rede de estações agrometeorológicas distribuídas em todo território nacional. Foram selecionadas as seguintes variáveis climáticas no presente para uso neste trabalho: médias estacionais (primavera, verão, outono, inverno) das temperaturas mínimas e máximas do ar, das temperaturas médias e o total pluviométrico.

acumulado em um ano. Estas variáveis foram também projetadas para diferentes cenários de mudanças climáticas no futuro.

Os mapas (modelos) de clima do período base (considerado como clima atual - 1961-1990) e futuro foram elaborados a partir de plano de informações contendo as coordenadas geográficas da espécie, associadas aos dados das variáveis climáticas no presente e também daquelas projetadas para os diferentes cenários climáticos. Os dados foram organizados em camadas de informações com o suporte de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), utilizando o Modelo Numérico do Terreno - MNT (USGS, 1999) corrigido para o Brasil por Weber et al. (2004), e modelos de latitude e de longitude, em escala 1:250.000. Esse modelo foi usado para gerar os mapas de temperatura da região de ocorrência de *H. impetiginosus*, com o uso da seguinte equação de regressão:

$$\text{Temperatura} = a + b \times \text{altitude} + c \times \text{latitude} + d \times \text{longitude}$$

Em que:

a: constante;

b: coeficiente da altitude (MNT);

c: coeficiente da latitude;

d: coeficiente da longitude.

Esta equação foi utilizada com uso do programa ArcGIS 10, na função calculadora de mapas (raster calculator), gerando todos os mapas de temperatura da região. Já o mapa de precipitação pluvial foi elaborado utilizando krigagem ordinária.

Cenários climáticos futuros

Os modelos climáticos selecionados foram compilados e agrupados por Hamada et al. (2008), de acordo com o 4º relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR4/IPCC) (IPCC, 2007). Os cenários selecionados foram o A2 e B1, sendo A2 o cenário pessimista, com manutenção dos padrões de emissões de gases de efeito estufa (GEE) observados nas últimas décadas, o que implicaria em concentrações atmosféricas de CO₂ de cerca de 850 partes por milhão, em volume (ppmv) no ano de 2111; já B1 é o cenário de menores emissões ou cenário “otimista”, tendendo à estabilização das emissões de GEE, e concentração, no final deste século, de cerca de 550 ppmv (NAKICENOVIC et al., 2000). A distribuição no cenário futuro engloba os anos de 2011 a 2100, divididos em três períodos: 2011-2040; 2041-2070 e 2071-2100.

Modelagem de distribuição potencial da espécie (MDP)

Neste trabalho, foram feitas previsões de ocorrência com cinco modelos (Bioclim, Climate Space Model, Envelope Score, Environmental Distance e Niche Mosaic). O modelo final utilizado foi aquele baseado na média das cinco repetições realizadas pelo programa. A avaliação do modelo foi realizada pelos parâmetros Area Under the Curve (AUC), taxa de omissão do conjunto teste e o valor de p (binomial probability) (PEARSON, 2007).

O programa usado foi o Open Modeller, programa de modelagem de nicho ecológico disponível em: <http://openmodeller.sf.net/>. O programa trabalha com dados de distribuição geográfica de espécies (latitude e longitude) e com mapas ou camadas ambientais (clima, solos, relevo etc.), compondo um sistema matemático de previsão de distribuição geográfica de espécies (MUÑOZ et al., 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos 373 pontos de ocorrência de *H. impetiginosus* registrados no Brasil com base nas informações do CRIA (1999), conforme apresentado na Figura 1. O conjunto de informações de ocorrência, associados aos parâmetros climáticos utilizados, permitiu a simulação das áreas potenciais para *H. impetiginosus* no período atual, significativa para todos os modelos utilizados ($p < 0,001$, Figura 2). Dos modelos gerados, os valores de AUC obtidos foram: 0.69, 0.75, 0.65, 0.99 e 0.63 respectivamente para Bioclim, Climate Space Model, Envelope Score, Environmental Distance e Niche Mosaic. Embora o modelo Environmental Distance seja o de maior representatividade em relação aos demais, devido ao AUC, nota-se que a distribuição da espécie apresentada pelo Envelope Score encontra-se mais condizente com os dados de distribuição conhecidos da espécie (CARVALHO, 2003; COLLEVATTI et al., 2012).

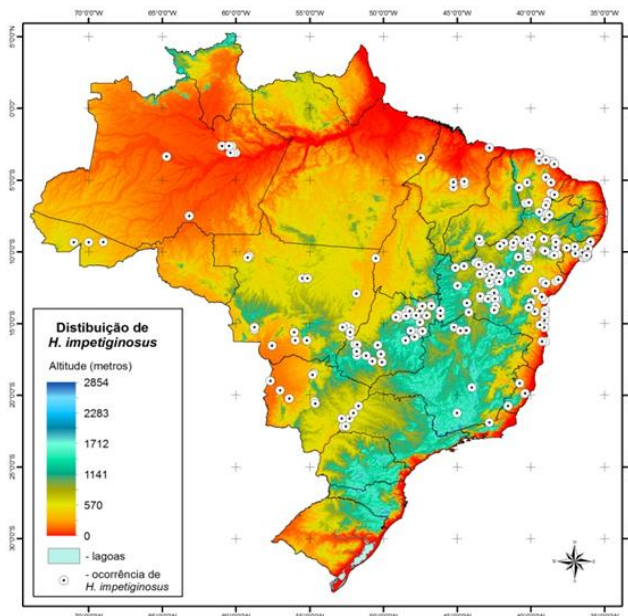


Figura 3. Mapa hipsométrico (em metros) com ocorrência de *H. impetiginosus* no Brasil a partir de dados do CRIA (1999) e do modelo numérico do terreno (MNT) de Weber e Hasenack (2004), adaptado de USGS (1999).



Figura 2. Nicho fundamental de ocorrência de *H. impetiginosus* em território brasileiro, obtido pelo modelo Envelope Score.

Os modelos simulados mostraram não somente variação na extensão das áreas consideradas ambientalmente propícias nos períodos distintos (2011-2040; 2041-2070 e 2071-2100), como também mudanças nas áreas em si, expondo locais antes não previstos pelos modelos de distribuição potencial atual. As projeções apontam migração das áreas aptas ao desenvolvimento da população sob o aspecto climático para região sul do território nacional nos períodos testados subsequentes nos dois cenários avaliados (Figura 3), com significativa redução de zonas aptas nos limites latitudinais norte, correspondente aos Biomas Cerrado, Caatinga e Amazônia.

Modificações na distribuição de espécies arbóreas nativas projetadas em cenários climáticos futuros são reportadas em literatura por diversos autores (SIQUEIRA; PETERSON, 2003; WREGE et al., 2009; DIAZ et al., 2011; SIMON et al., 2013; GUITÉRREZ; TREJO, 2014; DIAZ et al., 2016), com possibilidades de diminuição ou até extinção em sítios de ocorrência de algumas espécies (GUITÉRREZ; TREJO, 2014). As alterações na distribuição e deslocamento das espécies para um espaço climático mais favorável é um dos efeitos esperados das mudanças climáticas (ALEIXO et al., 2009; LEMES; LOYOLA, 2014). Os impactos gerados pelas mudanças climáticas perturbarão substancialmente a biodiversidade da região Neotropical (CEBALLOS et al. 2009), encontrando-se os biomas Caatinga e Amazônia entre os mais frágeis do mundo (SEDDON et al., 2016). Vale et al. (2009), em revisão de trabalhos desenvolvidos em diferentes ecossistemas, ressaltaram a ameaça residente na sinergia entre as mudanças climáticas aceleradas e a modificação da paisagem derivada da mudança do uso do solo e da urbanização, podendo promover respostas complexas sob o aspecto de organização biológica, e em múltiplas escalas espaço-temporais. A vulnerabilidade de populações desta espécie na região amazônica, sob manejo florestal para fins madeireiros, é apontada por Schulze et al. (2008), devido à lenta capacidade de recuperação em tais condições.

Parâmetros populacionais e genéticos também sugerem que a fragmentação da vegetação tem afetado as populações de *H. impetiginosus* na região Centro-Oeste (COLLEVATTI et al., 2014). Há registros em literatura da importância da distribuição sazonal de chuvas para a dinâmica de crescimento da espécie na planície pantaneira (MATTOS et al., 2005) como fator controlador de eventos fenológicos da espécie na Caatinga (SOUZA et al., 2014). Neste último Bioma, crises hídricas prolongadas, desmatamento acentuado e uso dos recursos naturais ao longo de anos de ocupação fazem com que este bioma revele elevada degradação e que, futuramente, a resposta seja consistente com a desertificação (SEDDON et al., 2016).

É importante salientar que os modelos apresentados não consideraram outros aspectos relevantes ao desenvolvimento da espécie, como parâmetros químicos (VILELA, 2016) e hídricos do solo (CARVALHO, 2003), que podem modificar completamente o desenvolvimento da espécie e devem ser consideradas sempre que a informação estiver disponível (GARCIA et al., 2014).

Os resultados apresentados indicam que as condições de severa escassez de água projetadas para o futuro poderão contribuir para a migração de *H. impetiginosus* para áreas mais ao sul do país, correspondentes aos biomas Mata Atlântica e Pampa. Conforme apontado por Guitérrez e Trejo (2014), estes resultados constituem, outrossim, em uma aproximação do nível de sensibilidade e, ou tolerância desta espécie ante a fatores associados às mudanças climáticas. Estratégias voltadas à conservação da espécie, como a manutenção da variabilidade genética de populações naturais, o estabelecimento de plantios, o incentivo à criação de bancos de germoplasma e de programas de monitoramento de longo prazo voltados à compreensão das respostas fisiológicas da espécie às mudanças do clima (WREGGE et al., 2009).

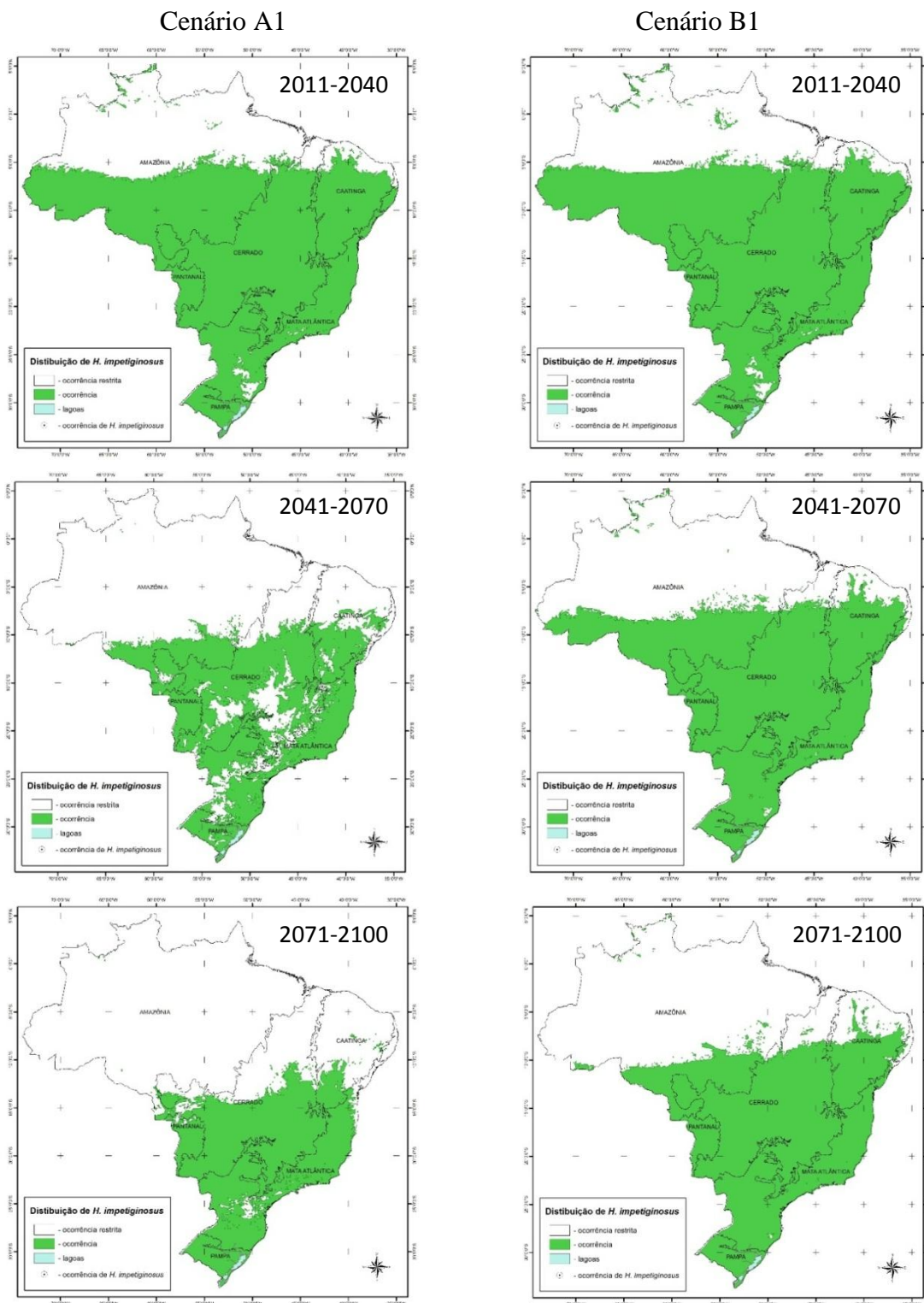


Figura 3. Projeção das áreas de ocorrência de *H. impetiginosus* da espécie em território brasileiro, de acordo com as mudanças climáticas globais futuras considerando os cenários A1 e B1 em três períodos distintos: 2011-2040; 2041-2070 e 2071-2100.

CONCLUSÕES

Conforme cenários climáticos futuros A2 e B1, apresentados no 4o Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC, verifica-se que:

- Há potencial modificação da área de abrangência das populações naturais *H. impetiginosus* em território brasileiro frente a projeções climáticas projetadas para os períodos compreendidos entre 2011 e 2100;
- A distribuição de *H. impetiginosus* nos seus limites latitudinais norte, correspondente aos Biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, poderá ser significativamente diminuída;
- As região sul do país, em locais antes não previstos pelos modelos de distribuição atual, apresentarão condições climáticas mais favoráveis ao desenvolvimento da espécie.

Os resultados apresentados evidenciam a necessidade do estabelecimento, em curto prazo, de estratégias voltadas à conservação da espécie, como a ampliação de estudos voltados a compreensão do desenvolvimento da espécie nas regiões mais vulneráveis à mudanças climáticas, e ações voltadas à conservação da diversidade genética da espécie e a manutenção dos genes adaptados a condições específicas locais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Florestas, pela possibilidade de estágio e pela concessão da bolsa de estudos (Macroprograma 2, Projeto Araucamate: 02.13.07.005.00.00).

REFERÊNCIAS

- ALEIXO, A. L. P. et al. Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: passado, presente e futuro. **Natureza & Conservação**, São Carlos, v. 8, n. 2, p. 94-196, 2010. DOI: 10.4322/natcon.0080201.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.
- CEBALLOS, G. et al. Conservation Challenges for the Austral and Neotropical America Section. **Conservation Biology**, Malden, v. 23, n. 4, p. 811-817. DOI:10.1111/j.1523-1739.2009.01286.
- COLLEVATTI, R. G. et al. A coupled phylogeographical and species distribution modelling approach recovers the demographical history of a Neotropical seasonally dry forest tree species. **Molecular Ecology**, Malden, v. 21, n. 23, p. 5845-5863, 2012. DOI: 10.1111/mec.12071
- COLLEVATTI, R. G. et al. High genetic diversity and contrasting fine-scale spatial genetic structure in four seasonally dry tropical forest tree species. **Plant systematics**

and evolution, Viena, v. 300, n. 7, p. 1671-1681, 2014. DOI: 10.1007/s00606-014-0993-0.

CRIA - Centro de Referência em Informação Ambiental. **Sistema de informação**. Campinas, 1999. Disponível em: <<http://www.cria.org.br/projetos>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

DIAZ, J. D. G. et al. Assessing current and potential patterns of 16 forest species driven by climate change scenarios in México. *Atmósfera*, México, v. 24, n. 1, p. 31-52, 2011.

DÍAZ, J. D. G.; RIVAS, A. I.; M.,RUEDA, J. Á. T. Distribución del cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el estado de Hidalgo, bajo condiciones actuales y escenarios de cambio climático. *Madera y Bosques*, Xalapa, v. 13, n. 2, p. 29-49, 2007.

GARCIA, L.G. et al. Modelagem da aptidão climática do *Eucalyptus grandis* frente aos cenários de mudanças climáticas no Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 503-511, 2014.

GUITÉRREZ, E.; TREJO, I. Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México. *Revista mexicana de biodiversidade*, Cidade do México, v. 85, n. 1, p. 179-188, 2014.

HAMADA, E.; GONÇALVES, R.R.V.; MARENGO, J.A.; GHINI, R. Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Org.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 1, p. 25-73.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate change 2007: the physical science basis, summary for policy makers*. IPCC: Geneva, 2007. 18 p.

LEMES, P.; LOYOLA, R. D. Mudanças climáticas e prioridades para a conservação da biodiversidade-Climate change and priorities for biodiversity conservation. **Revista de Biologia Neotropical**, Goiás, v. 11, n.1, p. 47-57, 2014. DOI: org/10.5216/rbn.v11i1.30699

LEMOS, O. A. et al. Efeitos genotóxicos de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex DC.) Standl. (Lamiales, Bignoniaceae) em ratos Wistar. **Genetics and Molecular Biology**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 498-502, 2012. DOI: 10.1590 / S1415-47572012005000030.

LIMA, P. R. et al. Avaliação morfofisiológica em mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos durante a rustificação. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 3, p. 316-326, 2014. DOI.ORG/10.1590/2179-8087.058813.

MARTINS, L. et al. Conservação de sementes de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl.) em nitrogênio líquido. **Revista brasileira de sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 71-76, 2009. DOI.ORG/10.1590/S0101-31222009000200008.

MATTOS, P. P.; SEITZ, R. A.; SALIS, S. M. Idade e ritmo de crescimento do tronco de árvores de espécies da floresta natural do Pantanal Mato – grossense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 50, p. 69-80, 2005. Disponível em: <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/issue/view/5>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

MUÑOZ, M. E. S. et al. OpenModeller: a generic approach to species' potential distribution modelling. **GeoInformatica**, v. 15, n. 1, p. 111-135, 2011. DOI: 10.1007/s10707-009-0090-7.

NAKICENOVIC, N. et al. **Emissions Scenarios**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. Disponível em: <<http://pure.iiasa.ac.at/6101/2/sres-en.pdf>>. Acesso em: 27 de Abr. de 2017.

PARMESAN, C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology*, v. 37, p. 637-669, 2006. DOI.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100.

PEARSON, R. G. Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. Synthesis. **American Museum of Natural History**, New York, v. 3, p. 54-89, 2007. Disponível em: <http://www.amnh.org/content/download/141368/2285424/file/LinC3_SpeciesDistModeling.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2017.

ROOT, T.L. et al. Human-modified temperatures induce species changes: Joint attribution. *PNAS*. Washington, v. 102, n. 21, p. 7465–7469, 2005. DOI: 10.1073/pnas.0502286102.

SCHULZE, M.D. et al. Evaluating ipê (*Tabebuia*, Bignoniaceae) logging in Amazonia: sustainable management or catalyst for forest degradation. **Biological Conservation**, Porto, v. 141, n. 8, p. 2071–2085, 2008. DOI.ORG/10.1016/J.BIOCON.2008.06.003.

SEDDON, A. W. et al. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. **Nature**, London, v. 531, n. 7593, p. 229–232, 2016. DOI:10.1038/nature16986.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. (eds.). **Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica**. Belém: CIFOR, Imazon, 2005. 300 p.

SILVA, A. A. **Teor de nutrientes e crescimento de mudas de ipês em Latossolo Amarelo distrófico com adição e omissão de calcário e nutriente**. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Rondônia, Rondônia, 2015. Disponível em: <www.pgdra.unir.br/downloads/4373_adalberto_alves_dissertacao_2013_2015.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2017.

SIMON, L. M. et al. Effects of global climate changes on geographical distribution patterns of economically important plant species in cerrado. *Revista Árvore*, v. 37, n. 2, p. 267-274, 2013.

SIQUEIRA, M. F.; PETERSON, A.T. Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 3, n. 2, p. 1-14, 2003.

SOUZA, D. N. N. et al. (2014). Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p.31-42, 2014. DOI: ORG/10.5007/2175-7925.2014V27N2P31.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Publications of the U.S. Geological Survey**. Denver: Geological survey, 1999. 284 p. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/unnumbered/70043747/report.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

VALE, M.M.; ALVES, M.A.S.; LORINI, M.L. Mudanças climáticas: desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade brasileira. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 518-535, 2009. DOI:10.4257/oeco.2009.1303.07.

VILELA, A. L. O. **Características fotossintéticas e de crescimento de plantas de *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus impetiginosus* (MART. EX DC) Mattos submetidas ao alumínio**. 2016. 65 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/12011/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Caracter%C3%ADsticas%20fotossint%C3%A9ticas%20e%20de%20crescimento%20de%20plantas%20de....pdf>. Acesso em: 12 maio 2017.

WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C. J. S. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia, 2004.

WREGGE, M.S. et al. El cambio climático y la conservación de *Araucaria angustifolia* en Brasil. **Unasyva**, Roma, v.60, n. 231/232, p. 30-33, 2009.

CENÁRIOS DE IMPACTOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA A CULTURA DA LARANJA EM SÃO PAULO

Jurandir Zullo Junior¹, Vânia Rosa Pereira², Hilton Silveira Pinto³,

¹Pesquisador, Cepagri/Unicamp, Campinas, São Paulo, jurandir@cpa.unicamp.br, Pesquisador CNPq;

²Pós-doutoranda, Cepagri/Unicamp, Campinas, São Paulo, rosa.vania@gmail.com, Bolsista Pós-doc

Fapesp; ³ Pesquisador Colaborador, Cepagri/Unicamp, Campinas, São Paulo, hilton@cpa.unicamp.br, Pesquisador CNPq

RESUMO: Este trabalho apresenta dois cenários de mudanças climáticas para a cultura da laranja em São Paulo, considerando os modelos climáticos HadGEM2 ES e MIROC5, utilizados normalmente neste tipo de simulação por representarem bem as condições climáticas brasileiras. A cultura da laranja foi escolhida por causa de sua importância social, ambiental e econômica para o país e também devido à escassez de simulações de mudanças climáticas úteis para o seu planejamento a médio e longo prazos. Os resultados obtidos, para os dois modelos utilizados, indicam uma redução da área de baixo risco climático localizada especialmente na parte norte de São Paulo, onde estão localizadas regiões produtoras importantes do estado. Isto indica a necessidade de desenvolver técnicas de adaptação às mudanças climáticas, para que um setor tão importante para o país não fique despreparado a possíveis condições adversas futuras para o seu desenvolvimento.

PALAVRAS-CHAVE: zoneamento agrícola, balanço hídrico, riscos climáticos, migrações.

CLIMATE CHANGE SCENARIOS FOR THE ORANGE CROP IN SÃO PAULO

ABSTRACT: This study presents climate change scenarios for the orange crop at the São Paulo state based on the projections of two Global Climate Models that are well known to represent the Brazilian climatic conditions: the HadGEM2 ES and MIROC5. We chose the orange crop because of its social, economic and environmental relevance for the country. Also, there is a lack of climate change simulations for this crop focused on orientations for its medium and long term planning. The results, based on the climate change models used, indicated a reduction of low climatic risk areas at the north of São Paulo state, where the most important pole of orange production in Brazil is located. This indicates that the orange production sector needs adaptation studies and techniques in order to keep its high importance in the Brazilian economy.

KEY-WORDS: agricultural zoning, water balance, climate risk, migrations.

INTRODUÇÃO

A grande importância da agricultura para o Brasil requer um acompanhamento constante do seu desempenho para que fatores desfavoráveis não prejudiquem a sua evolução. Entre as ameaças já identificadas para o desenvolvimento da agricultura nas próximas décadas, os impactos de possíveis alterações das condições climáticas atuais estão entre as principais. Independentemente das discussões sobre a ocorrência ou não das mudanças climáticas, um setor tão importante para o país não pode ser surpreendido por possíveis condições adversas e severas no futuro que prejudiquem todo o seu desenvolvimento conseguido ao longo do tempo através de muito trabalho e de

significativos investimentos financeiros realizados. Isto faz com que seja imprescindível identificar as possíveis ameaças à agricultura nacional em caso de mudanças do clima nas próximas décadas. Uma forma de atingir este objetivo, é através de cenários de impactos elaborados com base em métodos bem definidos, estruturados e consolidados e da adoção de hipóteses coerentes e realistas.

Dentre os vários produtos agrícolas tradicionais do Brasil, a laranja tem um destaque especial devido à sua importância social, ambiental e econômica para o país, por ser o seu principal produtor mundial, por causa da mão-de-obra envolvida, especialmente nas operações de colheita, e pela extensão das áreas utilizadas no seu cultivo. Avaliar os impactos de fatores adversos, como as possíveis mudanças climáticas, para a produção da laranja nas próximas décadas é imprescindível sob vários aspectos.

Desse modo, o objetivo deste trabalho é apresentar cenários de mudanças climáticas para a cultura da laranja em São Paulo, para o período de 2021 a 2050, utilizando as projeções dos modelos climáticos HadGEM2 ES (Hadley Centre's Global Environmental Model - version 2) e MIROC 5 (Model for Interdisciplinary Research on Climate – version 5), utilizados na elaboração do 5º Relatório do IPCC (IPCC, 2014).

É importante ressaltar que estes cenários, embora sejam normalmente calculados visando prioritariamente a agricultura, eles também são de grande interesse para outros setores que se relacionam com ela, tal como a demografia, devido à migração de pessoas motivada pelo trabalho existente, por exemplo, em áreas produtoras de laranja, café e cana-de-açúcar em São Paulo. No caso específico deste trabalho, os resultados são de interesse do Projeto Temático “Observatório das migrações em São Paulo: migrações internas e internacionais contemporâneas no estado de São Paulo”, financiado pela Fapesp (Processo N° 2014/04850-1).

MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado para geração dos cenários de impactos foi baseado nos parâmetros, conceitos e metodologia do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), programa oficial do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), e nos parâmetros propostos por Macedo Junior et al. (2009) para a laranja em São Paulo.

A Figura 1 apresenta um fluxograma da metodologia utilizada.

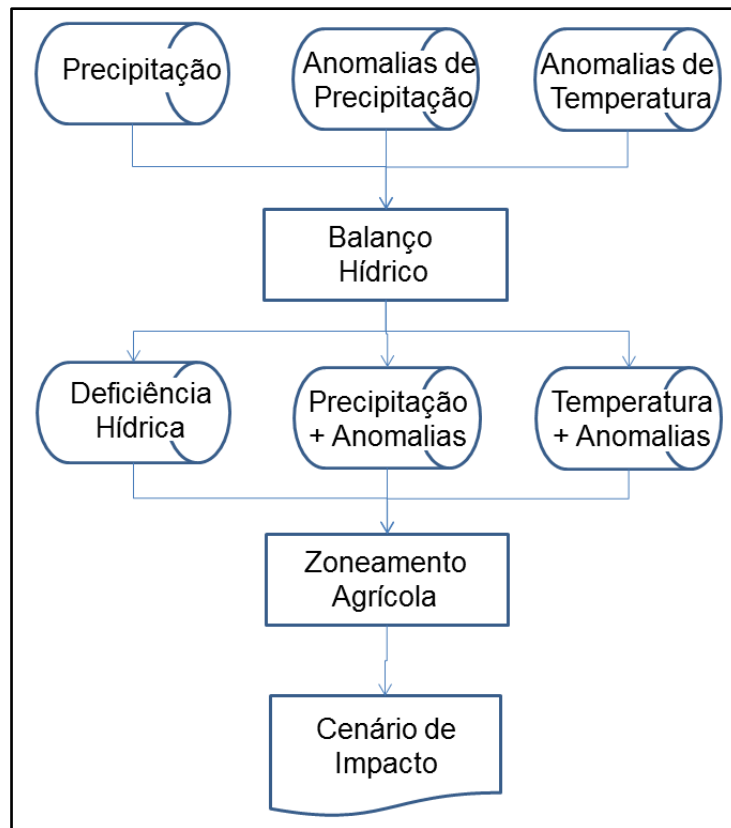


Figura 1. Fluxograma da metodologia utilizada para a geração dos cenários de impactos do clima futuro, definido pelos modelos climáticos MIROC 5 e HadGEM2 ES, no risco climático da laranja, no estado de São Paulo.

Foram consideradas áreas de baixo risco climático aquelas que atenderam simultaneamente as três condições seguintes:

- Temperatura média anual entre 18°C e 24°C;
- Deficiência hídrica média anual entre 0 mm e 120 mm;
- Precipitação anual média entre 1.000 mm e 1.600 mm.

Foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica de 210 estações do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE/CTH) do período de 1976 a 2005. Os valores de temperatura média mensal e anual foram calculados utilizando equações de estimativa propostas por Pinto et al. (1972) para São Paulo. Foi adicionado o valor de 1,5°C às temperaturas calculadas devido à diferença entre o período da série de dados utilizada para a geração das equações de estimativa (1940 a 1970) e o período dos dados pluviométricos (1976 a 2005), considerando a elevação das temperaturas médias que tem sido reportada por vários autores na literatura. A base altimétrica utilizada foi a disponibilizada pelo United States Geological Survey (USGS) com dados do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). A deficiência hídrica anual foi calculada a partir do balanço hídrico climático, utilizando o método de Thornthwaite & Matter (1955), considerando um armazenamento de água no solo igual a 125 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o zoneamento para a laranja em São Paulo considerando as condições climáticas atuais (superior central) e as projetadas pelos modelos MIROC5

(inferior esquerda) e HadGEM2 ES (inferior direita), sendo que os municípios classificados como de baixo risco climático são aqueles preenchidos em tons de cinza.

O número de municípios classificados como de baixo risco climático foi de 485 para o clima atual, 239 para o HadGEM2 ES e 287 para o MIROC5, correspondendo a uma redução de 51% e 41%, respectivamente. Ressalta-se que esta redução ocorre em regiões produtoras de laranja importantes de São Paulo, localizadas na parte norte do estado, conforme dados do PAM IBGE.

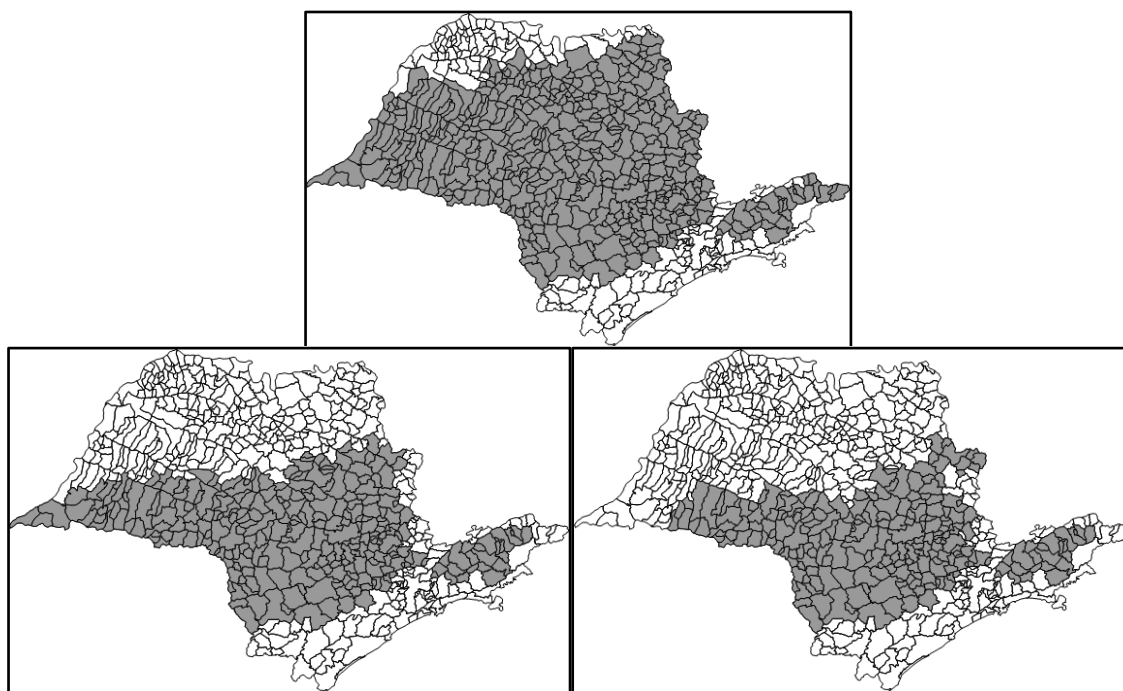


Figura 2. Áreas de baixo risco climático, em cinza escuro, para cultivo da laranja em São Paulo, considerando as condições climáticas atuais (imagem superior) e as fornecidas pelos modelos MIROC5 (inferior esquerda) e HadGEM2 ES (inferior direita), para o período de 2021 a 2050.

CONCLUSÕES

É importante ressaltar a concordância dos resultados obtidos pelos dois modelos climáticos utilizados, sendo que o HadGEM2 ES foi mais rigoroso que o MIROC5 na redução das áreas de baixo risco climático para o cultivo da laranja em São Paulo.

Assim como já observado para outras culturas também relevantes para o país (Zullo Jr et al., 2008 e 2006), os cenários de impactos das possíveis mudanças climáticas, elaborados com base em dois modelos climáticos de qualidade para o Brasil, indicam um aumento do risco climático em boa parte da região produtora de laranja em São Paulo, considerando as plantas existentes atualmente e a não adaptação natural delas a novas condições climáticas. Isto indica a necessidade do desenvolvimento de técnicas de adaptação da cultura às mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapesp e ao CNPq pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

MACEDO JUNIOR, C.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos da Laranja no Estado de São Paulo. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4p, 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CBAGRO, 2009, 4p.

PINTO, H. S.; ORTOLANI, A. A., ALFONSI, R. R. Estimativa das Temperaturas Médias Mensais do Estado de São Paulo em Função de Altitude e Latitude. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 23, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1972, 20p.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The Water Balance. Publications in Climatology, New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p, 1955.

ZULLO JR., J.; PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, S. R. M. Potential Economic Impacts of Global Warming on Two Brazilian Commodities, According to IPCC Prognostics. **TERRAE** 3(1): 28-39, 2008.

ZULLO JR., J.; PINTO, H. S.; ASSAD, E. D. Impact assessment study of climate change on agricultural zoning. **Met. Apps**, 13: 69–80. 2006.

TEMPERATURA EM CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO E ARAÇUAÍ – MG (1961 A 2015)

Maria José Hatem de Souza¹, Fúlvio Cupolillo²,
Alline Zagnoli Villela Motta³, Vitor Augusto Neves⁴

¹Eng. Agrícola, Prof. Associada, Departamento de Agronomia, UFVJM, Diamantina-MG, (38) 9962
0428, mariahatem@yahoo.com.br;

²Geógrafo, Prof. D1 de Climatologia do IFMG, Campus Santa Luzia – MG,
fulvio.cupolillo@ifmg.edu.br,

³Estudante de graduação em Engenharia Florestal; UFVJM, Diamantina-MG, allinezvm@yahoo.com.br,

⁴Estudante de graduação em Agronomia; UFVJM, Diamantina-MG, vitornevesmg@hotmail.com

RESUMO: O estudo do elemento climático temperatura é de grande importância do ponto de vista agrícola e agropecuário, tendo em vista a grande influência dos elementos climáticos no desenvolvimento e crescimento vegetal, no nível de conforto animal, no desenvolvimento de doenças, dentre outros. Estudos de variação espacial e temporal destes elementos são extremamente necessários para as áreas das ciências agrárias, florestais e ambientais. A temperatura do ar é um elemento climático de grande influência nesses processos, e foi objeto de estudo neste trabalho. Foram avaliadas as temperaturas médias, máximas e mínimas em Conceição do Mato Dentro (CMD) e Araçuaí, Minas Gerais, e sua variação durante os períodos de 1961 a 1990 e de 1991 a 2015. Quando comparado os dois períodos verificou-se aumento significativo, pelo teste t de Student, na temperatura do ar na maior parte dos meses e no ano como um todo, caracterizando um processo de variabilidade climática. Diante deste cenário de variabilidade local é muito importante o aumento de áreas plantadas com florestas e um correto manejo das reservas florestais, na tentativa, de propiciar um maior sequestro de CO₂.

PALAVRAS-CHAVE: aumento de temperatura, precipitação, sequestro de CO₂.

TITLE TEMPERATURE IN THE CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO AND ARAÇUAÍ - MG (1961 to 2015)

RESUMO: The study of the climatic element temperature is of great importance from the agricultural and agricultural point of view, considering the great influence of the climatic elements in the development and vegetal growth, in the level of animal comfort, in the development of diseases, among others. Studies of spatial and temporal variation of these elements are extremely necessary for the areas of agrarian, forest and environmental sciences. The air temperature is a climatic element of great influence in these processes, and was object of study in this work. The average, maximum and minimum temperatures were evaluated in Conceição do Mato Dentro (CMD) and Araçuaí, Minas Gerais, and their variation during the periods of 1961 to 1990 and 1991 to 2015. When comparing the two periods, there was a significant increase, By Student's t test, in air temperature in most months and in the year as a whole, characterizing a process of climatic variability. Given this scenario of local variability, it is very important to increase areas planted with forests and a correct management of forest reserves, in an attempt to promote a greater sequestration of CO₂.

KEY WORDS: Temperature increase, precipitation, CO₂ sequestration.

INTRODUÇÃO

O estudo dos elementos climáticos é de grande importância do ponto de vista agrícola e agropecuário, tendo em vista a grande influência destes elementos no desenvolvimento e crescimento vegetal, no nível de conforto animal, no desenvolvimento de doenças, dentre outros. Estudos de variação espacial e temporal destas variáveis são extremamente necessários para as áreas das ciências agrárias, florestais e ambientais. Dentre as variáveis ambientais que mais interferem nesses processos são a temperatura do ar, a precipitação, a umidade, o vento e a radiação solar.

A temperatura do ar exerce influência em vários aspectos da produtividade vegetal, estando relacionada com o crescimento e desenvolvimento das plantas, devido ao seu efeito na velocidade das reações bioquímicas e dos processos internos de transporte. Esses processos ocorrem de forma adequada somente entre certos limites térmicos. A tolerância aos níveis de temperatura é variável entre as espécies e variedades (PEREIRA et al., 2002).

A temperatura do ar exerce influência decisiva no crescimento das plantas, à medida que a temperatura se afasta da faixa específica ótima, alongação é inibida, chegando a cessar completamente quando certo limite (máximo ou mínimo) é atingido (VAREJÃO-SILVA, 2006).

O curso anual da temperatura do ar recebe os efeitos modificados de certos fatores, dentre os quais os mais importantes são a altitude, continentalidade e as características da superfície. A temperatura apresenta uma variação inversa com o aumento da altitude. (VIANELLO e ALVES, 1991).

Desta forma este trabalho teve como objetivo estudar a variação da temperatura do ar, médias, máximas e mínimas, em Conceição do Mato Dentro (CMD) e Araçuaí, Minas Gerais, e sua variação durante os períodos de 1961 a 1990 e de 1991 a 2015.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi montado um banco de dados temperatura para a Conceição do Mato Dentro (CMD) e Araçuaí, MG; utilizando os dados disponíveis do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a partir de 1961 até 2015. As estações e os anos de dados envolvidos neste estudo podem ser visualizadas na Tabela 1.

Os dados foram avaliados e suas falhas preenchidas, e testados com relação à consistência e homogeneidade (REBOITA, 2005).

A cidade de Conceição do Mato Dentro, está situada a 740m de altitude e a Estação climatológica Principal do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, está a 652 m de altitude. De relevo montanhoso, o município possui paisagens diversificadas, que variam de serras a vales fluviais pouco ondulados, seu clima é tropical de altitude com chuvas de verão: verões quentes (Cwa) de acordo com a classificações climáticas de Köppen (CUPOLILLO, 2015) e subquente úmido de 3 meses secos (NIMER, 1989).

Tabela 1. Estações meteorológicas do INMET envolvidas neste estudo, número na Organização Meteorológica Mundial (OMM), coordenadas geográficas, situação de operação e quando foi aberta, e número de anos envolvidos no estudo

ESTAÇÃO	Latitude	Longitude	Altitude	Situação	Aberta em	Anos	Anos de estudo
	Graus	Graus	Metros				
ARACUAI, MG (OMM: 83442)	-16,83	-42,05	289	Operante	06/09/1918	51	1963a 1978; 1980a 1985; 1987 a 2015
C. DO M DENTRO, MG (OMM: 83589)	-19,02	-43,43	652	Operante	30/06/1925	51	1961 a 1985; 1986; 1989 a 2015

Os dados encontram-se digitados no BDMEP

Dados solicitados - 01/01/1961 a 31/12/2015(INMET-BDMEP, 2016)



Figura 1. Imagens de satélite das três estações em estudo Araçuaí e Conceição de Mato Dentro, fornecidas pelo site do INMET.

Araçuaí está situada a 315 metros de altitude, $16^{\circ} 50' 55''$ S de latitude e $42^{\circ} 3' 57''$ W de longitude. A região apresenta clima Aw - Quente com chuvas no verão, segundo classificação de Köppen (CUPOLILLO, 2015 e ALVARES, et. al., 2014) ou quente semi-árido de 6 meses secos, segundo classificação de Nimer (1989). O mês mais quente é fevereiro e o mais frio junho. A umidade relativa do ar varia de 60% e 80%. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), a temperatura mínima registrada em Araçuaí foi de $6,5^{\circ}\text{C}$, ocorrida nos dias 23 e 30 de julho de 1962. Já a máxima foi de $42,7^{\circ}\text{C}$, observada em 31 de outubro de 2012. O maior acumulado de chuva registrado na cidade em 24 horas foi de 166,5 mm, em 1 de janeiro de 2007.

Segundo o censo de 2006 do IBGE no município de Araçuaí-MG temos 2504 estabelecimentos agropecuários com um total de 105651 hectares, e em Conceição do Mato Dentro-MG temos 1236 estabelecimentos agropecuários com um total de 46630 hectares. Nestes dois municípios estes estabelecimentos agropecuários são ocupados com lavouras permanentes e temporárias, forrageiras para corte e pastagem natural, florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal, florestas naturais e plantadas, aquicultura e terras degradadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, 3 e 4 são apresentados os resultados de temperatura média, máxima e mínima do ar em Araçuaí e Conceição de Mato Dentro para os dois períodos de estudo.

Tabela 2. Temperatura média em Conceição do Mato Dentro e Araçuaí, e seus desvios padrão, valores máximos e mínimos, e nível de significância pelo teste t de Student, para os dois períodos 1961 a 1990 e 1991 a 2015

	T MED	T MED	desvio padrão	desvio padrão	max	max	min	min	teste t	
MÊS	61- 90	91-15	61-90	91 -15	61-90	91-15	61-90	91-15		
Jan	23,10	23,65	0,57	0,61	24,69	24,89	22,17	22,50	0,0041	**
Fev	23,26	23,72	0,57	0,69	24,44	24,98	22,46	21,97	0,0214	*
Mar	22,87	23,08	0,47	0,60	23,67	24,01	22,16	21,20	0,2384	ns
Abr	20,99	21,61	0,78	0,49	22,60	22,51	19,86	20,47	0,0007	**
Mai	18,64	18,92	0,75	0,86	20,26	20,42	17,50	16,94	0,2371	ns
Jun	17,14	17,14	0,63	0,80	18,22	18,85	16,01	15,93	0,9956	ns
Jul	16,72	16,83	0,75	0,84	18,13	18,16	15,43	15,34	0,6032	ns
Ago	18,28	17,97	0,64	0,89	19,59	19,80	17,58	16,07	0,2557	ns
Set	20,02	20,51	0,79	0,85	21,82	22,47	18,50	19,03	0,0364	*
Out	21,68	22,45	0,66	0,86	22,70	24,43	20,60	20,87	0,0028	**
Nov	22,40	22,75	0,74	0,99	24,60	25,52	21,68	21,14	0,1908	ns
Dez	22,56	23,33	0,52	0,69	23,75	24,59	21,55	21,97	0,0003	**
ANO	20,64	21,00	0,30	0,41	21,29	22,16	20,29	20,26	0,0047	**

ARACUAI	T MED	T MED	desvio padrão	desvio padrão	max	max	min	min	teste t	
MÊS	61- 90	91-15	61-90	91 -15	61-90	91-15	61-90	91-15		
Jan	25,58	26,50	1,00	0,91	27,39	28,47	24,65	24,87	0,00234	**
Fev	25,98	27,13	1,29	1,25	28,58	29,35	24,83	23,95	0,00180	**
Mar	25,93	26,65	1,01	1,20	27,50	29,17	24,64	24,39	0,03485	*
Abr	24,57	25,64	1,01	0,99	26,63	28,55	22,99	24,02	0,00038	**
Mai	22,78	23,66	1,08	0,83	24,30	25,74	21,12	22,06	0,00212	**

Jun	21,45	22,32	1,17	0,79	23,57	23,82	19,91	20,98	0,01560	*
Jul	21,26	22,17	0,79	0,73	22,48	23,30	20,10	20,75	0,00387	**
Ago	22,52	23,42	0,94	0,85	23,87	25,45	21,33	21,90	0,00240	**
Set	24,50	25,34	0,84	0,93	25,67	27,47	23,21	23,54	0,00289	**
Out	25,28	26,73	0,34	0,95	25,42	28,62	24,55	24,99	0,00007	**
Nov	25,00	25,94	0,63	1,19	26,21	28,34	24,11	24,15	0,00670	**
Dez	24,95	26,12	0,58	1,07	26,03	29,18	24,01	23,74	0,00013	**
ANO	24,48	25,17	0,55	0,51	25,08	26,37	24,12	24,28	0,00409	**

Tabela 3. Temperatura máxima em Conceição do Mato Dentro (CMD) e Araçuaí, e seus desvios padrão, valores máximos e mínimos, e nível de significância pelo teste t de Student, para os dois períodos 1961 a 1990 e 1991 a 2015

CMD	T MAX	T MAX	desvio padrão	desvio padrão	max 61-90	max 91-15	min 61-90	min 91-15	teste t	
MÊS	61- 90	91-15	61-90	91 - 15	61-90	91-15	61-90	91-15		
Jan	29,41	30,08	1,47	1,21	32,24	32,69	27,20	27,46	0,1121	ns
Fev	29,80	30,64	0,89	1,36	31,61	33,39	28,93	27,81	0,0277	*
Mar	29,60	29,68	0,99	1,11	31,71	31,49	28,73	27,13	0,7990	ns
Abr	27,95	28,57	1,31	0,78	30,56	30,27	26,07	27,31	0,0322	*
Mai	26,45	26,29	1,00	1,18	28,23	27,55	24,49	21,99	0,5828	ns
Jun	25,40	25,38	1,11	0,81	27,44	26,83	23,92	24,09	0,9428	ns
Jul	25,01	25,55	0,78	0,87	27,25	27,19	24,66	23,35	0,0350	*
Ago	27,00	26,99	1,22	0,85	29,12	28,80	25,59	25,35	0,9872	ns
Set	27,70	28,43	1,17	1,52	30,24	31,40	26,57	25,00	0,0847	ns
Out	28,21	29,48	1,31	1,65	30,05	32,74	26,63	26,52	0,0054	**
Nov	28,55	28,80	1,34	1,66	32,45	32,96	27,52	26,07	0,5875	ns

Dez	28,61	29,49	0,95	1,18	30,28	32,02	26,58	27,39	0,0166	*
ANO	27,80	28,28	0,55	0,60	29,00	29,39	27,21	26,43	0,01460	*
ARACUAI	T MAX	T MAX	desvio padrão	desvio padrão	max	max	min	min	teste t	
MÊS	61- 90	91-15	61-90	91 -15	61-90	91-15	61-90	91-15		
Jan	32,27	33,46	1,57	1,68	34,94	37,31	30,28	30,28	0,012340	*
Fev	33,00	34,59	1,77	2,09	36,06	37,33	30,50	29,41	0,005139	**
Mar	33,08	33,65	1,21	1,77	34,39	36,48	30,76	29,99	0,208353	ns
Abr	31,65	32,47	1,61	1,30	33,71	35,49	29,22	30,18	0,041629	*
Mai	30,27	30,79	1,54	0,99	33,48	32,75	27,35	28,88	0,119951	ns
Jun	29,15	29,61	1,36	0,91	31,30	30,91	26,88	27,26	0,136064	ns
Jul	28,62	29,44	0,84	0,90	30,02	30,95	27,54	27,12	0,001826	**
Ago	30,17	30,94	0,95	1,00	31,79	33,04	28,44	28,97	0,012297	*
Set	31,42	32,50	1,05	1,27	32,77	34,95	28,94	30,26	0,003145	**
Out	31,50	33,74	1,00	1,40	33,32	36,44	29,60	30,94	0,000002	**
Nov	30,78	32,12	1,17	1,73	32,92	35,60	29,37	29,50	0,005594	**
Dez	31,02	32,62	1,00	1,69	32,29	37,63	29,18	29,05	0,000714	**
ANO	31,06	32,16	0,78	0,72	32,14	33,39	29,80	30,52	0,000010	**

Para Araçuaí pode-se observar que a temperatura média e a mínima mensal sofreram aumento significativo ao nível de 5 e 1% pelo teste t de Student em todos os meses do ano (tabelas 1 e 3), quando comparado os dois períodos (1961 a 1990, e 1991 a 2015); já a temperatura máxima apenas em março, maio e junho que o aumento não foi significativo (tabela 2).

Tabela 4. Temperatura mínima em Conceição do Mato Dentro e Araçuaí, e seus desvios padrão, valores máximos e mínimos, e nível de significância pelo teste t de Student, para os dois períodos 1961 a 1990 e 1991 a 2015

CMD	T MIN	T MIN	desvio padrão	desvio padrão	max	max	min	min	teste t
MÊS	61- 90	91-15	61-90	91 -15	61-90	91-15	61-90	91-15	

Jan	18,18	18,88	1,50	0,94	19,72	20,22	14,10	16,89	0,0307	*
Fev	18,28	18,47	1,05	0,85	19,04	19,82	15,34	16,94	0,4734	ns
Mar	17,70	18,51	1,14	1,07	19,47	19,88	15,70	15,87	0,0075	**
Abr	16,03	17,51	0,93	2,48	18,13	28,60	14,67	14,25	0,0079	**
Mai	12,99	14,02	1,39	1,47	15,48	16,67	9,69	11,15	0,0125	*
Jun	11,14	11,70	1,25	1,58	13,28	14,56	9,04	8,37	0,1802	ns
Jul	10,06	10,73	1,54	1,62	11,35	13,26	6,62	7,68	0,1344	ns
Ago	10,91	10,76	1,84	1,61	14,37	13,03	7,17	6,98	0,7394	ns
Set	13,46	13,70	1,56	1,61	15,81	16,23	10,43	9,84	0,5485	ns
Out	16,37	16,45	1,18	1,00	17,27	18,58	12,90	14,28	0,7716	ns
Nov	17,77	18,30	1,20	0,70	18,91	19,54	14,88	17,00	0,0334	*
Dez	18,08	18,95	1,31	0,68	19,33	19,80	15,01	17,17	0,0009	**
ANO	15,08	15,67	0,84	0,72	16,06	16,92	13,26	14,28	0,0048	*
ARACUAI	T MIN	T MIN	desvio padrão	desvio padrão	max	max	min	min	teste t	
MÊS	61- 90	91-15	61-90	91 -15	61-90	91-15	61-90	91-15		
Jan	20,74	21,56	0,58	0,62	22,08	22,53	20,02	20,08	0,000060	**
Fev	21,02	21,69	0,98	0,71	22,96	23,61	19,93	20,29	0,006907	**
Mar	20,75	21,72	0,90	0,87	22,55	23,63	18,97	19,93	0,000948	**
Abr	19,46	20,66	1,21	0,65	22,08	22,99	17,16	19,69	0,000057	**
Mai	17,10	18,26	1,07	0,89	19,66	20,09	16,13	16,61	0,002899	**
Jun	15,28	16,61	0,84	1,00	17,25	18,48	14,13	14,51	0,001579	**
Jul	14,88	16,21	0,98	1,00	17,69	17,54	13,66	13,72	0,000158	**
Ago	15,72	17,00	1,11	1,13	18,13	19,14	14,12	14,94	0,000671	**
Set	18,60	19,64	0,75	0,96	20,94	21,47	17,54	17,29	0,002105	**
Out	20,66	21,45	0,71	0,58	22,58	22,42	19,50	20,44	0,000042	**
Nov	20,88	21,61	0,62	0,79	21,71	23,23	19,48	20,30	0,001119	**
Dez	20,82	21,55	0,73	0,51	22,93	22,73	20,16	20,68	0,000052	**
ANO	18,89	19,83	0,50	0,40	20,21	20,98	18,36	19,29	0,000001	**

Para Conceição do Mato Dentro pode-se observar que as temperaturas mensais sofreram aumento significativo ao nível de 1% pelo teste t de Student nos meses de janeiro, abril, outubro e dezembro, enquanto que ao nível de 5% de probabilidade verifica-se aumento em fevereiro, setembro e no ano como um todo, quando comparado os dois períodos avaliados (1961 a 1990, e 1991 a 2015). Para Carbonita pode-se observar que a temperaturas mensais sofreram aumento significativo ao nível de 5 e 1% pelo teste t de Student em cinco meses do ano para a temperatura média, para os meses de janeiro, abril, outubro e novembro este aumento foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, e para o mês de setembro este aumento foi significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t. , quando comparado os dois períodos (1961 a 1990, e 1991 a 2015); já de maio agosto e em novembro e março este aumento não foi significativo (tabela 1).

Em Conceição do Mato Dentro observa-se o mesmo comportamento da temperatura média para a temperatura máxima, Tabela 2, sendo aumento significativo ao nível de 1% pelo teste t de Student no mês de outubro e ao nível de 5% aumento em fevereiro e dezembro. No ano como um todo a diferença foi de 1% quando comparado os dois períodos (1961 a 1990, e 1991 a 2015). Já a temperatura mínima em Conceição (Tabela 3) teve aumento significativo, ao nível de 1% pelo teste t de Student, nos meses de março, abril e dezembro; no ano como um todo e nos meses de janeiro, maio e novembro o aumento da temperatura mínima foi significativo ao nível de 1% pelo teste t, para os dois períodos estudados.

Este comportamento pode em parte ser explicado pela alteração do total precipitado no período chuvoso, como pode ser observado na Figura 2, em que são apresentados os valores precipitados nas três localidades em questão durante os períodos de 1961 a 2015.

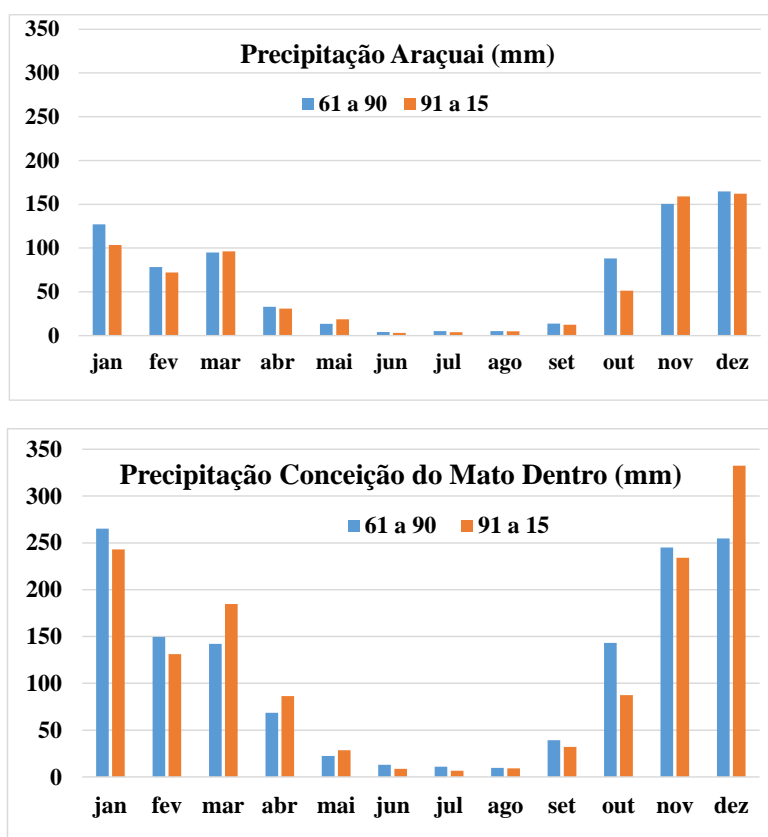


Figura 2. Precipitação mensal média em Araçuaí, Carbonita e Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, em mm, para os dois períodos de estudo (1961 a 1990, e 1991 a 2015)

Em Araçuaí a precipitação média total anual foi de 778 e 717 mm para os períodos de 1961 a 1990 e 1991 a 2015, Figura 2, respectivamente tendo uma redução de 61mm, representando 8% de redução na precipitação anual em Araçuaí, não sendo esta diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste T. Observa-se, ainda, para Araçuaí que a sexta chuvosa ocorre entre os meses de outubro e março, e representou para o período de 61 a 90,5% do total precipitado no ano, e 89,8% para os anos de 1990 a 2015.

Na Figura 3 pode-se observar as variações mensais médias da temperatura em Conceição do Mato Dentro e em Araçuaí nos dois períodos estudados e também os valores anuais.

Na Figura 3 observa-se aumento médio da temperatura do ar é visível, quando comparado os dois períodos de estudo, principalmente em Araçuaí, que obteve valores significativos de aumento da temperatura do ar.

Na Figura 3 pode-se observar as variações mensais médias da temperatura em Conceição do Mato Dentro nos dois períodos estudados e também os valores anuais, na Figura 2(a) o aumento médio da temperatura do ar é visível nos meses de aumento significativo.

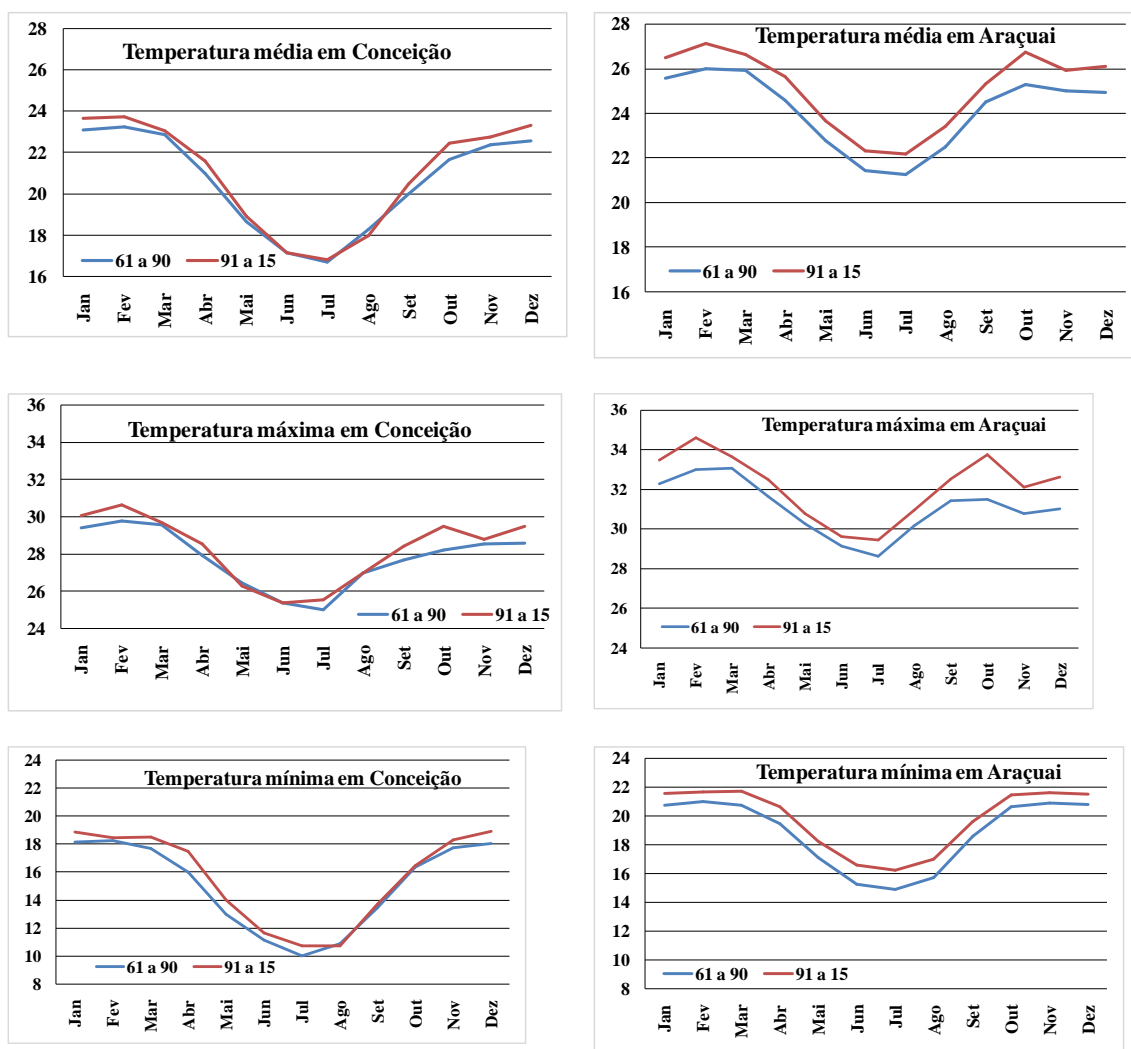


Figura.3- Temperatura média, máxima e mínima, medias, em °C, para Conceição do Mato Dentro e para Araçuaí para os períodos avaliados.

Na Figura 4 observa-se para Araçuaí que dos anos em que os dados estavam disponíveis 1998 foi o ano mais quente com 26,4°C, seguido de 2014 com 26,3, 2015 não podemos comentar, pois os dados não existem para esta estação. Os menores valores de temperatura média foram observados em 1970 (23,8°C) e em 1975 (24,1°C), em Araçuaí.

Na Figura 4 observa-se para Conceição do Mato Dentro que dos anos em que os dados estavam disponíveis o ano de maior temperatura média foi o de 2015 (22,2°C), seguido de 1963 com 21,7°C. Os menores valores de temperatura média foram observados em 1961 e 1962 (19,7 e 20,3°C, respectivamente).

Em Araçuaí, figura 4, pode-se observar maior valor de temperatura máxima em 1998, com 33,4°C, seguido pelos anos de 2012 e 2014 com 33,1 e 33,0°C respectivamente, infelizmente em 2015 não foi possível comentar. Já os menores valores são observados em 1978 (29,9°C) e em 2004 (30,6°C). Pode-se também observar, nessa figura que o maior valor de temperatura mínima foi em 1998, com 20,98°C, seguido pelos anos de 1976 (20,21°C) e em 2015 com 20,33°C. Já os menores valores são observados em 1982 (18,65°C) e em 2007 (19,33°C).

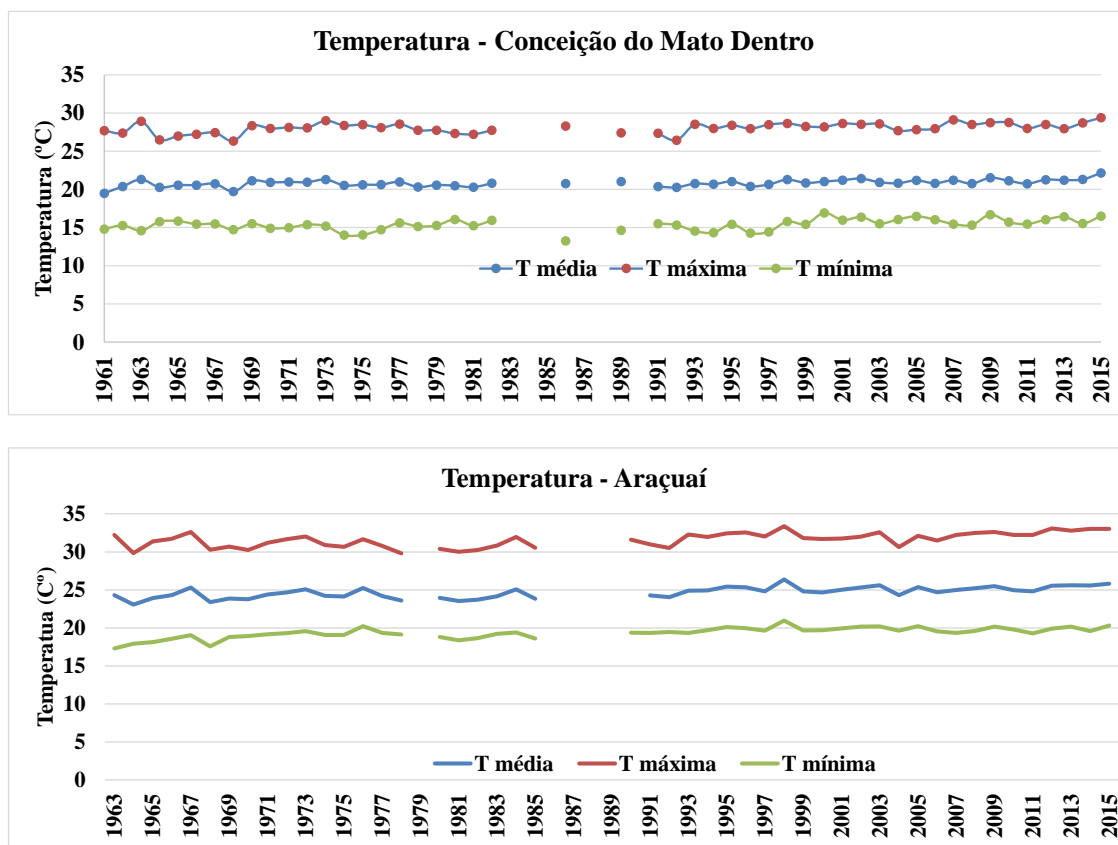


Figura.4- Temperatura média, máxima e mínima, em °C, para Conceição do Mato Dentro e Araçuaí para os anos estudados.

Diante deste cenário de aquecimento local é imprescindível o aumento de áreas plantadas com florestas, para propiciar um maior sequestro de CO₂.

Existem praticamente 3 trilhões de árvores no mundo, de acordo com (CROWTHER, *et al* 2015). Ainda segundo os autores, a atividade humana é prejudicial

para a abundância de árvores no mundo inteiro. Cerca de 15 bilhões de árvores são cortadas todo ano, segundo as estimativas; desde o início da agricultura, cerca de 12 milhões de anos atrás, o número de árvores em todo o mundo caiu cerca de 46%.

As florestas têm um importante papel na variabilidade climática local. A destruição e degradação de florestas, principalmente de florestas tropicais, contribuem para o problema com a liberação de CO₂. Porém, a implementação de novas florestas pode ajudar a mitigar contra a mudança climática, removendo CO₂ da atmosfera.

Árvores e outras plantas absorvem CO₂ do ar a medida que crescem. Utilizando a energia capturada do sol, elas transformam moléculas de CO₂ em massa foliar, troncos e galhos. Isso tudo faz parte do ciclo de carbono.

Uma floresta madura não necessariamente absorve muito mais CO₂ do que libera, no entanto, sempre que uma árvore apodrece ou é queimada, grande parte do seu CO₂ armazenado é liberado mais uma vez. No contexto de mudança climática, florestas maduras são importantes não porque reduzem o CO₂ liberado, mas sim porque são grandes reservatórios de carbono estocado.

Com isso, o manejo de florestas nativas entra em cena, onde é feita a conservação de florestas já estabelecidas, a derrubada consciente e planejada de árvores de interesse econômico (que não sejam ameaçadas) e a implementação de novas espécies, realizando o ciclo do carbono novamente. Assim, os estoques de carbono são renovados e mantidos nas florestas já estabelecidas.

Plantações de eucalipto também contribuem para a estocagem de carbono; quando bem conduzidas, podem fixar entre 100 e 400 t/ha de CO₂ durante a fase de crescimento (ECOAR, 2003). Ou seja, as árvores são conduzidas, capturam o carbono do ambiente, e em cerca de 5-8 anos (variando de empresa a empresa), é feita a derrubada das árvores, e realizado um novo plantio ou condução de talhadia. Tudo isso contribui para a redução do CO₂, e conseqüentemente, reduzem os efeitos do aquecimento global.

Por outro lado em ciências atmosféricas, existem controvérsias quando trata-se da influência das florestas em relação aos efeitos do chamado aquecimento global. Molion citado por Cupolillo (2015), “salienta que na Amazônia, por exemplo, a umidade provém do Oceano Atlântico e é parcialmente convertida em chuva sobre a região, devido ao aquecimento solar local e a turbulência vertical gerada sobre a floresta, que é uma superfície aerodinamicamente rugosa ao escoamento atmosférico.

A *mídia* especulou que eventos severos de seca, como ocorridos em 2014-2015 na Região Sudeste do Brasil, estaria sendo causado pelo aquecimento global produzido e pelas atividades humanas que, ao emitirem dióxido de carbono (CO₂), - resultante da queima de combustíveis fósseis, como petróleo e carvão mineral - para atmosfera, intensificam o efeito-estufa e aquecem o planeta. Essa hipótese não tem base científica alguma, pois a temperatura média global permanece estável nos últimos 17 anos, enquanto a concentração de CO₂ aumentou 10% nesse período. Essa constatação, aliada a outros argumentos físicos, provam que as emissões antrópicas não afetam a temperatura global e o clima do planeta”.

CONCLUSÕES

Para Araçuaí temperatura média e a mínima mensal sofreram aumento significativo ao nível de 5 ou 1% pelo teste t de Student em todos os meses do ano, quando comparado os dois períodos (1961 a 1990, e 1991 a 2015); já a temperatura máxima apenas em março, maio e junho que o aumento não foi significativo.

Para Conceição do Mato Dentro as temperaturas mensais sofreram aumento significativo ao nível de 1% pelo teste t de Student nos meses de janeiro, abril, outubro e dezembro, enquanto que ao nível de 5% de probabilidade verifica-se aumento em fevereiro, setembro e no ano como um todo, quando comparado os dois períodos avaliados (1961 a 1990, e 1991 a 2015).

Em Conceição do Mato Dentro o ano de maior temperatura média foi o de 2015 (22,2°C), seguido de 1963 com 21,7°C. Os menores valores de temperatura média foram observados em 1961 e 1962 (19,7 e 20,3°C, respectivamente).

Em Araçuaí o maior valor de temperatura máxima foi em 1998, com 33,4°C, seguido pelos anos de 2012 e 2014 com 33,1 e 33,0°C respectivamente. Já os menores valores são observados em 1978 (29,9°C) e em 2004 (30,6°C). O maior valor de temperatura mínima foi em 1998, com 20,98°C, seguido pelos anos de 1976 (20,21°C) e em 2015 com 20,33°C. Já os menores valores são observados em 1982 (18,65°C) e em 2007 (19,33°C).

Diante deste cenário de variabilidade climática do aquecimento local é imprescindível o aumento de áreas plantadas com florestas, para propiciar um maior sequestro de CO₂.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de amparo à pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo apoio financeiro pela concepção da bolsa de iniciação científica do terceiro autor, o que permitiu que os dados fossem processados.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais –IFMG, Instituto Nacional de Meteorologia-INMET.

REFERÊNCIAS

- CROWTHER, T. W. *et al.* **Mapping tree density at a global scale.** Nature, v. 525, n. 7568, p. 201-205, 2015.
- ECOAR – Instituto Ecoar para Cidadania. **Efeito estufa.** São Paulo, 2003. 5p
- CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce.** 1ª. ed. Saarbrücken - Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. v. 1. 224p
- INMET-BDMEP - **Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: outubro 2016.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421 p.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P, C. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba – RS: Livraria e editora Agropecuária Ltda. 2002. 478p.
- REBOITA, M.S. Introdução à estatística aplicada à Climatologia – Parte III – Análise de séries temporais. Projeto PAE Universidade de São Paulo, 2005.
- VAREJÃO-SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia. Versão Digital. Brasília: Inmet, 2006. 531p. Livro Digital.

VIANELLO, R.L., ALVES, A.R. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: UFV, 1991. 449p.

TENDÊNCIAS DE ALTERAÇÕES NA PRECIPITAÇÃO NA ÁREA DE ATUAÇÃO DA EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS

Marcus Aurelio Soares Cruz¹, Ana Alexandrina Gama da Silva², Julio Roberto Araujo de Amorim³, André Quintão de Almeida⁴, José Ivaldo Barbosa de Brito⁵

¹Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, E-mail: marcus.cruz@embrapa.br; ² Identificação, Local de trabalho, Cidade, Estado, E-mail; ³Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, E-mail: julio.amorim@embrapa.br; ⁴ Professor, Departamento de Engenharia Agrícola da UFS, São Cristóvão, Sergipe, andreqa@gmail.com; ⁵ Professor Meteorologia, UFCG, Campina Grande, PB, jose.ivaldo@ufcg.edu.br

RESUMO: Além da região fisiográfica dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste, a Área de Atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros (AETC) contempla áreas adjacentes, como a Baixada Litorânea e o Agreste, concentrando significativa parte das atividades agropecuárias da região com forte dependência da ocorrência de precipitações. Recentes relatórios do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas indicam tendências significativas reduções nos volumes de chuva sobre a região Nordeste do Brasil (NEB), com impactos ainda desconhecidos sobre a sociedade e economia regional. Os índices de mudanças climáticas propostos pelo método RCLIMDEX foram aplicados às séries históricas de precipitação de 158 postos de chuva em quatro regiões da AETC, obtendo-se linhas de tendência e seus coeficientes angulares. Esses coeficientes foram padronizados e considerados como critério comparativo entre as regiões que compõem a AETC, gerando-se mapas que possibilitaram a análise espacial. Os índices revelaram diferenças significativas nas características das chuvas nas quatro regiões analisadas, com a maioria dos postos de chuva apresentando tendências de redução nos volumes precipitados. A Região 4, composta pelo Estado do Ceará e parte oeste do Rio Grande do Norte, apresentou índices com tendências mais críticas considerando a disponibilidade de chuvas. Apenas os índices R10mm, R20mm e PRECPTOT mostraram significância estatística nas tendências de redução para toda AETC. A análise espacial permitiu avaliar que postos com tendências de maior criticidade nos índices, do ponto de vista de disponibilidade de chuvas, situaram-se, em grande parte, na porção interior da AETC, próximos à zona de transição com o Semiárido do NEB.

PALAVRAS-CHAVE: Índices RCLIMDEX, linha de tendência, análise espacial.

TRENDS OF CHANGES IN RAINFALL IN THE WORKING AREA OF EMBRAPA COASTAL TABLELANDS

ABSTRACT: Besides the physiographic region of Coastal Tablelands of the Brazilian Northeast, the working area of Embrapa Coastal Tablelands (AECT) covers adjacent areas, such as Baixada Litorânea and Agreste, concentrating significant part of the agricultural activities of the region with a strong dependence on the occurrence of rainfall. Recent reports from the Brazilian Panel on Climate Change indicate trends towards significant reductions in rainfall volumes over the Northeast region of Brazil (NEB), with still unknown impacts on society and regional economy. Climate change indices proposed by the RCLIMDEX method were applied to the historical precipitation series from 158 rainfall stations in four regions of AECT, adjusting trend lines and determining their angular coefficients. These coefficients were standardized and considered as a comparative criterion among the regions composing AECT, generating maps that allowed the spatial analysis. Indices revealed significant differences in rainfall

characteristics in the four analyzed regions, with most of the rainfall stations showing trends of reduction in the rainfall volumes. Composed of the State of Ceará and the western part of the State of Rio Grande do Norte, Region 4 showed indices with more critical trends considering the availability of rainfall. Only R10mm, R20mm, and PRECPTOT indices revealed statistical significance in the trends of reduction for all AECT. Spatial analysis allowed assessing that stations with more critical trends in the climatic changes indices, in terms of rainfall availability, were to a large extent located in the inner portion of AETC, near the transition zone with the Semiarid of NEB

KEY-WORDS: RCLIMDEX indices, trend line, spatial analysis.

INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil (NEB) é caracterizada historicamente por uma sucessão de eventos climáticos extremos, principalmente associados às grandes secas, com perdas econômicas e impactos sociais muitas vezes incomensuráveis (BRASIL, 2005). A grande variabilidade espacial e temporal das precipitações nessa região está associada aos diversos sistemas atmosféricos que atuam na sua formação. Em geral, os principais sistemas meteorológicos que governam o regime de chuvas na região são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico, Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN); Frentes Frias e Ondas de Leste. Além destes mecanismos, há também a atuação das linhas de Instabilidade (LI), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), e do efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação (FERREIRA; MELLO, 2005). Além disso, a forma de atuação destes sistemas depende de uma combinação de forças de eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM).

Estudos sobre a influência de cada sistema no comportamento das precipitações têm sido dificultados pela ocorrência de modificações nos padrões climáticos decorrentes das mudanças no clima. Desde a década de 80, evidências científicas sobre a possibilidade de mudança do clima em nível mundial vêm despertando interesses crescentes no público e na comunidade científica em geral (MARENGO, 2008). Considerando-se uma abordagem por bioma na região Nordeste, o Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2016) forneceu os resultados da compilação das projeções de modelos de mudança climática para cenários futuros de temperaturas e precipitação, indicando, por exemplo, projeções de redução nas chuvas da ordem de 35%, na Mata Atlântica da região Nordeste, e de até 50% na Caatinga até o ano de 2100.

Assim, este estudo regional busca avaliar tendências de mudanças nas precipitações na região de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros no NEB, propondo e aplicando uma metodologia simples e buscando contribuir para subsidiar a tomada de decisão quanto às políticas públicas e ações de pesquisa na região.

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo, denominada aqui de Área de Atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros (AETC), contempla, além da região fisiográfica dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste, algumas áreas adjacentes, incluindo a Baixada Litorânea e o Agreste nordestino (Figura 1). Essa região está compreendida entre as coordenadas geográficas 2°47' S, 41°26' W e 18°21' S, 34°46' W, abrangendo 570 municípios, nos

estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, com uma área total de aproximadamente 219,5 mil km² (EMBRAPA, 2014). Abriga uma população total de 27,1 milhões de habitantes, com grande concentração nas regiões metropolitanas, com cerca de 22,7 milhões de pessoas (IBGE, 2010). As principais atividades econômicas desenvolvidas são agricultura (cana-de-açúcar, milho, mandioca, fruteiras), criação de gado e exploração mineral, principalmente petróleo, gás natural e potássio.

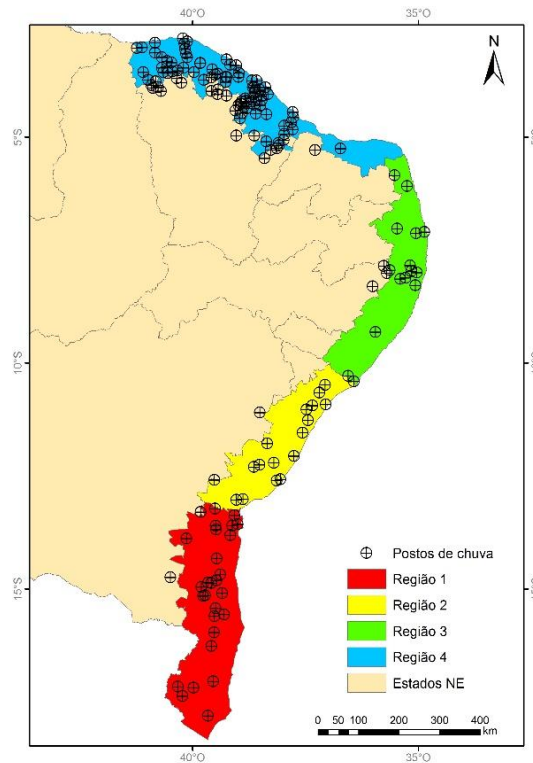


Figura 1. Localização da Área da Atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros (AETC) e suas quatro regiões, segundo o comportamento das precipitações, com indicação da localização dos postos pluviométricos utilizados no estudo.

Pela sua extensão, a AETC apresenta grande variabilidade de clima, solos, relevo e vegetação. A precipitação anual média varia entre 500 mm e 2.300 mm, com temperaturas anuais médias em torno de 26°C (INMET, 2017). Para efeito deste estudo, a AETC foi dividida em quatro regiões distintas, segundo o comportamento das precipitações:

- Região 1: Inicia na divisa dos estados da Bahia e Espírito Santo estendendo-se até a cidade de Valença na Bahia. Caracteriza-se como a de maior precipitação média anual, variando em torno de 1.300mm a 2.300 mm, com período de chuvas de novembro a julho.
- Região 2: Estende-se da cidade de Valença-BA até o rio São Francisco na divisa dos estados de Sergipe e Alagoas. Apresenta precipitação média anual variando de 1.050 a 1.850 mm distribuída nos meses de março a setembro.
- Região 3: Parte da divisa entre os estados de Sergipe e Alagoas e vai até a cidade de Touros no Rio Grande do Norte. A precipitação média anual, pode variar desde 1.200 até 2.300mm com período chuvoso de fevereiro a setembro.

- Região 4: Estende-se da cidade de Touros-RN até a divisa dos Estados do Ceará e Piauí. Esta região se caracteriza por apresentar baixa precipitação média anual, variando entre 500 e 1.600 mm por ano, concentrada nos meses de janeiro a julho.

Na AETC, há predominância do relevo plano a ondulado, com altitude média de 50 m a 100 m e platôs de origem sedimentar, que apresentam grau de entalhamento variável, ora com vales estreitos e encostas abruptas, ora abertos com encostas suaves e fundos com amplas várzeas (PEREIRA; CESTARO, 2012). De modo geral, os solos são profundos e de baixa fertilidade, pode-se destacar a ocorrência de Argissolos, Latossolos e Neossolos Quartzarênicos. Os solos apresentam, de forma geral, carência de nutrientes, baixa capacidade de retenção de água, alta suscetibilidade à erosão, além da ocorrência de horizontes coesos, limitantes ao desenvolvimento das plantas devido à elevada resistência à penetração pelas raízes, quando secos. –

Os dados de precipitação diária, utilizados neste estudo, foram obtidos a partir do portal Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017). Assim, considerando-se um *buffer* de 5 quilômetros nos limites internos da AETC, com a finalidade de abranger postos pluviométricos na região de transição (Agreste–Semiárido), foram obtidos 760 postos. Em seguida, elaborou-se uma rotina em R (R CORE TEAM, 2017) para realizar a seleção, considerando-se apenas os postos que dispunham de séries com mais de 30 anos de dados, menos de 20% de falhas e período recente (até pelo menos dezembro de 2015). Esta rotina procedeu ainda ao preenchimento das falhas e à análise de consistência das séries, utilizando-se, como base comparativa, o produto *Brazil Gridded Meteorological Data* (XAVIER et al., 2016). Então, após todo o processamento, foram selecionados 158 postos pluviométricos com séries históricas diárias completas para o período de 1985 a 2015. A maioria desses postos está situada na Região 4 (93), seguida pela Região 1 (29), Região 2 (20) e Região 3 (16). Na Tabela 1, podem ser visualizadas a identificação e caracterização dos postos pluviométricos considerados no estudo. Esses postos estão apresentados por região na Figura 1.

Tabela 1. Postos de registros de precipitação selecionados para estudo na AETC.

desenvolvida outra rotina em R para calcular os valores dos índices, que os padroniza pela média de cada região, em virtude de suas diferentes ordens de grandeza, e estima o coeficiente angular da reta ajustada a esses valores plotados com relação aos anos, indicando a tendência, positiva ou negativa, de aumento ou redução no valor do índice ao longo das séries. Aos grupos de coeficientes em cada região, foi aplicada a análise estatística pelo teste *t*-Student no R, com um nível de significância de 0,05, visando-se indicar a tendência predominante nos postos pluviométricos em cada região. Em seguida, foram gerados mapas de tendências dos índices para todos os postos por região por meio do SIG ArcGIS 10.1.

Tabela 2. Índices RCLIMDEX utilizados na avaliação na AETC.

Índice	Identificação	Fórmula
Rx1day	Máxima precipitação diária mensal por ano	$Rx1day_j = \max (RR_{ij})$, onde RR_{ij} é a precipitação diária no dia i no período j
Rx5day	Máxima precipitação de cinco dias consecutivo mensal por ano	$Rx5day_j = \max (RR_{kj})$, onde RR_{kj} é a precipitação de cinco dias consecutivos terminando no dia k no período j
R1mm	Número de dias com precipitação superior a 1 mm (dias úmidos) por ano	$RR_{ij} \geq 1 \text{ mm}$
R10mm	Número de dias com precipitação superior a 10 mm por ano	$RR_{ij} \geq 10 \text{ mm}$
R20mm	Número de dias com precipitação superior a 20 mm por ano	$RR_{ij} \geq 20 \text{ mm}$
CDD	Máximo número de dias secos consecutivos por ano	$RR_{ij} < 1 \text{ mm}$
CDW	Máximo número de dias úmidos consecutivos por ano	$RR_{ij} \geq 1 \text{ mm}$
SDII	Índice simples de intensidade da precipitação	$SDII_j = \frac{\sum_{i=1}^W RR_{ij}}{W}$, $RR_{ij} \geq 1 \text{ mm}$
PRCPTOT	Precipitação anual total nos dias úmidos	$PRCPTOT_l = \sum_{i=1}^W RR_{ij}$, $RR_{ij} \geq 1 \text{ mm}$

Fonte: adaptado de Alexander et al. (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3, são apresentadas as estatísticas realizadas para os índices avaliados. Considerando-se os valores máximos de precipitação diária (Rx1day) e de cinco dias consecutivos (Rx5day), verifica-se que a Região 2 (norte da Bahia e Estado de Sergipe) apresentou os maiores valores médios e de mediana (Q50%) em relação às demais regiões analisadas, indicando uma possível concentração de eventos intensos nessa região. Os menores valores médios e de mediana para os dois índices citados foram obtidos na Região 1 (sul da Bahia). Isto ocorre porque a Região 2 apresenta os maiores valores anuais de precipitação, devido a atuação de ondas de leste, frentes frias e VCAN (KOUSKY, 1979). A Região 4 é a que apresenta os menores totais climatológicos médios anuais, entretanto, esta região apresenta uma grande variabilidade interanual da precipitação e um menor período de chuvas (HASTENRATH e HELLER, 1977) o que produz chuvas mais intensas concentradas em poucos dias. Na Região 1 os totais médios anuais de chuvas são equivalentes aos da Região 3, porém as chuvas ocorrem quase ao longo de todo ano, com um pequeno período seco, enquanto, na Região 3, são mais concentradas em períodos mais curtos, mas ainda superior ao da Região 4. Portanto, os resultados obtidos estão de acordo com os regimes de chuva observados em cada Região (KOUSKY, 1980).

Tabela 3. Estatística dos Índices RCLIMDEX obtidos nas quatro regiões da AETC.

Índice	Est.	Reg.1	Reg.2	Reg.3	Reg.4	Índice	Est.	Reg.1	Reg.2	Reg.3	Reg.4	
Rx1day	Min.	31,7	37,2	31,7	34,0	CDD	Min.	11,9	14,9	15,6	57,8	
	Q25%	54,2	63,5	56,2	57,8		Q25%	18,5	23,8	29,3	118,2	
	Q50%	72,6	84,3	77,3	77,0		Q50%	24,8	33,4	42,2	149,2	
	Media	68,6	80,0	71,0	73,1		Media	23,4	30,0	37,6	152,1	
	Q75%	85,4	99,4	90,8	91,9		Q75%	29,6	40,3	50,3	180,9	
	Max.	147,4	165,4	167,8	150,4		Max.	49,6	75,4	99,4	235,1	
Rx5day	Min.	61,1	75,1	56,7	65,0	CWD	Min.	3,8	4,0	3,3	2,0	
	Q25%	102,8	118,2	103,6	106,4		Q25%	6,7	7,0	5,7	4,1	
	Q50%	132,6	158,1	137,2	138,4		Q50%	9,4	9,9	8,8	7,4	
	Media	125,4	149,1	127,0	131,4		Media	8,4	8,9	7,8	5,6	
	Q75%	157,2	188,9	157,4	162,3		Q75%	10,9	11,6	10,3	8,1	
	Max.	247,0	293,7	312,6	264,6		Max.	23,8	22,8	25,4	30,3	
R10mm	Min.	16,4	20,5	12,7	11,1	SDII	Min.	0,6	0,7	0,6	0,6	
	Q25%	29,7	31,9	26,5	22,0		Q25%	0,9	0,9	0,8	0,9	
	Q50%	36,4	38,9	33,1	31,1		Q50%	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Media	36,2	38,5	32,5	29,2		Media	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Q75%	42,7	44,1	39,6	38,8		Q75%	1,1	1,1	1,1	1,1	
	Max.	60,4	65,4	55,8	65,8		Max.	1,5	1,6	1,6	1,6	
R20mm	Min.	4,1	5,6	4,3	4,0	PRCPTOT	Min.	679,9	741,7	521,8	356,5	
	Q25%	10,6	13,1	11,0	9,9		Q25%	1010,5	1102,2	925,3	684,2	
	Q50%	14,6	17,1	15,3	15,3		Q50%	1198,9	1313,1	1149,9	984,3	
	Media	14,3	16,7	14,8	14,2		Media	1189,4	1277,6	1127,8	921,9	
	Q75%	18,2	20,6	19,3	19,7		Q75%	1374,7	1470,0	1344,0	1225,2	
	Max.	28,0	32,5	30,4	34,6		Max.	1839,7	2177,9	1964,9	2084,0	
R1mm	Min.	75,3	76,3	60,5	27,7							
	Q25%	104,7	106,0	91,6	49,2							
	Q50%	119,2	120,0	105,9	65,9							
	Media	118,5	120,4	105,3	62,0							
	Q75%	133,4	133,7	118,7	78,4							
	Max.	170,1	166,5	161,9	136,1							

O número de dias com precipitações superiores a 10 mm (R10mm) e a 20 mm (R20mm) tiveram seus maiores valores concentrados também na Região 2, correspondendo a 38,5 e 16,7 dias, em média, respectivamente. Os menores valores para esses dois índices foram observados na Região 4 (Ceará e oeste do Rio Grande do Norte), com médias de 29,2 e 14,2 dias, respectivamente, onde o clima semiárido se aproxima da faixa litorânea, predominando baixas alturas pluviométricas. Tal comportamento também foi verificado quanto ao índice R1mm, que contabiliza a ocorrência de dias úmidos, com a Região 4 apresentando, de forma geral, valores bem abaixo das demais regiões, representando a metade da média em comparação à Região 2, por exemplo. Estes valores estão em conformidade com a climatologia regional tanto em relação aos totais anuais como com a variabilidade interanual.

A consideração de períodos consecutivos de dias secos, representada pelo índice CDD, ressaltou a criticidade na disponibilidade de precipitações na Região 4, em que os valores se mostraram muito superiores às outras regiões, atingindo, em média, a ordem de cinco vezes mais, por exemplo, com valor de 152,1 dias secos contra 23,4 dias secos, se comparada à Região 1.

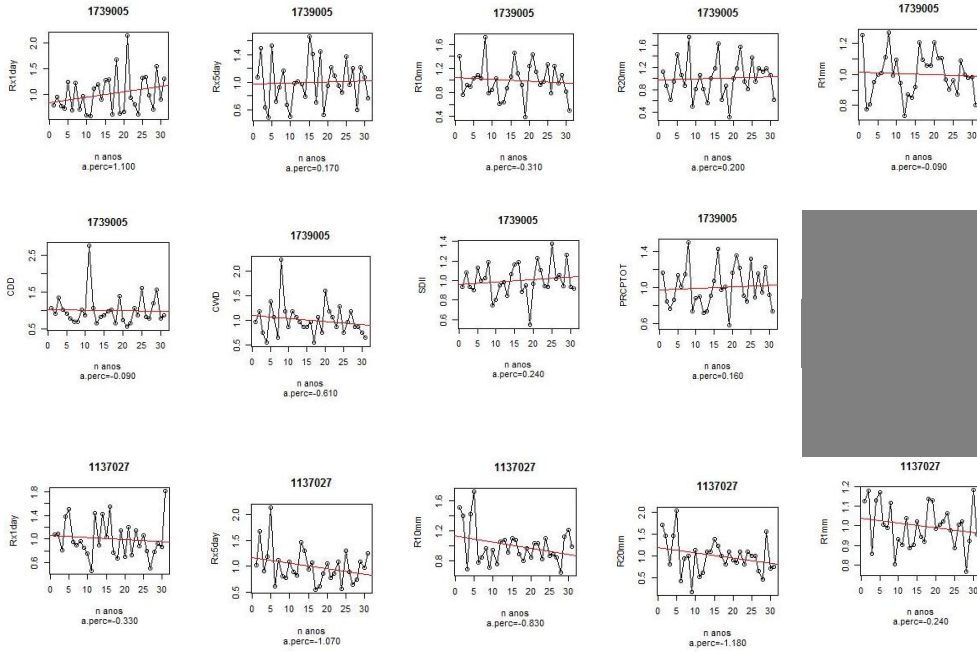
Os dias úmidos consecutivos (CWD) corrobora o comportamento apresentado pelo índice anterior, uma vez que apresentou os menores valores médio (5,6 dias) e de mediana (7,4 dias) para a Região 4, as demais regiões mostraram-se próximas quanto a esse índice, com pequena redução para a Região 3. Usando dados de reanálise do ERA-Interim, Silva Júnior (2010) obteve resultados semelhantes.

O índice SDII, que representa a intensidade simples das precipitações, não apresentou diferenças entre as regiões. Tal fato pode estar relacionado à ocorrência de maiores volumes em regiões com maior número de dias úmidos, contrabalanceando com regiões de volumes menores que, no entanto, ocorrem em períodos mais curtos, aproximando assim os valores das intensidades médias.

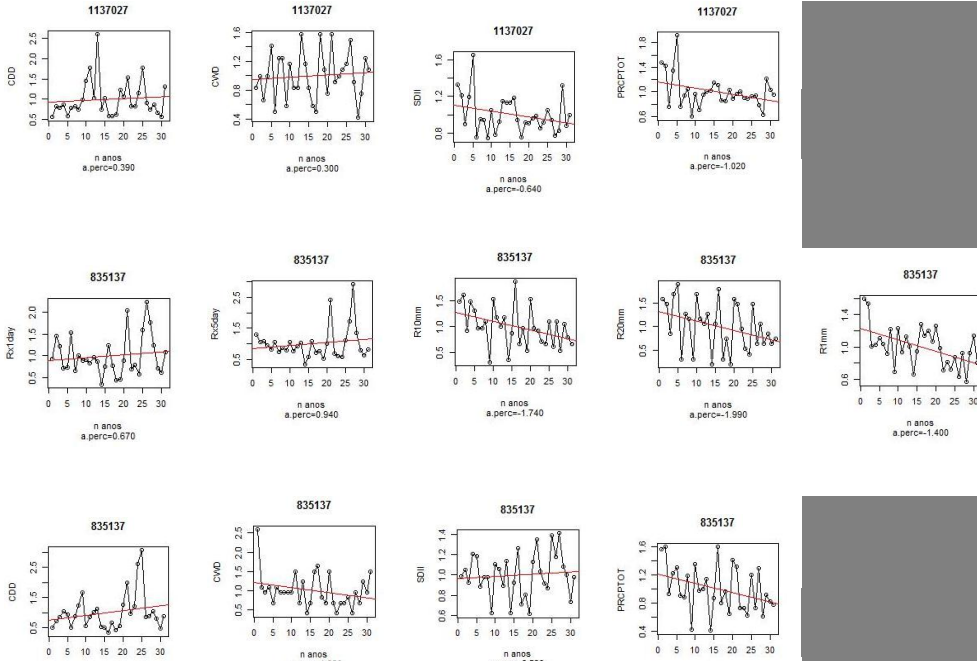
O índice PRCPTOT, que se refere aos totais anuais precipitados nos dias úmidos, seguiu a tendência de outros índices, como R10mm e R1mm, com volumes menores na ordem de 30%, em média, para a Região 4 em relação às demais. Para todos os índices analisados os resultados obtidos, no geral, acompanharam a climatologia da precipitação regional, tanto em valores médios como de dispersão.

Ajustadas as linhas de tendência às series históricas de cada posto pluviométrico e calculados os coeficientes angulares, esses coeficientes foram utilizados como parâmetro comparativo entre os postos e como forma de sintetizar o comportamento geral de cada região analisada. Na Figura 2, são mostrados exemplos dos gráficos elaborados pelo R para os postos avaliados com a inserção das linhas de tendência para diferentes índices. Abaixo de cada gráfico é apresentado o valor do coeficiente angular correspondente em porcentagem. De posse dos valores de tendências individuais dos postos representadas pelos coeficientes angulares padronizados, foi aplicado o teste *t*-Student aos grupos de postos de cada região, visando-se indicar a tendência com significância estatística predominante. Na Tabela 4, estão apresentados os resultados obtidos.

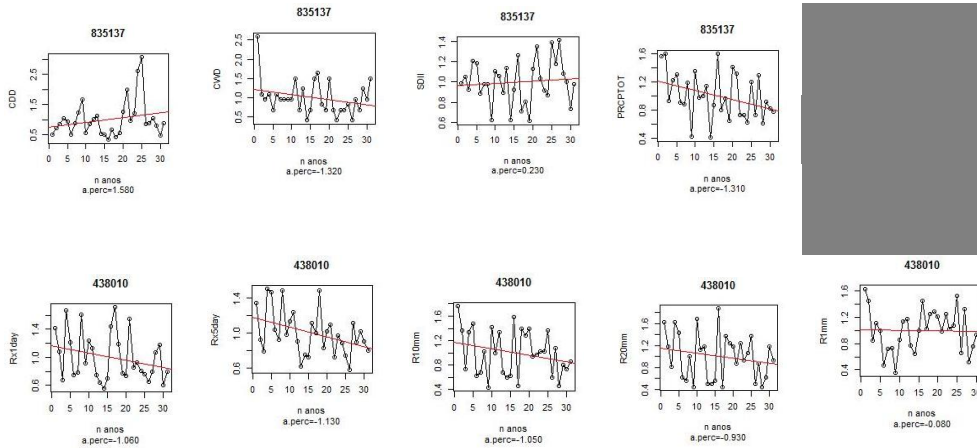
Região
1



Região
2



Região
3



Região
4

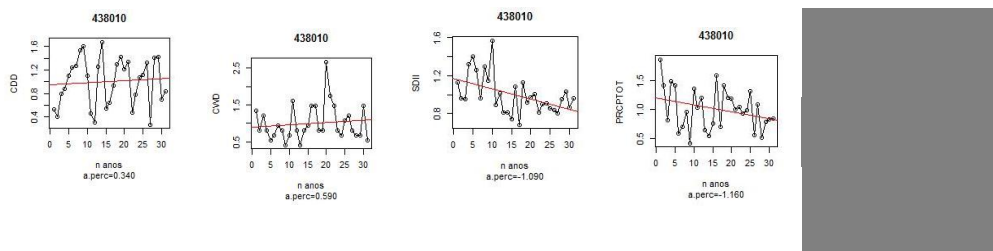


Figura 2. Gráficos exemplos da variação dos índices padronizados pela média por ano com ajuste de linha de tendência e determinação do coeficiente angular em porcentagem. Região 1 – posto 1739005, Região 2 – posto 1137027, Região 3 – posto 835137 e Região 4 – posto 438010. (postos selecionados na porção central de cada região),

Para o índice Rx1Day, verifica-se que, apenas na Região 4 (CE e oeste do RN), a tendência de redução desse índice foi predominante entre os postos avaliados. Já para o período de cinco dias (Rx5Day), essa tendência de redução mostrou-se estatisticamente significativa também para a Região 4. Porém, para a Região 3 (AL, PE, PB e leste do RN), o índice citado mostrou aumento na maioria dos postos pluviométricos, apontando para possíveis intensificações dos volumes precipitados na duração de cinco dias. Tendência essa que tem influência direta sobre os processos hidrossedimentológicos, por exemplo, podendo provocar o aumento nos processos erosivos nas bacias hidrográficas e conseqüentemente no carreamento de sedimentos aos corpos hídricos. Estes resultados concordam com as conclusões do Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas), que informa que em cenários de mudanças climáticas as áreas do Nordeste da América do Sul tende a ter menores volumes de precipitação, porém com intensificação de extremos climáticos (IPCC, 2013).

Os índices R10mm e R20mm apresentaram comportamentos semelhantes, com indicativo de significância estatística para a redução dos volumes precipitados nos postos acima desses limites em todas as regiões. As diferenças entre os valores de *t* na Tabela 4, para um mesmo índice, não podem ser comparadas entre si em virtude da variação nos tamanhos das amostras em cada região, apontando, sim, para a necessidade de maiores investimentos em redes de monitoramento principalmente nas regiões 1, 2 e 3.

O índice da quantidade de dias úmidos por ano (R1mm) mostrou uma tendência com significância estatística para redução apenas nas regiões 2 (norte da BA e Estado de SE) e 4; cenário esse preocupante, principalmente para os estados do CE e RN, onde os volumes anuais já são inferiores às demais regiões. Maior criticidade que a redução nos volumes precipitados refere-se ao aumento no número de dias secos consecutivos (CDD), extremamente prejudicial para muitas culturas agrícolas e para o suprimento de reservatórios. O referido índice mostrou significância estatística de aumento nos postos das regiões 1, 2 e 4.

Tabela 4. Valores de *t* para o teste *t*-Student considerando os coeficientes angulares das linhas de tendência dos postos localizados nas quatro regiões avaliadas na AETC.

	Rx1Day	Rx5Day	R10mm	R20mm	R1mm	CDD	CWD	SDII	PRCPTOT
Região 1	-0.960	-0.519	-2.825	-3.651	-0.194	2.280	-0.209	-2.471	-3.484
Região 2	0.373	-1.278	-6.177	-4.873	-2.151	2.293	-2.052	-1.305	-5.847
Região 3	1.650	-2.539	-4.389	-1.960	-1.506	-1.554	-2.290	-0.956	-2.700
Região 4	-2.364	-5.292	-19.959	-13.103	-10.319	4.797	-7.402	0.041	-19.551

*Valores em negrito mostraram-se significativos ($p < 0,05$).

Com relação ao índice CWD, que quantifica o número de dias úmidos consecutivos, os resultados apontam significância para redução de seus valores nos postos localizados nas regiões 2, 3 e 4, o que acrescido à interpretação anterior sobre o CCD, amplia a probabilidade de ocorrência de efeitos negativos sobre as atividades que dependem das chuvas nessas regiões.

O índice SDII, que se refere à intensidade média simples das precipitações anuais, apresentou significância estatística apenas quanto à redução em seus valores para os postos da Região 1. Os totais precipitados em dias úmidos ao ano (PRCPTOT) apresentaram redução com significância estatística em todas as regiões, indicando que para todas as amostras de postos por região houve uma predominância de tendências negativas. Ressalta-se que Silva Junior (2010) utilizando dados de reanálise do ERA-Interim obteve resultados semelhantes aos desta pesquisa. Isto de certa forma mostra consistência dos valores encontrados na presente pesquisa.

A avaliação do comportamento das tendências observadas nos postos pluviométricos, nas diferentes partes que compõe cada uma das regiões, está apresentada na forma de mapas de pontos na Figura 3. Para tanto, foi criada uma classificação com três classes para os postos quanto à tendência de cada índice: “redução”, “estável” e “aumento”. Estas classes foram definidas após a avaliação dos valores de todos os coeficientes angulares adimensionais, buscando-se selecionar limites. Assim, convencionou-se, após vários testes, que o intervalo localizado entre -0,25% e 0,25% seria o mais indicado para classificar um posto sem variação significativa, ou seja, seria classificado como “estável”. Postos com coeficientes situados abaixo de -0,25% indicariam “redução” e acima de 0,25%, “aumento”. Maior detalhamento poderia ser efetuado de forma a separar postos com indicativos de tendências mais críticas que outros dentro das classes, no entanto, a definição dos limites adequados a todos os índices demandaria análises mais aprofundadas; assim, para efeito deste estudo, esta classificação em três classes mostrou-se adequada.

Analisando-se o comportamento espacial das tendências do índice Rx1Day (Figura 3 (a)), pode ser observada uma grande variabilidade de classes em todas as regiões, apenas com uma predominância maior de postos classificados como “redução” na Região 4, localizados principalmente na porção interior do Estado do Ceará, próximos aos limites internos da AETC nessa região.

A variabilidade entre as regiões pode ser atribuída possivelmente aos diferentes sistemas climáticos que atuam na porção norte e nordeste da região Nordeste do Brasil como, por exemplo, na parte norte do Nordeste tem-se a atuação a ZCIT e VCAN, e em casos isolado a ondas de leste, enquanto, na parte sul os sistemas mais ativos são as frentes frias e seus remanescentes, ondas de leste e VCAN, quando associado à frente fria (KOUSKY, 1979, KOUSKY, 1980 E KOUSKY e GAN, 1981). Os índices R10mm e R20mm, apresentados nas Figuras 3 (c) e (d), mostraram tendência predominante de redução em todas as áreas das regiões avaliadas, com baixa variabilidade de classes. A ocorrência de efeitos inversos em alguns postos pluviométricos pode ser justificada pela característica altimétrica distinta do posto ou ainda pela existência de microclimas locais, como os decorrentes de áreas urbanas, por exemplo, alterando a ocorrência dos eventos chuvosos em comparação aos demais postos na região.

O índice R1mm (Figura 3 (e)) apresentou-se também com variabilidade espacial alta, principalmente na Região 1, onde não há preponderância de uma tendência sobre as demais. Para as regiões 2 e 4, percebe-se um domínio de postos classificados como “redução”, espalhados aleatoriamente nas diversas porções dessas regiões. Na Região 3,

postos pluviométricos classificados como “redução” para R1mm situaram-se principalmente nos estados de PE e PB.

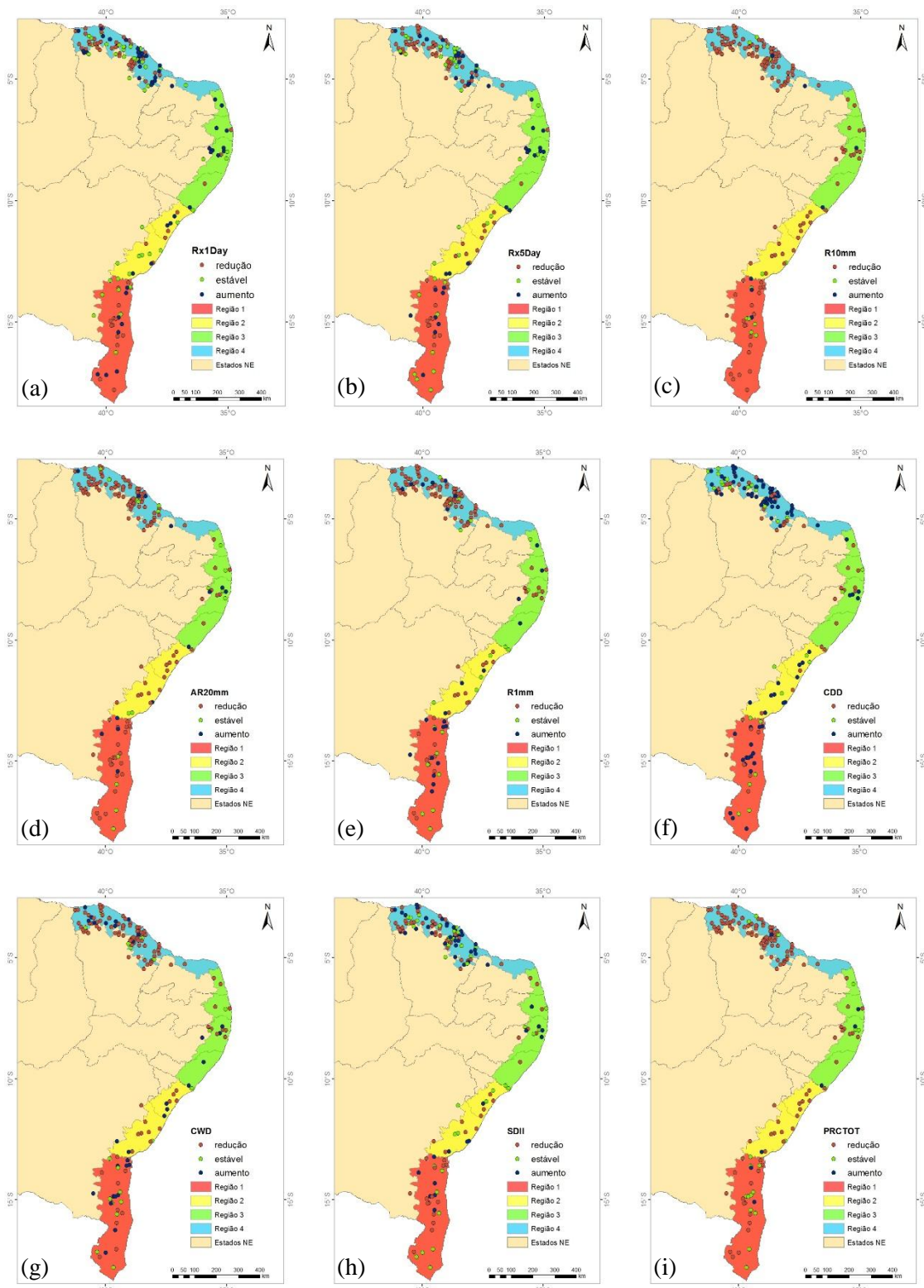


Figura 3. Distribuição espacial das tendências dos índices avaliados nos postos pluviométricos na AETC: (a) Rx1Day, (b) Rx5Day, (c) R10mm, (d) R20mm, (e) R1mm, (f) CDD, (g) CWD; (h) SDII e (i) PRCPTOT.

A quantidade de dias secos consecutivos ao ano (CDD) nos postos, mostrada na Figura 3 (f), apresentou predominância da classe “aumento” nas regiões 1, 2 e 4, principalmente nos postos situados na porção interna da AETC dessas regiões, onde há a presença de áreas de Agreste e de transição para o Semiárido.

Nas regiões 2, 3 e 4, para o índice CWD, que contabiliza dias úmidos consecutivos ao ano, a maioria dos postos pluviométricos foi classificada como “redução”, sem haver indicação de domínios sobre determinadas porções destas regiões. Apenas na Região 1 houve um equilíbrio entre os postos nas três classes para CWD (Figura 3 (g)).

O índice SDII foi o que apresentou maior variabilidade de classes, principalmente nas regiões 2, 3 e 4, com muitos postos classificados como “estável”, como pode ser observado na Figura 3 (h). Na Região 1 houve uma predominância da classe “redução” sobre as demais para esse índice, principalmente com relação aos postos situados na porção interna da AETC dessa região.

A avaliação do índice PRCPTOT mostrou que, de forma geral, a maioria dos postos pluviométricos foi classificada como “redução”, distribuídos em todas as partes das regiões analisadas. Há que se ressaltar que, na parte intermediária da Região 1, vários postos foram classificados como “estável”, apontando para um comportamento específico em uma área dessa região, o que deve ser fruto de investigações futuras.

CONCLUSÕES

Os índices de mudança climática aplicados aos dados de precipitação nos postos pluviométricos das regiões que compõem a Área de Atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros (AETC) mostraram diferenças significativas nas características das chuvas nas quatro regiões analisadas;

A metodologia proposta de avaliação das tendências nos índices mostrou-se efetiva na interpretação das mudanças nas precipitações segundo as séries históricas disponíveis para a região do estudo.

A maioria das regiões da AETC apresenta tendências de redução nos volumes precipitados.

A Região 4, composta pelo Estado do Ceará e parte oeste do Rio Grande do Norte, apresentou índices com tendências mais críticas considerando a disponibilidade de chuvas.

Apenas os índices R10mm, R20mm e PRCPTOT mostraram significância estatística nas tendências de redução para todas as quatro regiões da AETC.

A análise espacial permitiu avaliar que postos pluviométricos com tendências de maior criticidade nos índices, do ponto de vista de disponibilidade de chuvas, situaram-se, em grande parte, na porção interior da AETC, próximos à zona de transição com o Semiárido do Nordeste do Brasil (NEB).

Recomenda-se mais estudos nessa faixa do NEB em virtude da dificuldade de compreensão do comportamento climático frente aos diversos sistemas que ali atuam.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, L.V., ZHANG, X., PETERSON T.C., CAESAR J. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **J. Geophys. Res.**, v.111, p. 1-22, 2006.

ANA. **Sistemas de Informações Hidrológicas – HIDROWEB**. Agência Nacional de Águas. 2017. Disponível em: <http://www.hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 03 abr. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mudanças climáticas e suas implicações para o Nordeste**. Brasília: MMA, 2005. 232 p.

EMBRAPA. Relatório final dos trabalhos executados pela Comissão da O.S. N° 09/2014 - **Delimitação da área de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju, 2014.

FERREIRA, A.G., MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 1, n. 1., p.15-28, 2005.

HASTENRATH, S., HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in north-east Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 110, p. 411-425, 1977.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normais>. Acesso em Mai, 2017.

KOUSKY, V. E. Frontal Influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v.107, p. 1140-1153, 1979.

KOUSKY, E. V. Diurnal rainfall variation in northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 108, p.488-498, 1980.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v. 36, n. 6, p. 538-551, 1981.

MARENGO, J.A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.

PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Mudanças ambientais de curto e longo prazo: projeções, reversibilidade e atribuição. In: **Primeiro Relatório de Avaliação Nacional**. Brasília, 2016. p. 320-346.

PEREIRA, V.H.C.; CESTARO, L.A. A unidade geoambiental Tabuleiro Costeiro e o planejamento municipal: o caso de Senador Gorgino Avelino/RN. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.3, n.4, p. 390-401, 2012.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Version 3.2.2. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: Abr. 2017.

SILVA JUNIOR. Índices de monitoramento e detecção de mudanças climáticas na parte Norte do Brasil. 2010. 105f. **Dissertação** (Mestrado em Meteorologia). Centro de Tecnologia em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2010.

XAVIER, A.C., KINGB, C.W., SCANLONC, B.R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **Int. J. Climatol.** , v. 36, n. 6, p.2644-2659, 2016.

CHANGING PLANTING DATE OF GLADIOLA IN FUTURE CLIMATE SCENARIOS ON SOUTHERN BRAZIL

Camila Coelho Becker¹, Lilian Osmari Uhlmann², Darlan Balest³, Rômulo Pulcinelli Benedetti⁴, Nereu Augusto Streck⁵

¹Aluna de Doutorado no PPG Engenharia Agrícola, E-mail: camilabecker07@hotmail.com ² Aluna de Doutorado no PPG Agronomia, E-mail: uhlmannlilian@gmail.com ³ Aluno de graduação em Agronomia, E-mail: darlanbalest@gmail.com ⁴ Graduado em Ciência da Computação, E-mail: rbenedetti@inf.ufsm.br

⁵ Orientador: Professor Associado, E-mail: nstreck2@yahoo.com.br *Universidade Federal de Santa Maria, Depto de Fitotecnia, Santa Maria, Rio Grande do Sul

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the anomalies of the optimum planting date of gladiola in order to harvest spikes on All Souls' Day in CMIP5 scenarios for the Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. The PhenoGlad model and climate scenarios RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5 was used for simulated the days of occurrence of major developmental stages as well as simulates damages caused by both high and freezing temperatures on spike. The optimum planting date in the future period (2070-2098) was presented as anomalies calculated from the difference between the optimum planting dates in each year in the future period and average optimum planting date in the baseline period (1976-2005) for each grid point and maturation group. The percentage of years with damage was also presented as anomalies. The results indicate that there is a delay in the optimum planting date for harvesting on All Souls' Day, across the Rio Grande do Sul State. Coldest regions showed the greatest positive anomalies. Injuries by heat on spikes reach up 70% of years in the warmest regions for scenario RCP8.5. Therefore, the south and east regions were more favored in the scenario RCP8.5 due to less occurrence of injuries by heat.

KEY-WORDS: PhenoGlad, climate change, spike quality.

MUDANÇA NA DATA DE PLANTIO DE GLADIÓLO EM CENÁRIOS CLIMÁTICOS FUTUROS NO SUL DO BRASIL

RESUMO: O objetivo desse estudo foi determinar as anomalias de data ótima de plantio de gladiolo visando comercialização das hastes florais no Dia de Finados nos cenários climáticos do CMIP5 para o Rio Grande do Sul. O modelo PhenoGlad e os cenários climáticos RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5 foram usados para simular o desenvolvimento da cultura e a ocorrência de danos por altas e baixas temperaturas nas hastes florais. A data ótima de plantio no período futuro (2070-2098) foi apresentada como anomalias calculada pela diferença entre a data ótima de plantio em cada ano no período futuro e a média da data ótima de plantio no período baseline (1976-2005), para cada ponto de grade e ciclo da cultura. A porcentagem de anos com danos também foi apresentada como anomalias. Os resultados indicam que há um atraso na data ótima de plantio para colheita em Dia de Finados, em todo o Rio Grande do Sul. As regiões mais frias apresentaram as maiores anomalias positivas. Injúrias nas espigas por calor atingiu 70% dos anos nas regiões mais quentes para o cenário RCP8.5. Portanto, as regiões sul e leste foram as mais favorecidas no cenário RCP8.5 devido a menor ocorrência de danos por calor.

PALAVRAS-CHAVE: PhenoGlad; mudança climática; qualidade da espiga.

INTRODUÇÃO

The increase of greenhouse gases in the atmosphere is a major forcing for increasing global surface temperature. Several studies have shown that air temperature influences the duration of the developmental cycle (WANG et al., 2015; CHEN et al., 2016) and crop yields (GROSSI et al., 2013; WALTER et al., 2014). These studies suggest shifting the sowing date in order to reduce the yield loss caused by an increase in temperature (ALEXANDROV; HOOGENBOOM, 2000).

For ornamental crops, changes in temperature may cause major losses because the market requires that flowering of these plants must occur within a rather narrow time window (SNIPEN et al., 1999; MUNIR et al., 2015), so that plants that are not in flower prior to peak demand are not marketable (FISHER; LIETH, 2000). Gladiola is a cut flower, cultivated under field conditions and marketed on All Souls' Day. Therefore, farmers schedule gladiola flowering for target markets by defining the optimum planting date.

Crop simulation models are important tools for determining the optimum planting date (SOLER et al., 2008; ANDARZIAN et al., 2015) and in studies on the impact of climate change on agricultural crops (GROSSI et al., 2013; WALTER et al., 2014). For gladiola, there is the PhenoGlad model (UHLMANN et al., 2017). The objective of this study was to determine the optimum planting date of gladiola in order to market on All Souls' Day in CMIP5 scenarios for the Rio Grande do Sul State, Southern Brazil.

MATERIAL E MÉTODOS

This study was performed for the State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil, located between latitudes 27° and 34°S and longitudes 49° e 58°W. The PhenoGlad model (UHLMANN et al., 2017) was used to simulate the development of gladiola. In PhenoGlad, phenology is simulated starting at planting. The developmental stage (DVS) is calculated by accumulating the daily developmental rate values, using daily mean air temperature, with the approach by Wang and Engel (1998). In addition to simulating the development of the crop, the PhenoGlad model was used to simulate the occurrence of crop injuries. Three scenarios (RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5) from the Assessment Report Fifth (AR5) of the IPCC (IPCC, 2013) were used, totaling 32 grid points across the Rio Grande do Sul State.

For each year and each maturation group, the optimum date of planting was simulated in order to have plants with the first florets showing the characteristic color of the cultivar, R2 stage of the Schwab et al. (2015) scale, three days before the holiday All Souls' Day (2 November). Once planting date were simulated for each holiday, grid point and maturation group, with all years, the planting date were averaged for baseline period to assess the optimum planting date of gladiola. The optimum planting date in the future period (2070-2098) was presented as anomalies calculated from the difference between the optimum planting dates in each year in the future period and average optimum planting date in the baseline period for each grid point and for each maturation group. The occurrence of crop killed by frost and heat, spike killed by frost and heat injuries were verified and the percentage of years with damages for each grid point, gladiola maturation group and climatic scenario was calculated as anomalies. For a better view of the spatial distribution of anomalies of optimum planting dates and percentage of years with damage for all climatic scenarios, maps were generated using a

geographical information system, Quantum GIS (QGIS). The variables were spatialized by the inverse distance weighted (IDW) interpolation method.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

The greatest anomalies of planting date occurred in RCP8.5 (Figure 1). The most of Rio Grande do Sul presents positive anomalies from +20 to +25 days in Early, Intermediate I and II, and +25 to +30 in Late maturation group and can reach +55 days in Late maturation group in the northeast region. The coolest regions of the State (northeast) show the greatest positive anomalies in the planting date due to the temperatures are closer to the optimum temperature of the crop, considered 27°C for vegetative phase and 25°C for reproductive phase, in the climatic scenarios. The scenario RCP8.5 presents the highest values of average air temperature, therefore presents the highest positive anomalies (+55 days) in the optimum planting date in these regions (Fig. 1d).

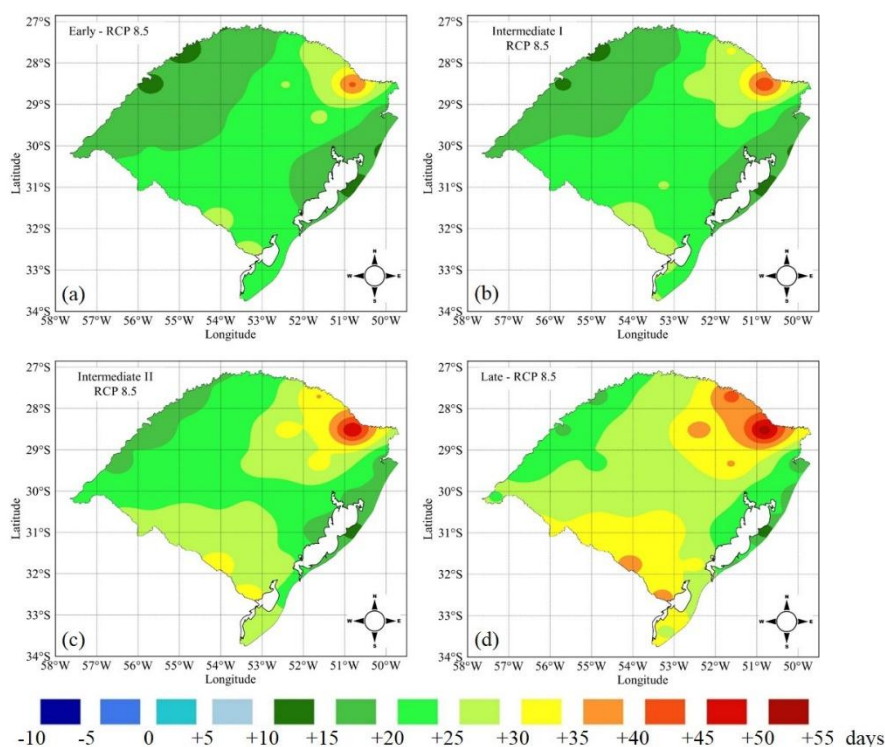
The delay in the optimum planting date, in both climate scenarios is a consequence of the rising average air temperature that occurs in all regions of Rio Grande do Sul State. A shorter crop cycle is motivated by temperature rise (ADIL et al., 2013; SCHWAB et al., 2015), therefore the delay of planting date is necessary to schedule the production for the All Souls' Day. Similar results were found for *Antirrhinum majus* L. (MUNIR et al., 2015), *Brunonia australis* and *Calandrinia* sp. (CAVE et al., 2013) which had the anticipated flowering with the increase of the temperature.

The anomalies of damage by heat reached +70% in the west of Rio Grande do Sul State for the Late maturation group in the scenario RCP8.5 and in the others gladiola maturation groups reached +60%. The lowest anomalies were +10% and occurred in the South and Southeast of the State. The scenario RCP8.5 was also considered the most damaging to winter wheat in Australia, because the lower frequency of cold days affects the process of vernalisation (WANG et al., 2015). The south and east regions are more favored in the scenario RCP8.5 due to less occurrence of injuries by heat. A similar result was observed for rice in Rio Grande do Sul State, which had better conditions for cultivation in the South region due to the reduction of damages caused by the low temperatures, while in the western region the increase in temperature intensifies the spikelet sterility (WALTER et al., 2014).

CONCLUSÕES

The planting date of gladiola was delayed for harvesting on All Souls' Day in both scenarios, reach up 55 days more late in scenario RCP8.5 for coldest regions. The production of gladiolus to target sale on All Souls' Day was greatly affected by climate change due to the greater occurrence of injuries by heat, mainly in the warmest region indicating that alternatives should be considered to make feasible the production at these locations.

Figure 1. Anomalies in optimum planting date for harvesting gladiola on All Souls' Day in the Rio Grande do Sul State, Brazil, as simulated with the PhenoGlad model in the scenario RCP8.5 (2070-2098) for different gladiola maturation groups: Early (a), Intermediate I (b), Intermediate II (c) and Late (d).



REFERÊNCIAS

ADIL, M. et al. Effect of different planting dates on growth and development of *Gladiolus grandiflorus* under the ecological conditions of Faisalabad, Pakistan. **Universal Journal of Agricultural Research**, v. 1, n. 3, p. 110-117, 2013.

ALEXANDROV, V.A.; HOOGENBOOM, G. The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 104, n. 4, p. 315-327, 2000.

ANDARZIAN, B. et al. Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-Wheat model. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 2, p.189-199, 2015.

CAVE, R.L. et al. Modeling temperature, photoperiod and vernalisation responses of *Brunonia australis* (Goodeniaceae) and *Calandrinia* sp. (Portulacaceae) to predict flowering time. **Annals of Botany**, v. 111, n. 4, p. 629-639, 2013.

CHEN, P.-A. et al. Temperature model of litchi flowering - From induction to anthesis. **Scientia Horticulturae**, v. 205, p. 106-111, 2016.

FISHER, P.R.; LIETH, J.H. Variability in flower development of Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.): model and decision-support system. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 26, n. 1, p. 53-64, 2000.

GROSSI, M.C. et al. Modeling the impact of global warming on the sorghum sowing window in distinct climates in Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 51, p. 53-64, 2013.

IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013, 1535 p.

MUNIR, M. et al. Effect of constant temperatures and natural daylength on flowering time and leaf number of *Antirrhinum* using the photo-thermal model. **Pakistan Journal of Botany**, v. 47, p. 1717-1720, 2015.

SCHWAB, N.T. et al. A phenological scale for the development of *Gladiolus*. *Annals of Applied Biology*, v. 166, n. 3, p. 496-507, 2015.

SOLER, C.M.T. et al. Determining optimum planting dates for pearl millet for two contrasting environments using a modelling approach. *Journal of Agricultural Science*, v. 146, p. 445-459, 2008.

SNIPEN, L.G.; MOE, R.; SORENG, J. Influence of potential growth factors in predicting time to flowering in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*). *Scientia Horticulturae*, v. 81, p. 345-359, 1999.

UHLMANN, L.O. et al. PhenoGlad: A model for simulating development in *Gladiolus*. *European Journal of Agronomy*, v. 82, p. 33-49, 2017.

WANG, B. et al. Impact of climate change on wheat flowering time in eastern Australia. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 209, p. 11-21, 2015.

WALTER, L.C. et al. Mudanças climáticas e seus efeitos no rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, p. 915-924, 2014.

WANG, E.; ENGEL, T. Simulation of phenological development of wheat crops. *Agricultural Systems*, v. 58, p. 1-24, 1998.

CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE CEBOLA SUBMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS E CONCENTRAÇÕES DE CO₂

Juliane Rafaela Alves Barros¹, Maydara Thaylla Cavalcanti Rêgo², Francislene Angelotti³, Nivaldo Costa Duarte⁴, Barbara França Dantas⁵

¹Doutoranda em Recursos Genéticos Vegetais, UEFS, Feira de Santana, Bahia, juliane-ab@hotmail.com; ²Graduanda em Ciências Biológicas, UPE, Petrolina, Pernambuco, maydara.rego@hotmail.com; ³Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, francislene.angelotti@embrapa.br; ⁴Pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, nivaldo.duarte@embrapa.br; ⁵Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, bfdantas@embrapa.br

RESUMO: O clima é um fator determinante para agricultura, e devido à mudança climática, torna-se cada vez mais importante a compreensão dos possíveis impactos sobre o crescimento das plantas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial de plântulas de cebola submetidas a diferentes temperaturas e concentrações de CO₂. O experimento foi conduzido em câmaras de crescimento com controle de temperatura, fotoperíodo e CO₂, utilizando sementes de cebola da cultivar Alfa São Francisco. As sementes foram plantadas em bandejas, sendo utilizado 4 repetições de 36 sementes, em arranjo fatorial de 3x2 (temperatura x concentração de CO₂). O aumento da concentração de CO₂ e da temperatura proporcionaram uma redução no crescimento e no peso fresco das plântulas de cebola.

PALAVRAS-CHAVE: *Allium cepa* L., mudanças climáticas; dióxido de carbono

INITIAL GROWTH OF ONION SEEDS SUBMITTED AT DIFFERENT TEMPERATURES AND CO₂ CONCENTRATIONS

ABSTRACT: Climate is a determining factor for agriculture, and due to climate change, understanding of possible impacts on plant growth becomes increasingly important. In this way, the objective of this work was to evaluate the initial growth of onion seedlings submitted to different temperatures and concentrations of CO₂. The experiment was conducted in growth chambers with temperature control, photoperiod and CO₂, using onion seeds of the cultivar Alfa São Francisco. The seeds were planted in trays, using 4 replicates of 36 seeds, in a factorial arrangement of 3x2 (temperature x CO₂ concentration). Increasing CO₂ concentration and temperature provided a reduction in growth and fresh weight of onion seedlings.

KEY-WORDS: *Allium cepa* L., climate changes; carbon dioxide

INTRODUÇÃO

A importância da interação entre o clima e a produção agrícola é milenar (ORTOLANI; TARIFA, 1978). E, devido às mudanças climáticas, esta interação tem gerado uma preocupação a nível mundial, pois apesar dos avanços tecnológicos, ainda existem impactos negativos do clima sobre a produtividade das culturas (SANTOS, 2011). A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das hortaliças mais produzidas no mundo e se destaca pelo volume de produção, pelo consumo e valor econômico (OLIVEIRA et al., 2013). No Brasil essa cultura tem uma grande importância socioeconômica, gerando emprego e renda (EL BALLA et al., 2013). O clima pode influenciar na produção de cebola, afetando o crescimento das plantas nas diferentes fases da cultura. Nesse sentido, Yoon et al. (2009) relataram a importância de estudos sobre a interação dos efeitos de concentração de CO₂ e da temperatura ao longo do ciclo de cultivo. Estudos

mostram que temperaturas entre 20 a 25°C é favorável à germinação e desenvolvimento da cebola (GIORIA et al., 2011) e que o incremento de CO₂ proporciona um aumento de 29 a 51 % em sua produção (DAYMOND et al., 1997). Contudo, compreender a resposta linear e não linear do crescimento e desenvolvimento das plantas submetidas a altas concentrações de CO₂ sob baixa ou alta temperatura pode prover uma predição mais detalhada do comportamento da cultura em determinada condição ambiental.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial de plântulas de cebola submetidas a diferentes temperaturas e concentrações de CO₂.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em câmaras de crescimento, tipo Fitotron, na Embrapa Semiárido Petrolina-PE. Foram utilizadas sementes de cebola da cultivar Alfa São Francisco, plantadas em bandejas de plástico contendo substrato comercial, em um arranjo fatorial de 3x2 (temperatura x concentração de CO₂), sendo utilizadas 4 repetições de 36 sementes. Foram utilizados três regimes de temperaturas: a) regime T°1: 18-24-30°C (18 °C: no horário de 20h às 6h; 24 °C: no horário de 6h às 10h e 30 °C: no horário das 10h as 15h; 24°C: no horário de 15h as 20h); b) regime T°2: 22-28-34°C (22°C: no horário de 20h as 6h; 28°C: no horário de 6h as 10h; 34°C: no horário de 10h as 15h; 28°C: no horário de 15h as 20h) e c) regime T°3: 26-32-38°C (26 °C: no horário de 20h às 6h; 32 °C : no horário de 6h às 10h e 38 °C: no horário das 10h as 15h; 26°C: no horário de 15h as 20h) e duas concentrações de CO₂ (770 ppm e 390 ppm). Após 15 dias de sementeiras, dez plântulas de cada repetição foram retiradas das bandejas, medidas e em seguida realizada a pesagem do material para a obtenção do peso fresco. Posteriormente, as plântulas foram acondicionadas em estufa a 65°C, por um período de três dias, para obtenção do peso seco. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando o programa ASSISTAT Versão 7.7 beta (SILVA, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a interação temperatura x CO₂ foi significativa para o comprimento (C) e para o peso fresco (PF) de plântulas de cebola da cv. Alfa São Francisco (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores de Comprimento (C), Peso Fresco (PF) e Peso Seco (PS) de plântulas da cultivar de cebola Alfa São Francisco submetidas a diferentes temperaturas (T°1:18-24-30°C; T°2: 22-28-34°C; T°3: 26-32-38°C) e concentração de CO₂ (390ppm e 770ppm).

Fonte de Variação	QM			
	GL	C	PF	PS
Temperatura (T°)	2	71,81**	0,49**	0,01**
CO ₂	1	11,77**	0,02ns	0,0001ns
T x CO ₂	2	11,94**	0,22**	0,0004ns
Tratamento	5	35,85**	0,29**	0,0058**
Resíduo	18	1,97	0,01	0,00015
CV (%)	-	8,54	11,6	10,59

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo, ** significativo ao nível de 1% de probabilidade, * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Para o comprimento das plântulas, foi observado que o aumento da concentração de CO₂ (770 ppm) associado ao aumento da temperatura (26-32-38°C), proporcionou uma redução no crescimento das plântulas de cebola (Tabela 2), com média de 11,19 cm

em 770 ppm e 15,13 cm em 390 ppm de CO₂. O maior peso fresco foi observado nas plântulas mantidas nas temperaturas de 18-24-30°C e na concentração de 770 ppm de CO₂. Foi observado também, que tanto o aumento da temperatura como o incremento da concentração de CO₂ proporcionaram um menor peso fresco das plântulas, com uma média de 0,53g.

Tabela 2. Comprimento (cm) e Peso Fresco (g) de plântulas de cebolas submetidas a diferentes submetidas a diferentes temperaturas (T°1: 18-24-30°C; T°2: 22-28-34°C; T°3: 26-32-38°C) e níveis de CO₂ (390ppm e 770ppm).

Regimes de temperatura	Concentração de CO ₂ (ppm)			
	Comprimento (cm)		Peso Fresco (PF)	
	770 ppm	390 ppm	770 ppm	390 ppm
T°1	17,55aA	16,62 bA	1,27 aA	0,95 bB
T°2	18,45aA	19,64 aA	0,95bB	1,20 aA
T°3	11,19bB	15,13 bA	0,53 cB	0,79 bA
CV (%)	8,54		11,60	

*Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Costa et al. (2015), avaliando o crescimento de diferentes cultivares de cebola, observaram que a cv. Alfa SF, quando comparada às demais cultivares avaliadas, obteve um maior comprimento da parte aérea quando submetida a 770 ppm de CO₂ em temperatura de 25°C, com uma média de 11,03 cm de comprimento. Em plântulas de melancia, o comprimento da parte aérea também foi favorecido pelo aumento da temperatura e da concentração de CO₂ (SILVA et al., 2011). Neste trabalho, não houve interação significativa entre a temperatura e a concentração de CO₂ para variável massa seca, porém avaliando isoladamente, observa-se que o peso seco foi influenciado pelas diferentes temperaturas, obtendo maior valor médio quando mantido em regime de 22-28-34°C (Figura 1).

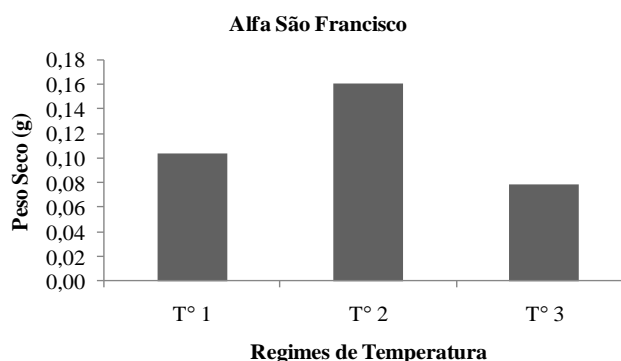


Figura 1. Peso da massa seca de plântulas de cebola da cultivar Alfas São Francisco (SF) submetidas a diferentes temperaturas (T°1:18-24-30°C; T°2: 22-28-34°C; T°3: 26-32-38°C).

Segundo Curtis et al. (1990), a taxa de crescimento das plantas é aumentada em ambientes com alta concentração de CO₂, devido ao fechamento dos. O estímulo da fixação de carbono por meio da fotossíntese é uma das respostas a elevados níveis de CO₂ mais bem estabelecidas e amplamente reportadas para plantas com metabolismo fotossintético C3 (AINSWORTH; LONG, 2005). Essas plantas são as primeiras a detectarem o aumento na concentração de CO₂ atmosférico, juntamente às outras

mudanças climáticas devido ao efeito indutor na fotossíntese e inibitório na fotorrespiração, por diminuir a atividade oxigenase da RUBISCO (AIDAR et al., 2002). Entretanto, Streck (2005) observou que o aumento na concentração de CO₂ associado ao aumento da temperatura do ar poderá afetar negativamente a fisiologia e o crescimento das plantas.

CONCLUSÃO

O aumento da temperatura associado ao aumento da concentração do dióxido de carbono resultou na redução do comprimento e do peso fresco das plântulas de cebola da cultivar Alfa São Francisco.

AGRADECIMENTO

A FACEPE pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, M. P. M. et al. Effect of Atmospheric CO₂ enrichment on the establishment of seedlings of Jatobá, *Hymenaea Courbaril* L. **Biota Neotropica**, Campinas, v.2 n.1, p. 1-10, 2002.
- AINSWORTH, E.A; LONG, S.P. What have we learned from 15 years of free-air CO₂ enrichment (FACE). A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. **New Phytologist**, v.165, p.351-372, 2005.
- COSTA, D. C. C. et al. Emergência e crescimento inicial de plântulas de cebola sob o aumento da temperatura e concentração de CO₂. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, p.1-12, 2015.
- CURTIS, P. S. et al. Elevated atmospheric CO₂ effects on belowground processes in C3 and C4 stuarine marsh communities. **Ecology, Temperature**. v. 71, n. 5, p. 2001- 2006, 1990.
- DAYMOND, A. J. et al. Effects of temperature, CO₂ and their interaction on the growth, development and yield of two varieties of onion (*Allium cepa* L.), **Journal of Horticultural Science**, v.72, p.135-145, 1997.
- EL BALLA, M. D.; HAMID, A. A.; ABDELMAGEED, A. H. A. Effects of time of water stress on flowering, seed yield and seed quality of common onion (*Allium cepa* L.) under the arid tropical conditions of Sudan. **Agricultural Water Management**, v.121, p.149-157, 2013.
- GIORIA, R. et al. Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil: Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da cebola no Brasil. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011.p. 182.
- OLIVEIRA, G. M. de. et al. Coeficiente de cultura e produtividade da cebola submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n. 9, p. 969- 974, 2013.
- ORTOLANI, A. A; TARIFA, J. R. Recursos Hídricos e Agricultura no Brasil. **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**. São Paulo: EDISER, 1978, p.75- 83 (Projetos 3).

SANTOS, R.M. Germinação, respostas produtivas ao incremento da temperatura do ar e CO₂ e zoneamento climático do capim-bufel. Dissertação (Programa de Pós graduação em Ciência Animal). Área de concentração: Forragicultura e Pastagem. Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Petrolina, 2011. p 83.

SILVA, F.A.S. Sistema de Assistência Estatística –ASSISTAT versão 7.7 beta. 2016.

SILVA, R. de. et al. Emergência e crescimento inicial de plântulas de melancia submetidas a diferentes concentrações de CO₂. **In: Simpósio de mudanças climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro, 3., 2011, Juazeiro.** Experiências para mitigação e adaptação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

STRECK, N. A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v. 35, n.3, p.730-740, 2005.

YOON, S. T. et al. Growth and development of cotton (*Gossypiumhirsutum* L.) in response to CO₂ enrichment under two different temperature regimes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, p. 178–187, 2009.

ESTUDO DA OCORRÊNCIA DE LINHAS DE INSTABILIDADE NO ESTADO DO PARÁ

Ana Deborah Costa Alves¹, Clênia Rodrigues Alcântara²

¹Graduanda em Meteorologia pela Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, deborahcosta.dc@gmail.com

²Professora Doutora da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, clenia.alcantara@ufcg.edu.br

RESUMO: As Linhas de Instabilidade estão dentre os sistemas mais comuns de precipitação no Brasil, que se desenvolvem frequentemente na Amazônia e Norte do Nordeste do Brasil. Este trabalho consiste em conhecer o desenvolvimento das Linhas de Instabilidade da atmosfera na costa do Pará – Brasil, e compreender o comportamento e frequência das LIs nessa região, afim de aprimorar o estudo das mesmas. A pesquisa é baseada através da análise de 2.172.480 imagens, dos anos de 2009 e 2010 pelo satélite geoestacionário METEOSAT – Color IR 9, disponíveis no site do CPTEC. Baseado nos perfis e comportamentos das Linhas de Instabilidade em estudos anteriores, é visto que no ano 2009 é considerado o ano com menor número de ocorrência de LIs, num total de 71 casos, e no ano de 2010, o número de ocorrências voltou a aumentar com 126 casos. Constatou-se que, a partir desses resultados, pode-se concluir que as Linhas de Instabilidade não são sistemas com números de ocorrências previsíveis, e que assim, pode ocorrer desvios no seu padrão, ficando perceptível diferença na análise de frequência sazonal entre os anos de 2009 e 2010 e a climatologia realizada por Alcântara et al (2011).

PALAVRAS-CHAVE: Linha de Instabilidade Amazônica, Amazônia, Climatologia, Sistemas Convectivos

STUDY OF THE OCCURRENCE OF SQUALL LINES IN THE STATE OF PARÁ

ABSTRACT: The Squall Lines are among the most common precipitation systems in Brazil, which are frequently developed in the Amazon and North Northeast of Brazil. This work consists in knowing the development of the Squall Lines of the atmosphere in the coast of Pará - Brazil, and to understand the behavior and frequency of the SLs in this region, in order to improve their study. The research is based on the analysis of 2,172,480 images from the years 2009 and 2010 by the geo-stationary satellite METEOSAT - Color IR 9, available on the CPTEC website. Based on the profiles and behaviors of Squall Lines in previous studies, it is seen that in the year 2009 is considered the year with the lowest number of occurrences of SLs, in a total of 71 cases, and in 2010, the number of occurrences increased again with 126 cases. It was verified that, from these results, it can be concluded that the Lines of Instability are not systems with numbers of foreseeable occurrences, and that, thus, deviations can occur in their standard, being noticeable difference in the analysis of seasonal frequency between the years of 2009 and 2010 and the climatology performed by Alcântara et al (2011).

KEY-WORDS: Amazon Squall Line, Amazon, Climatology, Convective Systems

INTRODUÇÃO

A região norte do Brasil é caracterizada por ser muito quente e úmida durante todo o ano. A precipitação nesta região é bastante heterogênea, apresentando variabilidade espaço-temporal muito grande devido às interações de diferentes sistemas atmosféricos, tanto de grande quanto de mesoescala (LOUREIRO et al, 2006).

Dentre os sistemas atmosféricos mais comuns de precipitação no Brasil, destacam-se as Linhas de Instabilidade (LI), com formação entre 10° N e 5° S, que se desenvolvem frequentemente na Amazônia e Norte do Nordeste do Brasil, onde são conjuntos organizados de cúmulonimbus, responsáveis por quantidades elevadas de precipitação. Molion (1987) observou que as LIs ocorrem no fim da tarde e frequentemente propagam-se para o interior do continente.

Garstang et al. (1994) afirmaram que as LIs passam por 6 estágios no seu ciclo de vida: gênese, intensificação, maturidade, enfraquecimento, re-intensificação e dissipação. Cohen et al. (1989) analisaram que sua classificação é dada por Linhas de Instabilidade Costeira (LICs), cuja propagação horizontal para o interior do continente alcança 170 km e não se deslocam continente adentro; Linha de Instabilidade de Propagação Tipo 1 (LIP1) com deslocamento entre 170 a 400 km; e Linhas de Instabilidade de Propagação Tipo 2 (LIP2) com um deslocamento horizontal superior a 400 km. O atual estudo teve como objetivo ampliar o banco de dados, já existente, da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas e o estudo de sistemas atmosféricos, em particular, das Linhas de Instabilidade, através da observação de suas ocorrências.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas imagens de satélite geoestacionário realçadas no canal infravermelho. A análise das Linhas de Instabilidade (LIs) foi feita para o Estado do Pará (Figura 1), no período de 2009 a 2010. Posteriormente, iniciou-se o armazenamento de dados através do satélite METEOSAT – Color IR 9 para a América do Sul pelo site do CPTEC/INPE (<http://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>) em 2009 e 2010, visando ampliar o banco de dados já existente na Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas.

A coleta obteve-se durante todos os dias nos dois anos de estudo, com imagens a cada 15 minutos, num total correspondente de 96 imagens ao dia, 2.976 ao mês e 1.086.240 ao ano. Nos dois anos foram observadas 2.172.480 imagens. Especificamente, a observação foi feita através da contagem subjetiva de cada uma das imagens durante o período, observando a data de ocorrência das LIs e classificando-as entre LIC, LIP1 ou LIP2 (Linhas de Instabilidade de propagação, do tipo 1 ou 2), segundo Cohen et al (1989). Em seguida, foi utilizado o software Excel para gerar gráficos para melhor visualização e contabilização dos casos de LIs por mês e nos anos correspondentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as frequências de casos de Linhas de Instabilidade na costa do Pará – Brasil em 2009 (figura 1a) e em 2010 (figura 1b). Na figura 1a, mostra um total de 71 ocorrências do sistema, seja do tipo LIC, ou LIP1 e LIP2, distribuídos ao longo dos meses, assumindo valor mínimo de duas ocorrências em agosto e um máximo de 10 ocorrências em maio, durante o respectivo ano.

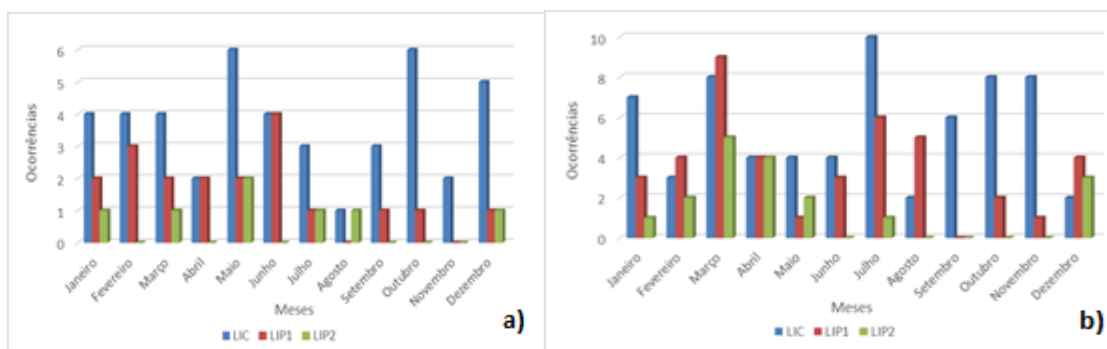


Figura 1. A figura a) mostra a frequência de casos de Linhas de Instabilidade na costa do Pará – Brasil em 2009. A figura b) mostra a Frequência de casos de Linhas de Instabilidade na costa do Pará – Brasil em 2010.

No, mês de janeiro e março houve a ocorrência de 7 casos, dentre onde destacou o tipo LIC com 4 casos em ambos os meses, seguido por 2 casos de LIP1 e apenas um caso de LIP2. No mês de fevereiro, a frequência permaneceu igual, porém com a ausência de LIP2. Em abril foi o terceiro mês com menor ocorrência de LIs, com quatro casos totais ao mês, variando entre duas LIC e LIP1. Já em maio, houve a maior ocorrência, com um total de 10 LIs, distribuídas entre seis casos de LIC, seguidos por dois casos de LIP1 e dois de LIP2. O mês de junho, foi o segundo mês com maior valor de ocorrência, com oito casos distribuídos em quatro LICs e quatro LIP1. Em junho, houve cinco casos, sendo três LICs, uma LIP1 e uma LIP2. Já no mês de agosto, foi o mês com maior deficiência de LIs, tendo apenas duas ocorrências, dentre elas, apenas uma LIC e uma LIP2. A partir de setembro, já houve um aumento de casos, chegando a quatro casos, porém com três LIC e uma LIP1. Em outubro continua um aumento para sete casos, sendo três casos a mais de LIC em relação ao mês de março, e uma LIP1.

Em novembro, houve uma diminuição considerável de casos, com apenas duas ocorrências de LIC e ausências das demais. Por fim, em dezembro, observa-se um outro aumento na ocorrência de LIs, para 7 casos, com cinco LIC, uma LIP1 e uma LIP2. Em síntese, percebe-se que em todos os meses há a ocorrência de LIC, diferente dos casos de LIP1 que não há a presença no mês de agosto e casos do tipo LIP2 em que também se ausenta nos meses de setembro, outubro e novembro.

Para o ano de 2010 (figura 1b) surge um total de 126 casos, também divididos entre os tipos LIC, LIP1 e LIP2. Nela é observa-se que a maior ocorrência de LIs mensal é de 22 sistemas em março, e valor mínimo de 6 ocorrências em setembro, apresentada neste mesmo ano.

Para o mês de janeiro, onde há o quarto maior número de casos do ano, com 11 ocorrências, vimos ela distribuída com maioria de 7 ocorrências do tipo LIC, 3 em LIP1 e 1 em LIP2. No mês de fevereiro do mesmo ano, já há uma queda com número de casos, com 9 ocorrências no total, entre elas, 3 em LIC, 4 em LIP1 e 2 em LIP2. Em março há um aumento significativo, assumindo o maior número de casos do ano, com 22 ocorrências, sendo 8 em LIC, 9 em LIP1 e 5 em LIP2.

Em abril, temos o terceiro mês de maior número de casos, assumindo 12 ocorrências, dentre elas, 4 de LIC, 4 de LIP1 e 4 de LIP2. Em maio há a presença de 7 casos, com 4 de LIC, 1 de LIP1 e 2 de LIP3. No mês de junho permanece no mesmo número de casos, porém com a ocorrência de quatro LIC e três LIP1, não havendo o surgimento de LIP2. Já no mês de julho, volta a ter um acréscimo no número de ocorrências de LIs, tomado por o segundo mês com maior número de casos, onde apresenta 10 casos de LIC, 6 de LIP1 e 1 de LIP2.

Em agosto, por sua vez, há uma diminuição considerada, para 7 ocorrências, distribuídas entre duas LIC, e 5 LIP1, com ausência de LIP2. Em setembro ainda há uma redução de casos em relação ao mês anterior, sendo o mês com maior *déficit*, assumindo 6 ocorrências totais ao mês, apenas do tipo LIC. Em outubro volta a haver um aumento para 10 ocorrências, entre elas, 8 do tipo LIC e duas do tipo LIP1.

Para novembro, há uma pequena diminuição em relação ao mês de outubro, havendo 9 casos, distribuídos entre 8 ocorrências do tipo LIC e uma ocorrência do tipo LIP1, permanecendo ainda sem LIP2. Já no mês de dezembro, percebe com o mesmo número de casos, porém distribuídos entre duas ocorrências do tipo LIC, 4 do tipo LIP1 e 3 do tipo LIP2. Por sua vez, assim como o ano de 2009, também é perceptível para este ano de 2010, que há a presença de casos do tipo LIC para todos os meses, porém também há a ausência de casos para o tipo LIP1 no mês de setembro, e para casos do tipo LIP2 nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro.

Diante dos eventos sazonais que ocorrem na Amazônia, e incluindo as discussões das Linhas de Instabilidade, em um trabalho de Marengo et. al (2015) de estudos sobre um histórico de secas e inundações no passado, presente e discussões sobre futuros extremos em contexto das alterações climáticas e seus impactos na região amazônica, há vários eventos hidrológicos extremos, alguns deles caracterizado como “uma vez em um século”, relatados na região durante a última década. Assim, o ano de 2009 foi considerado um ano de extremo úmido e 2010 como extremo seco. Essas anormalidades são causadoras de baixo nível de rios, assim como incêndios em regiões, como também consequência para humanos.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados adquiridos do estudo de Linhas de Instabilidade através das imagens de satélite para os anos de 2009 e 2010, pode-se observar que a variação mensal e anual dos tipos de Linhas de Instabilidade, seja do tipo LIC, LIP1 e LIP2, é similar, permanecendo sempre as LIC com um número de ocorrência maior em comparação com os demais tipos, mesmo que nos anos de estudo tenham números de ocorrências diferentes, alusivo ao ano de 2010, que teve 56 casos acima de total do ano de 2009. Por meio dos gráficos gerados, entende-se que o comportamento das Linhas de Instabilidade tem maior surgimento em períodos sazonais, como por exemplo em janeiro, março, julho, outubro e dezembro.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, C. R. **Um estudo da relação entre jato de baixos níveis e linhas de instabilidade da Amazônia**. Tese de doutorado; USP; São Paulo; 134 f, 2010.

ALCÂNTARA, C. R.; SILVA DIAS, M. A. F.; SOUZA, E. P.; COHEN, J. C. P. Verification of the Role of the Low Level Jets in Amazon Squall Lines. **Atmospheric Research**, v. 100, p. 36-44, 2011.

COHEN, J. C. P. **Um estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazônia**. Dissertação de Mestrado. Espaciais, São José dos Campos – SP, 1989.

MARENGO, J. A., ESPINOZA, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **Internacional Journal of Climatology**, v 36, p. 1033-1050, 2015.

MOLION, L. C. B. On the dynamic climatology of the Amazon Basin and associated rain-producing mechanisms. **The Geophisiology of Amazonia: Vegetation and Climate Interactions**, R. Dickerson, Ed. Wiley Interscience, p. 391-407, 1987.

LOUREIRO, R. S.; GOMES, R. G.; ROCHA, E. J. P. Análise de uma linha de instabilidade costeira na região leste do estado do Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 21, 3b, p. 258-270, 2006.

GARSTANG M., MASSIE, H. L., HALVERSON J., GRECO S., SCALA J. Amazon Coastal Squall Line. Pat I: Structure and Kinematics. **Monthly Weather Review**, v. 122, n. 4, p. 608-622, 1994.

DESTREZA DO MODELO CLIMÁTICO REGIONALIZADO ETA-HADGEM2-ES PARA PRECIPITAÇÃO EM BACIA DA MATA ATLÂNTICA

Fernanda C. Vargas Gonçalves¹, Juliana Oliveira do Nascimento², Aline de Holanda N. Maia³, Azeneth E. Schuler⁴

¹ Estudante de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRRJ, Seropédica, RJ, fernandacvargaas@gmail.com;

² Graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRRJ, Seropédica, RJ, juliananascimento@live.com;

³ Engenheira Agrônoma, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, aline.maia@embrapa.br; ⁴ Engenheira Florestal, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ azeneth.schuler@embrapa.br

RESUMO: Projeções de modelos climáticos regionalizados são informações-chave nos estudos de impacto de mudanças climáticas em Hidrologia. Essas projeções são, em geral, afetadas por erros sistemáticos ou vieses que comprometem a destreza do modelo. O trabalho avalia a destreza do modelo regionalizado EtaHadGEM2-ES na bacia Guapi-Macacu, RJ, para médias mensais de chuva ao longo do ano e no trimestre mais chuvoso (DJF: dezembro, janeiro e fevereiro). Foram calculados os valores de viés linear (mm) e relativo (%) para cada pixel na região de estudo pela diferença entre as médias mensais do período 1976 – 2005 das projeções retrospectivas (*hindcasts*) do modelo avaliado e os respectivos valores observados, obtidos a partir da base de dados globais interpolados CRU. As médias dos totais mensais de chuva foram usadas para avaliar a reprodução do ciclo anual pelo modelo. O modelo EtaHadGEM2-ES reproduz razoavelmente o ciclo anual de chuva na bacia, com tendência de superestimação do total anual e subestimação do trimestre DJF. A chuva acumulada na bacia em DJF (médias de 1976 – 2005) variou de 329 a 743 mm (CRU) e 129 a 890 mm (modelo). A baixa correlação entre as médias das duas séries indica que o ETaHadGEM2-ES não é satisfatório para a região. O uso da base global CRU como referência, associada aos altos gradientes de altitude na região, pode ter limitado a performance do modelo. Recomenda-se análise das projeções com base em dados de estações locais para verificar se os resultados confirmam a baixa destreza do modelo para precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: Projeções retrospectivas, Mudanças Climáticas, Avaliação de modelos

SKILL OF THE REGIONAL CLIMATE MODEL ETA-HADGEM2-ES FOR PRECIPITATION IN AN ATLANTIC FOREST BASIN

ABSTRACT: Projections of regional climate models are key information for impact assessment studies in Hydrology. Those projections are, in general, affected by systematic errors or which jeopardize the model skill in the study area. The current work evaluates the skill of the EtaHadGEM2-ES regional model in the Guapi-Macacu basin (RJ, Brasil), for monthly mean rainfall along the year and the trimonthly rainfall mean for the DJF rainy season. Linear (mm) and relative bias (%) were calculated for each pixel in the study region as the difference between 1976 – 2005 rainfall monthly means arising from model hindcasts and respective ‘observed’ values coming from the interpolated global data CRU. The cumulative values of rainfall (mm) in each month were used to evaluate the reproduction of the annual rainfall cycle. The EtaHadGEM2-ES reproduces the annual rainfall cycle reasonably, showing an overestimation tendency

of the annual rainfall total and underestimation of DJF rainfall. The cumulative DJF rainfall (1976 – 2005 average) in the basin varied from 329 to 743 mm (CRU) and from 129 to 890 mm (modeled). The low correlation between these series' averages indicates the model does not have good skill for this region. The use of CRU database as reference for skill analysis, associated to the high altitude gradient in the region may have limited the model performance. We recommend revised analysis using data from local stations to verify if the low model skill is confirmed.

KEY-WORDS: Hindcast, Climate Change, Model evaluation

INTRODUÇÃO

Cenários futuros do clima são previsões geradas por modelos climáticos que levam em consideração os diferentes quadros de emissões globais de gases do efeito estufa (GEE) propostos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Estudos de impactos das mudanças climáticas sobre a vegetação natural indicam que para as áreas de formações florestais no Brasil deverá haver redução do espaço climático ótimo, sendo a Amazônia e a Mata Atlântica os biomas mais afetados. Essa última é considerada sob maior risco, por ter menor proporção de vegetação nativa remanescente (RIBEIRO et al., 2009) e maior densidade populacional. Em relação ao ciclo hidrológico, com o aquecimento global da atmosfera, esperam-se, entre outras consequências, mudanças nos padrões da precipitação (aumento da intensidade e da variabilidade da precipitação), o que poderá afetar significativamente a disponibilidade e a distribuição temporal da vazão nos rios.

O *downscaling* (regionalização) dinâmico é considerado a melhor ferramenta científica disponível para a geração das projeções de mudanças ambientais, a técnica consiste em usar um modelo climático regionalizado (RCM) “aninhado” a um modelo climático global. No entanto, mesmo com o aumento da resolução, as projeções dos RCM ainda podem ter valores consideráveis de viés para algumas regiões (EHRET, 2012). A magnitude do viés deve ser calculada numa etapa anterior ao uso das projeções em estudos de impacto, por meio da análise de destreza do modelo. No contexto de avaliação de modelos de clima, o termo viés se refere primariamente à diferença entre o valor observado de uma variável climática e sua correspondente projeção retrospectiva (*hindcast*) do modelo. Esse significado difere da definição estatística de viés, que corresponde a erro sistemático, e passa a indicar o desvio entre qualquer função dos valores observados de variáveis climáticas e sua correspondente para as projeções retrospectivas no mesmo período (*hindcasts*), tais como diferenças entre variâncias, entre medianas ou ainda entre distribuições de probabilidade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a destreza do modelo regionalizado EtaHadGEM2-ES com relação à chuva nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro na bacia Guapi-Macacu e à reprodução do ciclo anual e do padrão espacial de chuva.

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo compreende uma quadrícula que envolve a bacia hidrográfica dos Rios Guapiaçu-Macacu, situada no bioma Mata Atlântica no Rio de Janeiro, com presença predominante de fragmentos florestais e unidades de conservação, além de pastagens e agricultura familiar. A bacia abrange os municípios de Cachoeiras de Macacu, Guapimirim e uma pequena área de Itaboraí, em uma área aproximada de 1.260 km². Em relação ao relevo, encontram-se na bacia do rio Macacu, num gradiente

descendente de altitude, as escarpas e reversos da serra do Mar seguidas de colinas e maciços costeiros, uma pequena área de tabuleiros costeiros e, por fim, grandes áreas de planícies costeiras e modelados de acumulação fluvial. As altitudes máximas encontradas são junto às nascentes dos rios e são na ordem de 1700 m, no rio Macacu, 1200 m no rio Guapiaçu e 2000 m no rio Guapimirim. Suas limitações são feitas ao norte e noroeste pela Serra dos Órgãos, ao nordeste pela Serra de Macaé de Cima, ao sul pelas Serras do Sambê e dos Garcias e a leste, pelas Serras da Botija e Monte Azul. Considerada uma das áreas de “Extrema Importância Biológica” do Estado do Rio de Janeiro, a bacia é um alvo prioritário para a aplicação de ações de conservação que minimizem impactos sobre os fragmentos florestais, incluindo técnicas de cultivo agrícola e o aumento da conectividade entre fragmentos (PINTO et al., 2006). A implantação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) em Itaboraí trouxe o aumento de demanda por água da bacia e influencia direta e indiretamente a dinâmica de uso e ocupação de suas terras. Estudos de cenários climáticos e seus impactos sobre os processos hidrológicos estão em andamento para avaliação do comportamento da vazão e disponibilidade hídrica nesta bacia considerada chave para o abastecimento de parte da região metropolitana (2,5 milhões).

Para avaliação do modelo climático em comparação aos dados estimados a partir da interpolação de estações terrestres (CRU), a quadrícula considerada engloba as dez estações utilizadas para modelagem hidrológica da bacia do Guapi-Macacu. Dessa forma, foi definido o retângulo formado pelos paralelos de latitude 21,2° e 23,4° Sul e os meridianos de longitude 42,2° e 43,8° Oeste (Figura 1).

Este estudo utilizou os dados em grade do *Climate Research Unit* (CRU), instituto ligado à *East Anglia University*, que mantém disponível uma grade de dados globais interpolados de resolução de 30', ou arco de meio grau (SOUZA; NÓBREGA, 2013). O acesso aos dados pode ser feito pelo site: <http://www.cru.uea.ac.uk/data/>. A última versão disponibilizada dos dados do CRU é a v3.2, que apresenta valores para a grade global começando em 1901 e estendendo-se até 2011, com discretização mensal.



Figura 1. Localização da bacia de hidrográfica dos rios Guapi-Macacu, no estado do Rio de Janeiro e municípios formadores da bacia.

O período de referência aplicado neste trabalho foi de 1976-2005, para o qual foram calculadas as projeções retrospectivas do modelo global climático regionalizado escolhido, o ETA-HadGEM2-ES, que combina o modelo de circulação global do *Hadley Center* ao modelo ETA, do *National Center for Environment Prediction* (NCEP).

Os modelos climáticos globais ou de circulação global (GCM) são as principais ferramentas disponíveis para investigar a resposta do sistema climático a diferentes forçantes. O HadGEM2-ES (*Hadley Centre Global Environmental Model version 2 – Earth System*) é composto por um modelo de circulação geral da atmosfera acoplado a um modelo oceânico. A componente atmosférica utiliza a resolução horizontal N96, que corresponde a aproximadamente a $1,250^\circ$ em latitude e a $1,875^\circ$ em longitude, e 38 níveis verticais, enquanto que a componente oceânica utiliza a resolução horizontal de 1° , aumentando para $1/3$ de grau no equador, e 40 níveis verticais (COLLINS *et al.*, 2011). O passo de tempo do modelo HadGEM2-ES é de 30 minutos para as componentes da atmosfera e superfície e de uma hora para a componente oceânica.

Já o modelo regional Eta, foi desenvolvido pelo *National Center for Environment Prediction* (NCEP) e instalado no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) (BLACK, 1994; MESINGER *et al.*, 1988). As equações deste modelo são discretizadas na grade E de Arakawa, onde a distância entre dois pontos adjacentes de massa ou de vento define a resolução da grade. A dinâmica do modelo é desenvolvida na coordenada vertical eta (η), as superfícies desta coordenada são aproximadamente horizontais, o que reduz os erros nos cálculos obtidos com base em derivadas horizontais. Este modelo apresenta grade de equações primitivas e as

variáveis prognósticas do modelo são temperatura, vento (componente zonal e meridional), pressão à superfície, energia cinética turbulenta e hidrometeoros das nuvens.

O modelo regionalizado EtaHadGEM2-ES foi obtido por *downscaling* dinâmico do modelo global HadGEM2-ES (COLLINS et al, 2011), com resolução de aproximadamente 1,9 ° em longitude e 1,3° em latitude. É um modelo do sistema terrestre, com esquema dinâmico de vegetação, com representação do ciclo do carbono (CHOU et al, 2014).

Devido à ausência de uma malha razoável de estações com séries temporais para o período de referência (1976-2005) na região de estudo, a destreza do modelo foi avaliada com base em dados interpolados (CRU). O modelo climático regionalizado EtaHadGEM2-ES foi avaliado em relação ao ciclo anual e média dos totais mensais de chuva do período DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), na bacia Guapi-Macacu. Primeiramente, foram calculados os vieses lineares (mm) e relativos (%) para cada pixel na região de estudo (0,2° x 0,2°) pela diferença entre as médias dos totais mensais de chuva (1976 – 2005) derivados das projeções retrospectivas do modelo (*hindcasts*) e seus respectivos valores observados, obtidos a partir de bases globais de dados interpolados CRU. O viés relativo (%) corresponde ao viés linear expresso como % das respectivas médias observadas (CRU).

As médias dos totais mensais de chuva considerando toda a área de estudo foram usadas para avaliar a reprodução do ciclo anual pelo modelo. Para a avaliação da destreza analisou-se a distribuição espacial das médias do trimestre DJF (período de chuvas) das séries observadas e modeladas e a correlação entre os valores médios mensais para o trimestre DJF em cada ponto da matriz de 0,2 graus x 0,2 graus na região de estudo.

A importância em se avaliar a destreza do modelo é verificar a qualidade das projeções das variáveis climáticas de interesse, para as condições locais da bacia, de modo a orientar a correção de viés e avaliar a adequação do uso dessas projeções em cada estudo de impacto em particular.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A destreza do modelo foi avaliada com base em dados interpolados (CRU) devido à indisponibilidade de uma malha razoável de dados reais para o período de referência (1976-2005) na área de estudo. Como nem sempre existe uma boa correspondência entre esses dados e os dados das estações, essa substituição pode comprometer a avaliação de destreza, principalmente para essa região de estudo, que apresenta características peculiares como relevo acidentado e elevadas altitudes.

Os resultados de distribuição das chuvas indicam a influência da geomorfologia local com valores mais elevados de precipitação nas áreas de maior altitude da região de estudo (Figura 2A).

Considerando as médias mensais para toda a região no período de 30 anos estudado (1976-2005), observa-se que as diferenças médias entre valores oriundos da base CRU e do modelo EtaHadGEM2-ES (Tabela 1) são negativas apenas para os meses mais chuvosos, enquanto para os outros meses o erro tende a ser positivo. Assim, o modelo superestima a precipitação mensal média em relação aos valores da base CRU, com exceção dos meses chuvosos (Dezembro e Janeiro). No entanto, em todos os meses, há ocorrência de viés negativo em pelo menos um ano, conforme indicam os valores mínimos do viés. De forma similar, os valores máximos encontrados para o viés

médio mensal da região mostram que, mesmo no período mais chuvoso, a precipitação média pode ser superestimada pelo modelo em alguns anos.

Tabela 1. Estatísticas descritivas das médias mensais de chuva, oriundas da base CRU e do EtaHadGEM2-ES, e do viés médio do modelo, na bacia do Guapi-Macacu e entorno, para o período de 1976-2005.

Mês	Média			Mínimo			Máximo		
	Chuva	Chuva	Viés	Chuva	Chuva	Viés	Chuva	Chuva	Viés
	CRU	Eta		CRU	Eta		CRU	Eta	
1	216,50	167,70	-48,80	100,98	24,15	-280,60	502,98	458,36	295,66
2	181,39	181,39	29,22	16,92	26,86	-243,33	401,51	414,91	369,57
3	159,64	188,30	28,67	60,30	54,72	-137,67	353,64	393,16	290,90
4	96,42	111,29	14,87	28,53	43,59	-139,56	189,95	214,77	168,60
5	53,92	62,20	8,28	14,03	18,51	-111,11	142,47	193,95	164,05
6	34,25	56,73	22,48	6,36	2,90	-53,48	79,63	174,32	126,39
7	28,57	72,56	44,00	5,24	10,58	-56,54	72,06	164,57	117,03
8	33,35	84,38	51,02	7,57	3,71	-30,88	84,91	231,57	191,92
9	75,33	116,97	41,64	11,10	2,24	-159,98	243,60	241,77	188,65
10	99,87	129,56	29,69	29,52	12,37	-150,39	213,14	221,22	142,20
11	163,91	182,69	18,78	81,70	71,92	-162,20	306,26	329,79	187,32
12	234,01	216,45	-17,56	142,39	46,08	-214,09	342,38	503,22	304,79

A chuva média (CRU) para o trimestre DJF no período de 1976 a 2005 foi de 602 mm para a área estudada, com variação espacial do acumulado no trimestre de 329 a 743 mm. A variação espacial das médias mensais ao longo do período de trinta anos considerado é representada pelos valores médios, mínimos e máximos obtidos na região pela interpolação de dados terrestres do CRU (figura 3).

A comparação entre médias mensais observadas no CRU e as estimadas pelo modelo é vista na figura 4. O modelo EtaHadGEM2-ES reproduz razoavelmente o ciclo anual de chuva na bacia, com tendência à superestimação no período mais seco, de junho a outubro, quando o modelo indica maiores médias de chuvas do que as calculadas na CRU. A correlação entre as médias mensais do trimestre DJF observadas e as respectivas projeções retrospectivas do modelo foi baixa (em torno de 0,05), indicando uma incoerência espacial (Figura 5).

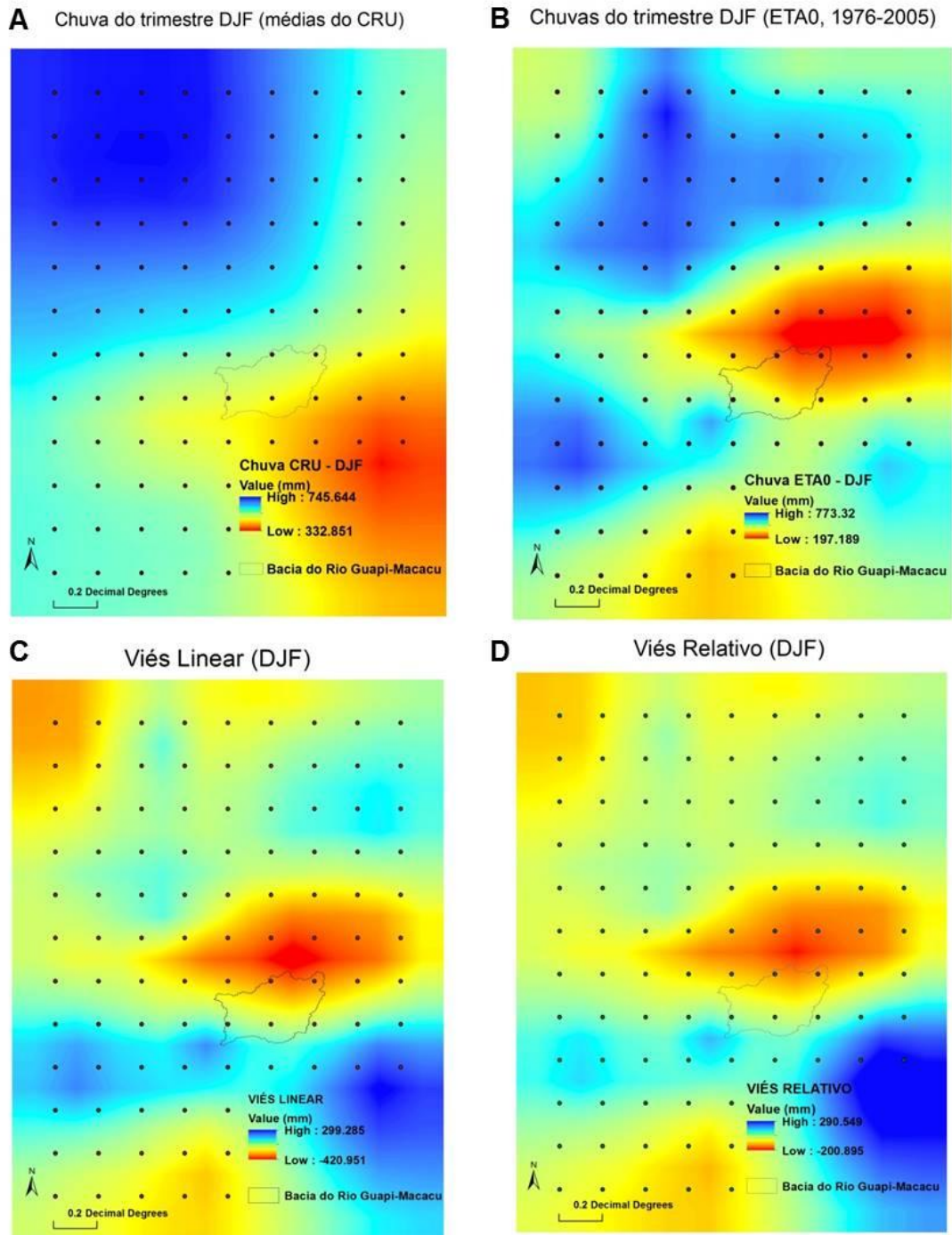


Figura 2. Padrões espaciais de precipitação e de viés para o trimestre chuvoso (DJF) no período de 1976-2005: (A) médias observadas do CRU de precipitação (mm); (B) projeções retrospectivas do Modelo EtaHadGEM2-ES para a precipitação (mm); (C) viés linear (mm) e (D) viés relativo (%) da precipitação estimada pelo modelo EtaHadGEM2-ES em relação aos valores do CRU na bacia Guapi-Macacu e entorno.

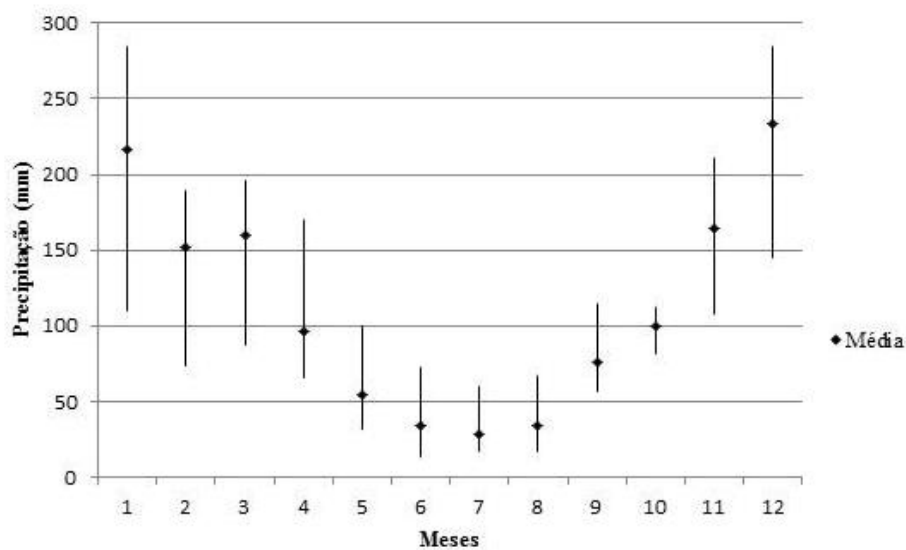


Figura 3. Precipitação mensal média obtida a partir de dados da base global interpolada CRU (1976-2005) e sua amplitude de variação espacial na bacia do Guapi-Macacu e entorno, RJ, Brasil (médias dos dados de 96 *pixels* da malha de 0,2° x 0,2°).

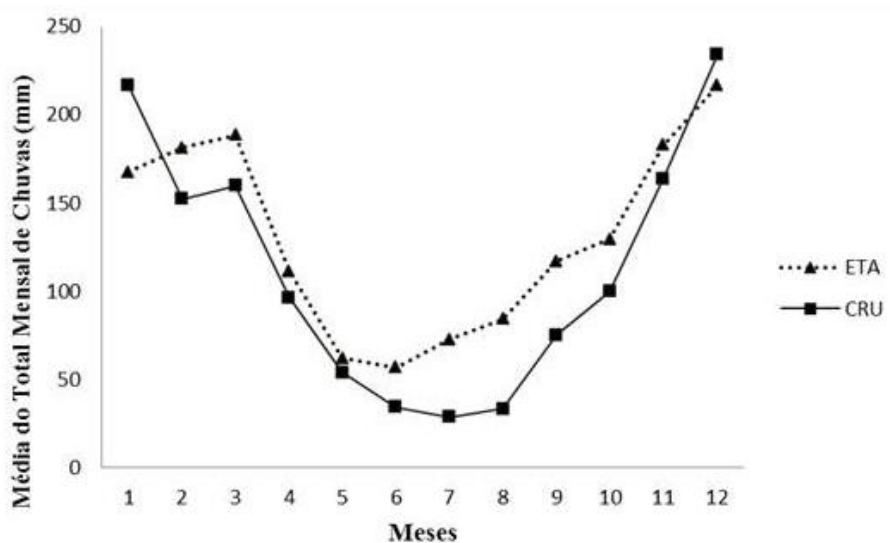


Figura 4. Ciclo anual de chuva na bacia do Guapi-Macacu e entorno, RJ, Brasil: médias observadas (CRU, 1976-2005) dos totais mensais de chuva e correspondentes médias das projeções retrospectivas do modelo Eta-HadGEM2-ES.

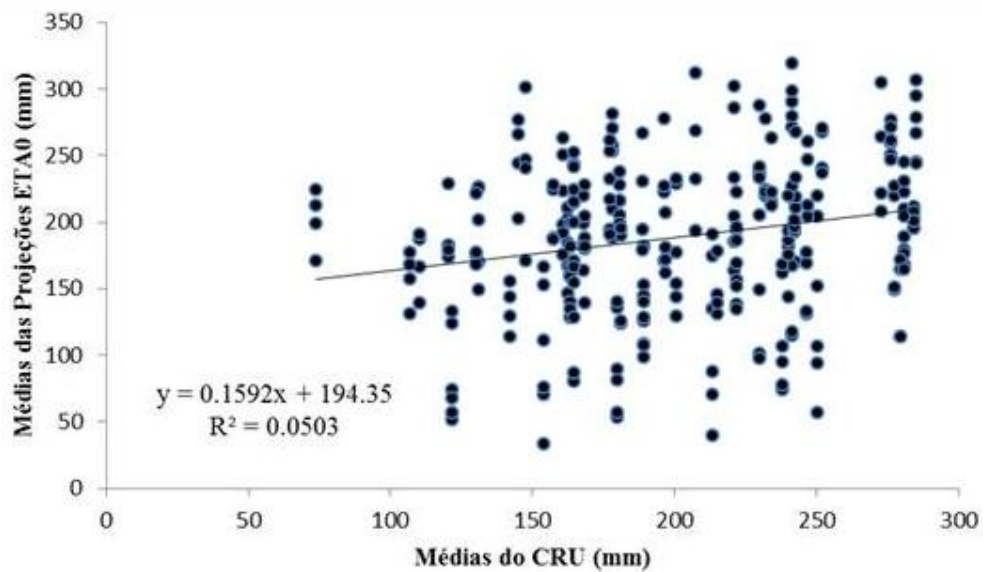


Figura 5. Médias de totais mensais de precipitação (mm) no período DJF (1976-2005): projeções retrospectivas (mm) do Eta-HadGEM2-ES em função de dados do CRU espacializados na bacia do rio Guapi-Macacu e entorno, RJ (96 *pixels* de 0,2° x 0,2°).

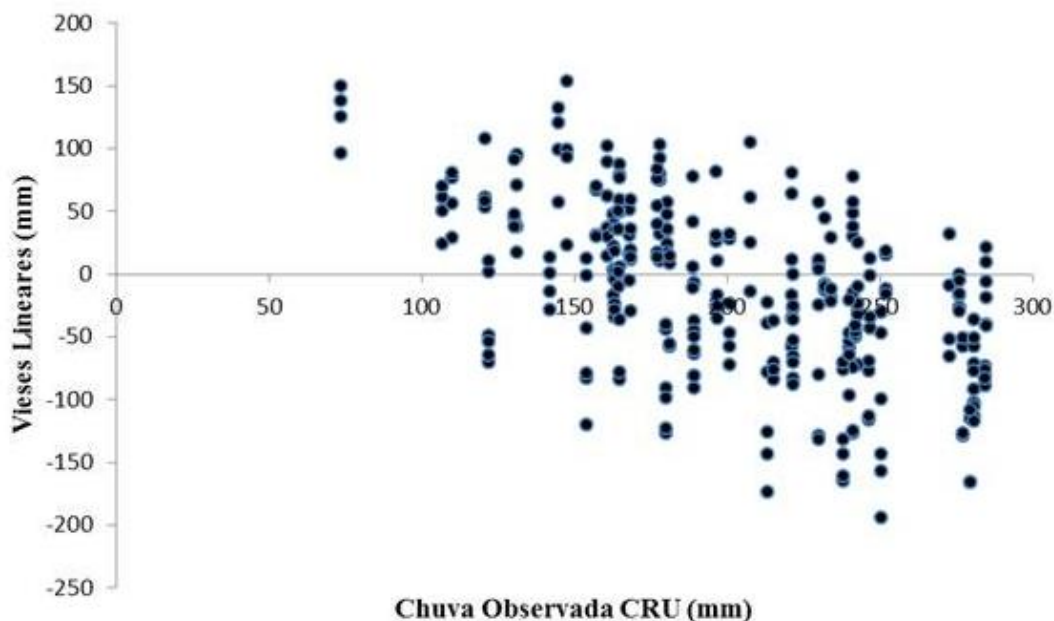


Figura 6. Viés linear do modelo EtaHadGEM2-ES para as médias dos totais mensais de precipitação (mm) no período DJF (1976-2005) na bacia Guapi-Macacu e entorno, RJ.

A análise dos dados de viés mostrou acentuada variação espacial dessa variável, com ocorrência de valores positivos e negativos em quase todos os meses, com exceção dos meses secos de julho e agosto, onde o viés é positivo em todos os pixels. Destaca-se que, com exceção de dezembro a janeiro, em todos os outros meses a média do viés foi positiva, isto é, o modelo climático superestimou as chuvas na maior parte do ano. Em contrapartida, a tendência no período trimestral DJF, considerado o mais chuvoso, é de

viés negativo, isto é, o modelo tende a subestimar a chuva desse período em comparação aos dados do CRU para a região de estudo.

A representação dos dados de viés linear e relativo para o trimestre DJF, vista na Fig. 2 C e D, demonstra a variação espacial dos erros do modelo Eta-HadGEM2-ES e a alta ocorrência de valores negativos neste trimestre. Ao observar a distribuição das médias mensais de chuvas e do viés linear e relativo dentro do contorno da bacia do Guapi-Macacu na figura 2, verifica-se que a parte Norte, de altitudes mais elevadas, coincide com áreas de viés negativo, enquanto à medida que as altitudes ficam mais baixas na parte central e Sul da bacia, o viés aproxima-se de zero, ou torna-se positivo, com baixos valores absolutos. Esses resultados, somados à baixa correlação entre as médias mensais observadas (CRU) e estimadas pelo modelo, indicam que as projeções do Eta-HadGEM2-ES não são adequadas para estudos que requeiram detalhamento espacial, e, no caso de previsões de vazões máximas, há risco de subestimar as chuvas causadoras de vazões máximas.

Apesar disso, a prevalência de vieses positivos durante a maior parte do ano para as projeções retrospectivas do modelo para dados de 1976 a 2005, indica a superestimação dos valores de precipitação, com viés linear médio na área de 222 mm para as chuvas anuais, enquanto para o trimestre DJF o valor médio do viés é de -37 mm. Este resultado corrobora o obtido por Chow et al. (2014), na avaliação do modelo regionalizado Eta-HadGEM2-ES, com valores subestimados de precipitação em grandes áreas da América do Sul durante o verão austral. A mesma tendência foi mencionada pelos autores para outros modelos avaliados (Eta aninhado nos modelos globais BESM e MIROC5), embora no inverno os modelos tenham se comportado distintamente. Tanto para as médias de meses mais secos (inverno) como para os totais anuais, o modelo Eta-HadGEM2-ES superestimou a chuva no período de 1961-1990 (CHOW et al., 2014). Este comportamento foi também observado na avaliação dos dados na bacia do Guapi-Macacu e entorno em relação ao período de 1976-2005.

Em relação à frequência de valores extremos diários, Chow et al. (2014) apontam que esta é mais alta para os modelos regionais do que entre as observações da base CRU. Embora não tenha sido feita avaliação da distribuição de frequência das chuvas diárias da série temporal do Guapi-Macacu no presente trabalho, foram observadas, em geral, maiores amplitudes das médias mensais para o modelo Eta-HadGEM2-ES em comparação com a base CRU, o que indica maior frequência de extremos.

CONCLUSÕES

O modelo EtaHadGEM2-ES apresenta razoável destreza para representar o ciclo anual de chuva na bacia, com boa aproximação das médias e do comportamento sazonal para o período avaliado de projeções retrospectivas, de 1976 a 2005. Entretanto, os dados mostram tendência de superestimação das médias mensais no período de menor precipitação (maio a setembro) e, em consequência, das médias anuais. Por outro lado, a precipitação no trimestre chuvoso é subestimada, devido ao viés negativo nos meses de dezembro e janeiro, os de maior chuva no ano. Além disso, o modelo não representa de maneira adequada o padrão espacial da chuva, com destaque para o trimestre DJF.

Os resultados de análise da distribuição espacial das chuvas do CRU e do modelo na área da bacia e seu entorno, bem como dos valores de viés linear e relativo correspondentes, mostram que não há consistência espacial do viés calculado para a região.

Para o trimestre mais chuvoso (Dezembro-Janeiro-Fevereiro), a bacia do Guapi-Macacu apresenta alta incidência de valores negativos de viés, em especial nas áreas de altitudes elevadas, mas também ocorrem áreas com valores baixos positivos de viés linear e relativo, correspondentes à parte mais baixa da bacia.

Os resultados indicam que as projeções do modelo avaliado Eta-HadGEM2-ES não são adequadas para estudos que requeiram detalhamento espacial. Os resultados apontam também restrição para o uso das projeções de chuva em estimativas de geração de vazões máximas nos períodos chuvosos.

A avaliação de destreza de modelos de mudanças climáticas para projeções retrospectivas (*hindcast*) de precipitação e temperatura também deve ser realizada nessa região a partir da comparação com séries observadas em estações meteorológicas locais, a fim de verificar se os resultados obtidos são semelhantes aos da comparação com bases de dados globais interpolados pelo CRU.

REFERÊNCIAS

BLACK, T. L. The new NMC mesoscale Eta/CPTEC model: Description and forecast examples. **Weather Forecasting**, n. 9, p. 265–278, 1994.

CHOU, S. et al. Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models. **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 5, p. 438-454, 2014. doi: 10.4236/ajcc.2014.35039.

COLLINS, W.J., et al. Development and Evaluation of an Earth-System Model-HadGEM2. **Geoscientific Model Development**, v.4, p. 1051-1075, 2011.

EHRET, U. et al. Opinions "Should we apply bias correction to global and regional climate model data? **Hydrological Earth System Science**, v.16, pp. 3391-3404, 2012.

MESINGER, F. et al.. The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of an Appalachian redevelopment. **Monthly Weather Review**, 116, 1493–1518, 1988.

PINTO, L. P. et al.. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um Hotspot mundial. In: ROCHA et al. **Biologia da Conservação: essências**. São Carlos: Rima Editora, 2006. p. 91-118.

RIBEIRO, M. C. et al. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, London, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

SOUZA, S. A.; NÓBREGA, M. T. Avaliação de dados do CRU-TS em comparação com dados observados de pluviometria no Brasil (Hidroweb-ANA). In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20, 2013, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. **Anais...** Bento Gonçalves: SBRH, 2013. Disponível em: Acesso em: 14/10/2016.

VARIABILIDADE DOS FLUXOS DE ÓXIDO NITROSO EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO NO CERRADO

Alexsandra D. de OLIVEIRA¹, Fabiana P. RIBEIRO², Artur G. MULLER¹, Fernando A. M. da SILVA¹, Alcides GATTO³

¹ Embrapa Cerrados, CP 08223, 73301-970, Planaltina, DF, alexandra.duarte@embrapa.br, artur.muller@embrapa.br; fernando.macena@embrapa.br; ² Doutoranda em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, DF, fbn2.ribeiro@gmail.com ³ Universidade de Brasília, Brasília, DF, alcidesgatto@unb.br

RESUMO: As variações dos fluxos de N₂O em sistemas florestais podem estar relacionadas ao arranjo das câmaras estáticas e variáveis edafoclimáticas. O estudo foi realizado no Núcleo Rural de Quebrada do Neres, Paranoá, DF. Foram duas áreas estudadas com povoamentos de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), com o clone EAC 1528 implantando em 2011 (E1) e o Clone GG100 implantado em 2009 (E2). Quatro câmaras foram distribuídas por ambiente, duas na linha e duas na entrelinha, para avaliar os fluxos de N₂O. Além disso, foram realizadas coletas de solo, para determinar a umidade do solo e o N mineral de 0-5 cm, e medida a temperatura do solo nos momentos de medição do gás. Os valores de fluxos médios diários oscilaram de -10,56 a 17,78 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹ e de -20 a 8,16 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹ na linha, para E1 e E2, respectivamente, enquanto na entrelinha, a variação para E1 e E2 foi de -0,56 a 12,22 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹ e de -10,52 a 43,25 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹, respectivamente. De modo geral, o N mineral apresentou o NH₄⁺ como forma predominante (>71%), a umidade do solo foi baixa (~27%) e a temperatura média do solo esteve entre 18-26 °C, condições que pouco favorecem os fluxos de N₂O.

PALAVRAS-CHAVE: mitigação, N₂O, sistemas florestais, idade dos povoamentos.

VARIABILITY OF FLUXES OF NITROUS OXIDE IN EUCALYPTUS STANDS IN THE CERRADO

ABSTRACT: The variations of N₂O fluxes in forest systems may be related to the arrangement of the static and edaphoclimatic variables. The study was performed at the rural settlement Quebrada dos Neres, Paranoá – DF, Brazil in a Clayey Oxisol (Typic Haplustox). The experiment was carried out on two eucalyptus forests (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) denominated treatments: EAC 1528 clone planted in 2011 (E1) and GG100 clone planted in 2009 (E2). Treatments were disposed in three pseudo-plots in which soil fluxes of N₂O were evaluated by four static manual chambers laid out in pairs both within the row and inter row spacing. In addition, soil samples were collected to determine the soil moisture of 0-5cm, the soil temperature was measured at the time of gas measurement and the mineral N was determined. The values of mean daily flows ranged from -10.56 to 17.78 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹ and from -20 to 8.16 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹ in the line, for E1 and E2, respectively, while in the interline, the variation for E1 and E2 was -0.56 to 12.22 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹ and -10.52 to 43.25 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹, respectively. In general, mineral N presented NH₄⁺ as the predominant form (> 71%), soil moisture was low (~ 27%) and soil temperature was between 18-26°C.

KEY-WORDS: mitigation, N₂O, forest systems, age of plantations

INTRODUÇÃO

O óxido nitroso (N_2O) é considerado um dos três mais importantes gases responsáveis pelo efeito estufa do planeta, apesar de sua baixa concentração na atmosfera. É considerado um gás muito ativo no processo devido a sua alta capacidade de absorver radiação infravermelha e sua alta estabilidade na atmosfera, contribuindo com aproximadamente 6% do potencial radiativo dos gases do efeito estufa (GEEs) e meia-vida de 120 anos (WMO, 2012). Sua concentração vem aumentando nas últimas décadas, alcançando $327,1 \pm 0,1$ ppb em 2014 (WMO, 2015; IPCC, 2014), sendo este processo atribuído a um aumento das emissões antropogênicas por maiores quantidades de fertilizantes nitrogenados aplicados na agropecuária, conversão de áreas de floresta, etc. (SMITH et al., 2010; BUSTAMANTE et al., 2012). As consequências recentes dessas mudanças, como maior período de secas e veranicos, e chuvas intensas, já representam prejuízos. O aquecimento global devido à emissão de GEEs tem sido um agravante dessas mudanças, modificando a dinâmica da atmosfera (USSIRI & LAL, 2013). A expansão da silvicultura no cenário brasileiro tem acontecido de forma intensa, principalmente através do cultivo de eucalipto. Apesar do potencial de sequestro de carbono ser elevado (IBÁ, 2016), pouco se sabe a respeito dos fluxos de gases de efeito estufa no solo que são afetados pelo tipo de uso do solo e seu manejo (SANTOS et al., 2016). Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade dos fluxos de óxido nitroso (N_2O) do solo, em função do arranjo das câmaras de coleta e sua relação com as variáveis edafoclimáticas em povoamentos de eucaliptos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Núcleo Rural de Quebrada do Neres, Paranoá, DF. Foram duas áreas estudadas com povoamentos de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), uma com o clone EAC 1528 implantando em 2011 (E1) e a outra com clone GG100 implantado em 2009 (E2). Para avaliação dos fluxos de N_2O , foram utilizadas quatro câmaras estáticas e fechadas por parcela, segundo metodologia descrita em Santos et al. (2016), sendo cada ambiente composto de três parcelas. Os fluxos de N_2O do solo foram calculados pela mudança na quantidade do gás dentro da câmara no intervalo de tempo considerado (0, 15 e 30 minutos). As análises de N_2O foram realizadas por cromatografia gasosa, com coluna Porapak Q e um elétron detector. Os resultados foram submetidos à análise descritiva (média e desvio padrão). O posicionamento das câmaras foi testado pelo estabelecimento de intervalos de confiança da média pelo teste t a 5% de significância. Durante o monitoramento dos fluxos de N_2O foram coletadas oito amostras de solo por parcela, misturadas e retirada uma amostra composta, na profundidade de 0-5 cm, para determinação da umidade do solo pelo método gravimétrico e nitrogênio mineral (NO_3^- e NH_4^+) pelo método de espectrofotometria em sistema e análise por injeção em fluxo (FIA). A temperatura do solo foi medida em termômetro digital, no momento da amostragem dos gases.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados evidenciam variações em função da posição das câmaras de coleta, com baixos fluxos de N_2O e ocorrência de valor negativo na linha de plantio no eucalipto mais antigo (E2), que também apresentou a maior variabilidade posicional, representada pelo intervalo de confiança (IC) (Tabela 1). Comparativamente, os valores de fluxos encontrados neste estudo são bem reduzidos em relação a solos agrícolas, inclusive com sistemas mais sustentáveis (SATO et al., 2017). Os baixos fluxos observados em solos do cerrado podem estar relacionados à limitada disponibilidade e

forma predominante de N, boa drenabilidade e umidade do solo (SANTOS et al., 2016). Em função da variabilidade dos fluxos observados (Tabela 1 e Figura 1a).

Tabela 1. Valores médios, desvio padrão (DV) e intervalo de confiança (95%) na linha e entrelinha do povoamento de eucalipto, Paranoá, DF.

Povoamento	E1		E2	
	Linha	Entrelinha	Linha	Entrelinha
	----- N-N ₂ O µg m ⁻² h ⁻¹ -----			
Média	5,96	4,91	-2,89	10,86
DV	11,66	4,27	9,53	16,42
IC	-2,1-14	1,9-7,9	-9,4-3,7	-0,52-22,2

Os valores de fluxos médios diários variaram de -10,56 a 17,78 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹ e de -20 a 8,16 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹ na linha, para E1 e E2, respectivamente, enquanto na entrelinha, a variação para E1 e E2 foi de -0,56 a 12,22 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹ e de -10,52 a 43,25 µg N-N₂O m⁻² h⁻¹, respectivamente (Figura 1a). A elevada variabilidade dos fluxos, também representada pelo desvio padrão (Tabela 1) pode estar relacionada à diversidade de fatores edafoclimáticos que influenciam a magnitude dos fluxos. Não foi observado um padrão de comportamento em relação à disposição das câmaras, concordando com o trabalho de Zanatta et al. (2013) em plantios de pinus.

As variáveis N mineral, umidade e temperatura do solo estão apresentadas nas figuras (1b, c e d). Em relação ao N mineral, observa-se que a forma predominante foi NH₄⁺, representando mais de 92% nos meses de agosto, setembro e outubro e >71% em novembro (Figura 1b), o que irá refletir no processo de nitrificação ou oxidação do N amoniacal no solo, que é rapidamente absorvido por microrganismos e incorporado à biomassa microbiana se houver carbono (C) disponível. Caso não haja disponibilidade de C é consumido pelos nitrificadores e oxidado a NO₃⁻, predominando nos solos aeróbios. Durante esse processo pode haver pequena produção de N₂O (CANTARELA, 2007), é influenciada pela temperatura e umidade do solo, sendo maximizada entre 25 e 40 °C, dependendo da região e do tipo de solo (SCHMIDT, 1982), e umidade de 50 a 70% da capacidade de retenção de água (CANTARELA, 2007).

No presente estudo, a temperatura do solo variou de 18 a 26 °C e a umidade do solo máxima observada foi de 27% (Figuras 1c e d), o que representa na maioria dos dias avaliados, condição que não favorece os fluxos de N₂O. Segundo Robertson (1987) a desnitrificação é o principal responsável pela maior produção de N₂O, em solos não saturados como do presente estudo.

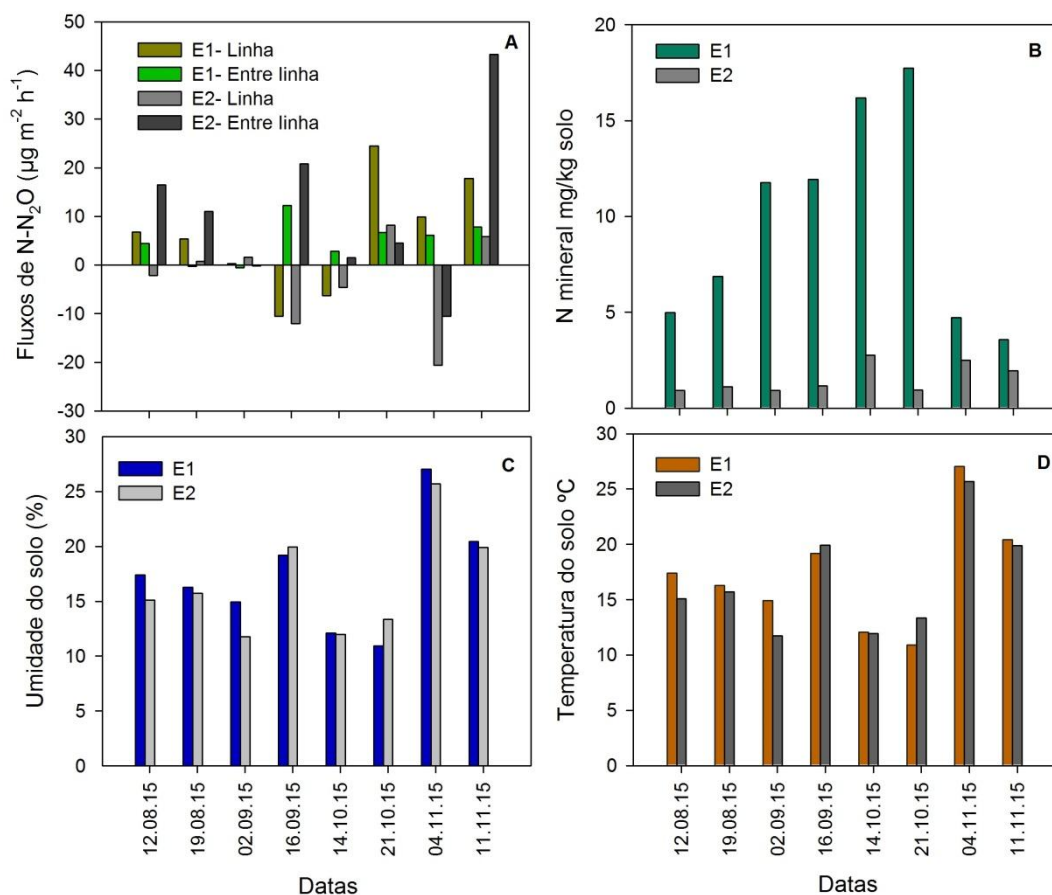


Figura 1. Fluxos de óxido nitroso N₂O (a), N mineral (b), umidade do solo (c), temperatura do solo (d) em povoamentos de eucalipto com clones EAC 1528 (E1) e GG100 (E2) Paranoá, Distrito Federal.

CONCLUSÕES

- Em função da variabilidade dos fluxos de N₂O observados pelo intervalo de confiança, o posicionamento no povoamento E1 apresentou maior variação do fluxo na linha do plantio, e no E2 na entrelinha.

- Os valores sugerem que solos florestais sob plantios de Eucalipto, implantados há mais de três anos, não promovem grandes emissões e que suas covariáveis podem ajudar na compreensão de complexos processos, além disso, a inclusão de fatores biológicos ajudaria na melhor compreensão dos fluxos no sistema florestal.

REFERÊNCIAS

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ. Relatório Ibá 2016, 100p. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_pd. Acesso em: 10 de maio 2017.

IPCC, 2014. **Climate Change 2014: The Physical Science Basis**. Summary for Policy Makers, Cambridge UK and New York, NY USA.

ROBERTSON, G. P. & TIEDJE, J. M. 1987. Nitrous oxide sources in aerobic soils: nitrification, denitrification, and other biological processes. **Soil Biology Biochemistry**. Leicestershire, v.19, p.187–193.

SANTOS, I. L. et al.. 2016. Soil N₂O emissions from long-term agroecosystems: Interactive effects of rainfall seasonality and crop rotation in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 233, 111-120.

SATO, J. H. et al.. 2017. Nitrous oxide fluxes in a Brazilian clayey oxisol after 24 years of integrated crop-livestock management, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Ithaca, v. 108, n. 1, 1-14.

SCHMIDT, E.L. Nitrification in soil. In: STEVENSON, F.J. Nitrogen in agricultural soils. **American Society of Agronomy**, Madison, p. 253-288, 1982.

SMITH, K. et al. The Global Nitrous Oxide Budget: A Reassessment. In: SMITH, K. (ed). **Nitrous Oxide and Climate Change**. Earthscan, London, p. 63-84, 2010.

USSIRI, D. A. N.; LAL, R. **Soil Emission of Nitrous Oxide and its Mitigation**. Springer Dordrecht, Rotterdam, Netherlands. 378 p. 2013

WMO -WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Greenhouse Gas Bulletin, 2012. Disponível em: http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/documents/GHG_Bulletin_No.8_en.pdf Acesso em: 8 de maio 2017.

WMO -WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Greenhouse Gas Bulletin, 2015. Disponível em: http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/documents/GHG_Bulletin_No.11_en.pdf >. Acesso em: 8 maio. 2017.

ZANATTA, J. A. et al.. Variabilidade espacial da emissão de N₂O e CH₄ no domínio das árvores em plantios florestais. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, CDRom.

FLUXOS DE ÓXIDO NITROSO NO SOLO SOB CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA E COM NITROGÊNIO NO CERRADO

Arminda M. de Carvalho¹, Alessandra Duarte de Oliveira¹, Thais Rodrigues de Sousa²,
Thais Rodrigues Coser³, Adriano Dicesar Martins de Araujo Gonçalves⁴

¹ Pesquisadora, Embrapa Cerrados, BR 020, km 18, Caixa Postal 08223, 73010-970, Planaltina-DF, arminda.carvalho@embrapa.br; alessandra.duarte@embrapa.br; ³ Graduação, Faculdade UnB de Planaltina – Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, Universidade de Brasília, thaisrodrigues25@hotmail.com; ⁴ Pós-doutorado, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, thacoser@gmail.com; ⁵ Pós-doutorado, Embrapa Cerrados, adrianodgonca@gmail.com

RESUMO:

A área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil aumentará a taxa anual de 2,9%, com potencial para atingir 11,5 milhões de hectares em 2024. A decomposição de palhicho acumulado no solo devido à eliminação de queimada e aplicações de nitrogênio e vinhaça com irrigação são as principais causas de intensificação das emissões de N₂O em áreas de cana-de-açúcar. O objetivo deste trabalho foi avaliar fluxos de N₂O no solo, em função de diferentes lâminas hídricas e fertilizante nitrogenado aplicado na cultura da cana-de-açúcar, além da correlação com as co-variáveis edafoclimáticas. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, em delineamento experimental de blocos casualizados, com três blocos e parcelas subdivididas representadas pelas lâminas hídricas (sequeiro, 17%, 46% e 75% da Evapotranspiração da Cultura - ETc). A área de Cerrado natural adjacente foi a referência desse estudo. As coletas de N₂O foram realizadas em câmaras estáticas, no tempo 0, 15 e 30 min. Foram coletadas amostras de solo para determinação de nitrogênio mineral (N-NH₄⁺, N-NO₃⁻) na profundidade 0-10 cm. As análises de N₂O foram realizadas por cromatografia gasosa e o N-mineral por colorimetria Lachat Quik Chen. Os maiores fluxos de N₂O ocorreram no final do período de seca, entre a primeira e segunda adubação nitrogenada e na maior lâmina de irrigação (LH75%). A aplicação de nitrogênio associada à irrigação aumentou em mais de 100% os picos de N₂O, com a lâmina hídrica de 75% da ETc em comparação ao sistema de salvamento (sequeiro). Fluxos de N₂O apresentaram mais alta correlação com EPSA.

PALAVRAS-CHAVE: lâminas hídricas, mudanças climáticas, N₂O, decomposição de palhicho, adubação, gases de efeito estufa

NITROUS OXIDE FLUXES IN IRRIGATED SUGARCANE AND NITROGEN IN THE CERRADO

ABSTRACT: The area planted with sugarcane in Brazil increased at an annual rate of 2.9%, reaching 11.5 million hectares in 2024. The decomposition of soil accumulated in the soil due to the elimination of the burning practice and applications of nitrogen and vinasse with irrigation are the main causes of intensification of N₂O emissions in areas of sugarcane. The objective of this work was evaluated by N₂O fluxes in the soil, as a function of different water slides and nitrogen fertilizers in the sugarcane crop, besides the correlation with edafoclimatic co-variables. The experiment was carried out in Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, in a randomized block design with 3 blocks and subdivided plots represented in water slides (17 %, 46% and 75% of Crop evapotranspiration - Etc). The Cerrado area for reference use. As N₂O collections were performed on static cameras, no time 0, 15, 30 min. Soil samples were collected for the determination of mineral nitrogen (N-NH₄⁺, N-NO₃⁻) at depth 0-10 cm. As analyzes of

N₂O were performed by gas chromatography and N-mineral by colorimetry Lachat Quik Chen. The highest N₂O fluxes occurred at the end of the drought period, between a first and second nitrogen fertilization and the largest irrigation scale (LH75%). Nitrogen fertilization associated with irrigation increased by more than 100% of N₂O peaks when applied to a 75% ETc water slide in the rescue system. The N₂O fluxes presented a higher correlation with WFPS co-variable.

KEY-WORDS: water depth, climate change, N₂O, sugarcane decomposition, fertilization, greenhouse gas.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com 665,6 milhões de toneladas por ano e crescimento anual de 4,9%, resultando em aumento expressivo de 12,2% da produtividade para a região Centro-Oeste (CONAB, 2016). É o 2º produtor mundial de etanol, sendo responsável por 20% das exportações mundiais, em função da expansão das áreas cultivadas e utilização de fertilizantes, principalmente, adubos nitrogenados. Diante desse cenário, a suplementação hídrica e o manejo de nitrogênio são estratégias importantes para aumentar seu rendimento energético (GAVA et al., 2011). Segundo a FAO (2015) a área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil aumentará a uma taxa anual de 2,9%, devendo atingir 11,5 milhões de hectares em 2024, provavelmente, em função da produção de etanol que chegará a 532 Mt no mesmo período. O cultivo da cana-de-açúcar irrigada no Cerrado tem se destacado como tema de interesse das pesquisas quanto às emissões de gases de efeito estufa – GEEs, e o N₂O é um dos principais GEEs advindos do setor agropecuário, cuja resiliência é estimada em 130 anos, com potencial de aquecimento global cerca de 300 vezes ao do CO₂. Além disso, a decomposição de palhço acumulado no solo e as aplicações de nitrogênio e vinhaça com irrigação são as principais causas de intensificação das emissões de N₂O em áreas de cana-de-açúcar (PAREDES et al., 2015). O objetivo deste trabalho foi avaliar os fluxos de N₂O no solo, em função de diferentes lâminas hídricas e aplicação de fertilizante nitrogenado na cultura da cana-de-açúcar, além da correlação com as co-variáveis edafoclimáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, em delineamento experimental de blocos casualizados, com três blocos e parcelas subdivididas representadas pelas seguintes lâminas hídricas: sequeiro (S), lâmina hídrica 17% (LH17%), lâmina hídrica 46% (LH46%) e lâmina hídrica 75% (LH75%) da evapotranspiração da cultura (Etc). Uma área de Cerrado nativo adjacente ao experimento foi o tratamento utilizado como referência. A cultivar de cana foi a RB855536 e a irrigação aplicada com o sistema Line Source Sprinkler System, modificado em barras lineares acopladas a um carretel. As parcelas foram irrigadas em turnos de rega fixos com intervalos de 10 dias. O método de coletas de N₂O foi das câmaras estáticas, no tempo 0, 15, 30 min respectivamente. Foram realizadas amostragem de solo para determinação de nitrogênio mineral (N-NH₄⁺, N-NO₃⁻) na profundidade 0-10 cm, com três sub amostras em cada uma das parcelas. As análises de N₂O foram realizadas por cromatografia gasosa, com coluna Porak Q e um elétron detector e o N-mineral por colorimetria Lachat Quik Chen (FIA). Os elementos

meteorológicos foram medidos, a partir de uma estação automática, modelo (Campbell Sci.) e a temperatura do solo por meio de termômetro digital, no momento da amostragem do ar para análises de N₂O.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos médios diários de N₂O variaram de -41,20 a 109,95 $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$, onde os menores valores foram observados no cerrado nativo (-41,20 a 32,78 $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$). Em relação aos tratamentos irrigados, a maior variação e fluxos mais elevados ocorreram no tratamento LH75%, com variação de -8,4 a 109,95 $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$. No tratamento S, a amplitude dos fluxos foi menor quando comparado aos irrigados, variando de -29 a 40,9 $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ (Figuras 1A e B). A irrigação, com reposição parcial da ETc (75%), manteve os valores de EPSA em patamares favoráveis ao processo de nitrificação (>65%), que associados a decomposição da palhada adicionada no solo ao longo de 5 anos e as condições de temperatura para mineralização de N (23-25 °C) potencializaram a magnitude dos fluxos, com pico máximo representando um incremento de 169% quando comparado ao sequeiro (LH75% e S).

A segunda fertilização nitrogenada que ocorreu na época chuvosa (27/10/2015), com precipitação de 51,5 mm nos cinco dias subsequentes promoveu fluxos acima de 100 $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$, com EPSA de 70% e N mineral >53mg kg⁻¹, condições favoráveis à nitrificação e consequente formação de N₂O no solo mg kg⁻¹. Uma das razões para a não ocorrência de fluxos mais elevados pode ter sido a forma predominante de N mineral no solo que foi a amoniacal, em função da fórmula [(NH₄)₂SO₄] do fertilizante nitrogenado (sulfato de amônio). E deve ser considerado que o 5º corte da cana-de-açúcar, havia ocorrido há três meses, ou seja, no mês de maio, resultando no aporte de quantidades elevadas de palhada, com altas razões C/N (36,8), consequentemente, baixa decomposição da palhada (RAMOS et al., 2016). A produtividade desta cultivar para os tratamentos S, LH17%, LH46%, LH75% foram 105,5; 108,3; 117,9; 171,3 tha⁻¹ respectivamente.

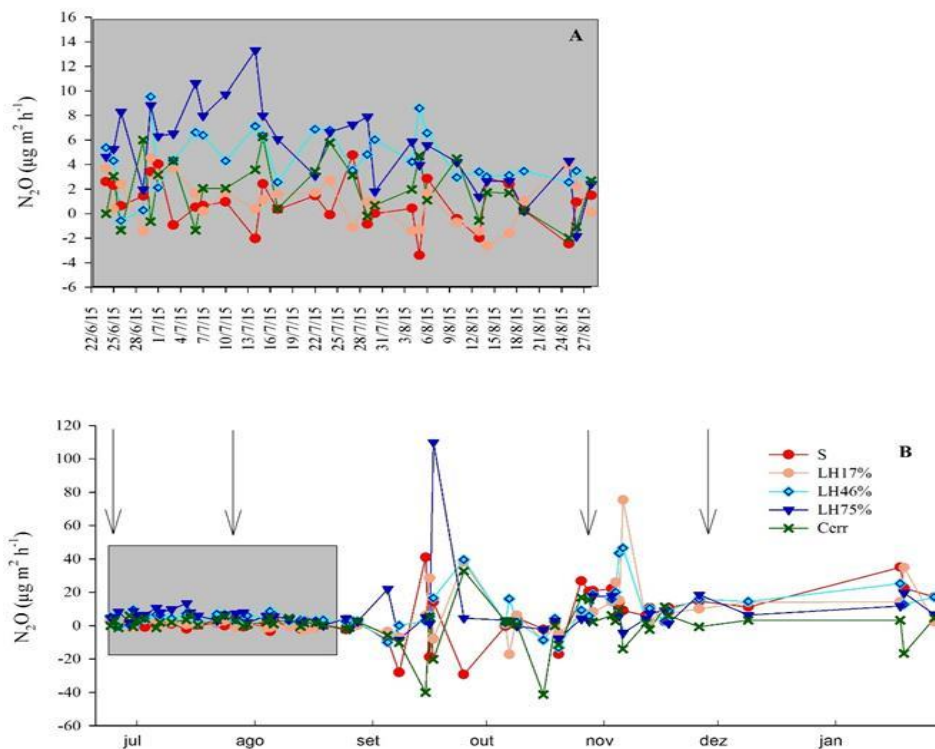


Figura1. Fluxos diários de N₂O. Ampliação na escala de junho a agosto de 2015 (A); Fluxos diários de todo o periodo avaliado (B); As setam indicam o inicio e fim das fertilizações nitrogenadas, realizadas em 22/06/16 e 27/10/16, com monitoramento até um mês após adubação.

A análise de correlação de Pearson foi realizada para o N₂O com as variáveis edafoclimáticas (N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, TS e EPSA). O N₂O apresentou maior correlação significativa com o nitrogênio mineral na forma amoniacal (N-NH₄⁺), nos tratamentos S (-0,324*) e LH46% (0,453**). Em relação à temperatura do solo, o N₂O apresentou correlação positiva, porém baixa, no tratamento LH17%, com 0,271 (p<0,05). A temperatura do solo exerce influência nos fluxos de N₂O, interferindo nos processos bioquímicos e limitando a atividade microbiana (DAVIDSON et al., 2006), porém, seu efeito é pontual e influenciado pela disponibilidade de substrato mais lábil. Na correlação considerando apenas a segunda adubação nitrogenada (27/10/2015), os fluxos de N₂O apresentaram a mais alta correlação (0,594) significativa (p < 0,05) com a co-variável EPSA. A umidade do solo, expressa pelo EPSA, é uma co- variável chave para explicar fluxos de N₂O no solo, após a aplicação de fertilizantes (SIGNOR; CERRI, 2013). Esses resultados comprovam correlações entre a fonte aplicada como sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄], as condições edafoclimáticas, principalmente umidade do solo representada por EPSA e os fluxos de N₂O no solo.

CONCLUSÕES

Nas condições desse trabalho:

- Os maiores fluxos de N₂O ocorrem no final do período de seca, entre a primeira e segunda adubação nitrogenada e na maior lâmina de irrigação (LH75%).
- A fertilização nitrogenada associada à irrigação aumenta em mais de 100% os picos de N₂O, quando utilizada a lâmina hídrica de 75% da ETc em comparação ao sistema de sequeiro apenas com irrigação de salvamento.
- Os fluxos de N₂O apresentam sua mais alta correlação com a co-variável EPSA.

REFERÊNCIAS

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento Brasileiro da cana-de-açúcar. v.2, Safra 2015/16, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-76, abril 2016.

DAVIDSON, E.A.; JANSSENS, I.A.; LUO, Y. *On the variability of respiration in terrestrial ecosystems: Moving beyond Q10*. **Global Change Biology**, Illinois, v.12. p.154-164, 2006.

FAO, Food and Agriculture Organisation. 2015 http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2015_agr_outlook-2015-en. Roma, Acesso em 10 de maio de 2015.

GAVA, G.J.C. et al.. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p.250-255, 2011.

PAREDES, D. D. S. et al.. Nitrous Oxide and Methane Fluxes Following Ammonium Sulfate and Vinasse Application on Sugar Cane Soil. **Environmental Science & Technology**. California, v. 49, p.11209–11217, 2015. doi:10.1021/acs.est.5b01504

RAMOS, N. P. et al.. Decomposição de palha de cana-de-açúcar recolhida em diferentes níveis após a colheita mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira (Online)**, Brasília, v. 51, p. 1492-1500, 2016.

SIGNOR, D.; CERRI, C.E.P.; CONANT, R. N₂O emissions due to nitrogen fertilizer applications in two regions of sugarcane cultivation in Brazil. **Environmental Research Letters**, Bristol, v.8, n.1, doi:10.1088/1748-9326/8/1/015013. 9p, 2013.

IMPACTOS DO CLIMA NO ABASTECIMENTO E PREÇO DA ALFACE CRESPA EM SÃO PAULO

Elisa Sayoko Nakajima¹, Jurandir Zullo Junior², Marcos Tadeu Andrade Cordeiro³,
Aluísio de Souza Pinheiro⁴

¹Pesquisadora Colaboradora, Cepagri/Unicamp, Campinas, São Paulo, sayokonakajima@gmail.com;

²Pesquisador, Cepagri/Unicamp, Campinas, São Paulo, jurandir@cpa.unicamp.br, Pesquisador CNPq;

³Doutorando, IMECC/Unicamp, Campinas, São Paulo, mtacordeiro@gmail.com; ⁴ Professor, IMECC/Unicamp, Campinas, São Paulo, pinheiro@ime.unicamp.br

RESUMO: Os produtos de horticultura denominados folhosas ocuparam, em 2015, uma área produtiva de 23 mil ha, aproximadamente, no estado de São Paulo, sendo que, dentre elas, a alface ocupou 11,1 mil ha. No estado de São Paulo, há dois grandes pólos de produção de folhosas localizados na região denominada de Reserva de Biosfera do Cinturão Verde (RBCV) da cidade de São Paulo. Na atualidade, os produtores desse cinturão vêm enfrentando dificuldades no fornecimento para os grandes centros urbanos devido à exposição a eventos climáticos e meteorológicos extremos que têm colocado a região em uma situação vulnerável, tornando a atividade onerosa e economicamente inviável, tais como: problemas de disponibilidade hídrica, eventos de granizo, ou chuvas intensas dificultando a colheita. Diante dessa situação, o objetivo desse trabalho foi estudar o clima da região do cinturão verde de São Paulo, em termos de precipitação e temperatura, visando entender seus impactos na quantidade de fornecimento e, conseqüentemente, no preço da alface crespa. Foram utilizados modelos de regressão com erros ARIMA para a análise de séries temporais de 2000 a 2014, buscando identificar um modelo que relacione dados climáticos com dados de produção de alface crespa dessa região. Os resultados indicam que o preço da alface crespa é impactado por eventos de temperatura mínima ou extremos de temperatura máxima acontecidos dois meses antes e a quantidade de fornecimento é influenciada por eventos de temperatura máxima e extremos de temperatura mínima ocorridos um mês antes.

PALAVRAS-CHAVE: horticultura, folhosas, séries temporais e ARIMA

CLIMATE IMPACTS ON THE SUPPLY AND PRICE OF THE CURLY LETTUCE IN SÃO PAULO

ABSTRACT: Horticulture products occupied around 23 thousand ha of the production area in the state of São Paulo in 2015. Among them, the lettuce occupied 11.1 thousand ha. There are two poles of leaf vegetable production in state of São Paulo, located in the region called the Biosphere Reserve Green Belt (RBCV) of the city of São Paulo. The greenbelt region producers are facing difficulties to supply horticulture products for the big markets, due to the climatic and meteorological extreme events. These events posed the region in a vulnerable condition, with problems regarding water availability, or excessive rainfall, and extremes climatic events like frost and hail rain, thus hindering the harvest and making it the activity expensive and unfeasible. It is important to understand the problems that farmers faces in order to continue the supply of their products to the large urban centers. The objective of this paper was to study the climate of the São Paulo green belt region in terms of precipitation and temperature to understand its impacts on the supply quantity and the price of curly lettuce. A regression model with ARIMA errors was used for the analysis of time series from 2000 to 2014, to identify a model that relates the climate data to those of curly lettuce production in this region. The results indicate that the price of curly lettuce is impacted by events of

minimum temperature or extremes of maximum temperature occurred two months earlier and the supply quantity is influenced by events of maximum temperature and extremes of minimum temperature occurred one month earlier.

KEY-WORDS: horticulture, leaf vegetable, time series and ARIMA error.

INTRODUÇÃO

As folhosas têm grande importância no mercado de hortaliças, sendo que, dentre elas, a alface crespa se destaca por ser a mais consumida no Brasil, segundo a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM). Em 2015, no estado de São Paulo, em torno de 23 mil ha de área foi ocupada para a produção de hortaliças, dentre as quais, 11,1 mil ha foi destinada para a alface (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2016). No estado de São Paulo (HORTIFRUTI BRASIL, 2017), dois grandes pólos de produção de folhosas estão na região da Reserva de Biosfera do Cinturão Verde (RBCV) da cidade de São Paulo: as regiões de Ibiúna (Ibiúna, Piedade e Vargem Grande Paulista) e de Mogi das Cruzes (Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim, Salesópolis e Suzano). Estas regiões têm sofrido com o aumento de chuvas intensas e a redução de chuvas leves (MARENGO et al., 2013), que impactam diretamente a produção da alface, gerando perdas durante o plantio e a colheita, ocasionando a falta de produtos no mercado consumidor. Na temporada de chuvas de 2013 até 2015, a falta de água foi uma grande preocupação, tanto para o consumo humano quanto para a irrigação da agricultura local. Já em 2016, o cenário foi de excesso de chuvas e baixas temperaturas no inverno e chuvas de granizo e geadas, que geraram perdas no campo (HORTIFRUTI BRASIL, 2017). Desse modo, este trabalho tem como objetivo avaliar, com base em técnicas estatísticas, o comportamento da distribuição espaço-temporal das chuvas e temperaturas e analisar a correlação desses dados com a variabilidade da quantidade fornecida e dos preços da alface crespa no mercado consumidor.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de séries históricas de quantidade de fornecimento da alface crespa e seus respectivos preços, observada mensalmente de janeiro de 2000 a dezembro de 2014, considerados como variável dependente (resposta), sendo cedidos pelo CEAGESP (Central de Abastecimento Geral do Estado de São Paulo). Para as séries consideradas como variáveis dependentes (covariáveis), foram obtidos dados diários de precipitação disponíveis nos sites do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) e da ANA (Agência Nacional de Águas), sendo totalizados mensalmente. Os dados de temperatura foram coletados de estações meteorológicas próximas às dos locais de produção e determinados os valores extremos dentro de cada mês para representar a temperatura mensal. As séries consideradas como covariáveis e seus respectivos tamanhos são: (i) x_1 : média das temperaturas mínimas (em °C) - DC1 [180]; (ii) x_2 : média das temperaturas médias (em °C) - DC2 [180]; (iii) x_3 : média das temperaturas máximas (em °C) - DC3 [180]; (iv) x_4 : extremo das temperaturas mínimas (em °C) - DC4 [180]; (v) x_5 : extremo das temperaturas máximas (em °C) - DC5 [180]; (vi) x_6 : precipitação (em mm) - DC6 [180].

Para as séries temporais de variáveis resposta, foram ajustados um total de 25 modelos de regressão múltipla (cinco defasagens e cinco estruturas ARIMA para os erros), onde as covariáveis de cada modelo foram o tempo t e uma das seis séries temporais. Para cada um dos 25 modelos de cada variável resposta, aplicando o teste de gaussianidade de Shapiro-Wilks aos resíduos, ele apontou para normalidade. Utilizou-se a distribuição normal para obtenção das amostras bootstrap e também o teste Box-Pierce, para o teste nulo de independência, onde valor- p é a estatística do teste baseado em 20 coeficientes de autocorrelação (de 1 a 20), (GIVENS & HOETING, 2013; SHUMWAY & STOFFER, 2010; CHATTERJEE et al., 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as 25 modelagens realizadas, foi escolhido o modelo que apresentou, com os resíduos dos resíduos, o ruído branco e o menor erro quadrático médio de bootstrap previsto. Assim, optou-se por modelar cada variável resposta utilizando o preditor linear correspondente a cada defasagem e a estrutura do erro da regressão linear múltipla apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Preditores lineares, estrutura do erro, Box-Pierce e erro quadrático médio.

Variável Resposta	Preditor linear	Estrutura de erro	Box-Pierce	Erro quadrático médio
Preço da Alface Crespa	t , DC1 e DC5	SARIMA(1,0,0)x(1,0,0) ₆	0,857	12,930
Quantidade da Alface Crespa	DC3 e DC4	ARIMA (1, 0, 0)	0,799	1,21E+11

O modelo ajustado para o preço da alface crespa é apresentado na Equação (1).

$$\begin{aligned} y_t &= \beta_0 + \beta_1 \cdot (t - 2) + \beta_2 \cdot x_{DC1,t-2} + \beta_3 \cdot x_{DC5,t-2} + \epsilon_t \\ \epsilon_t &= \phi\epsilon_{t-1} + \Phi\epsilon_{t-6} + w_t \quad w_t \sim (0, \sigma^2) \end{aligned} \quad \text{Equação (1)}$$

onde as estimativas dos parâmetros obtidas para os preços foram: $\beta_0=0,1918$ e $\beta_1=0,0055$, indicando que o aumento de uma unidade no tempo t gera um aumento de R\$ 0,0055 na média do preço da alface crespa quando DC1 e DC5, defasadas por um período de dois meses, são mantidas fixas; $\beta_2=0,0670$, onde o aumento de uma unidade em DC1, defasada por um período de dois meses, gera um aumento de R\$ 0,0670 na média do preço, quando t e DC5, também defasadas em dois meses, são mantidas fixas; $\beta_3=-0,018$, indicando que o aumento de uma unidade de DC5, defasada em dois meses, proporciona um decréscimo de R\$ 0,018 na média do preço, quanto t e DC1, também defasadas pelo mesmo período, são mantidas fixas; $\phi=0,5034$, $\Phi=0,1752$ e $\sigma^2=0,1099$. Para a variável resposta preço, há influência de fatores climáticos, principalmente as médias das temperaturas mínimas e o extremo das temperaturas máximas.

O modelo ajustado para a quantidade de alface fornecida é fornecida pela Equação (2).

$$\begin{aligned} y_t &= \beta_0 + \beta_1 X_{(DC3,t-1)} + \beta_2 X_{(DC4,t-1)} + \epsilon_t \\ \epsilon_t &= \phi\epsilon_{t-1} + \Phi\epsilon_{t-6} + w_t \quad w_t \sim (0, \sigma^2) \end{aligned} \quad \text{Equação (2)}$$

onde as estimativas dos parâmetros obtidas para as quantidades foram $\beta_0=1016052$ e $\beta_1=21850,3$, onde o aumento de uma unidade de DC3, defasada por um período de um

mês, acarreta em um aumento de 21.850,3 kg na média da quantidade de alface crespa, quando DC4 defasada em um mês é mantida fixa; $\beta_2=22475$, onde aumentando uma unidade em DC4, defasada em um mês, ocasiona um aumento de 22.475 kg na média da quantidade, quando DC3 defasada em um mês é mantida fixa; $\phi=0,4473$ e $\sigma^2=2,382 \times 10^{10}$. A quantidade fornecida de alface crespa sofre a influência dos fatores climáticos, principalmente a média das temperaturas máximas e dos eventos de extremos de temperaturas mínimas.

A Figura 1 (a) mostra os valores do preço da alface crespa para o ano de 2014, com os preditos pelo modelo descrito pela Equação (1). Observa-se que sete das 12 previsões estão contidas no intervalo de confiança de 93,15% do bootstrap construído e os valores observados para fevereiro, março e abril de 2014 foram os que mais diferiram dos preditos pelo modelo. Isso pode ser explicado pelo fato que, nesse ano, o mercado teve falta de alface crespa devido à escassez de chuvas, ou seja, foi um ano com comportamento atípico em relação ao preço. A Figura 1(b) apresenta um gráfico comparando os valores da quantidade da alface crespa para o ano de 2014, com os preditos pela Equação (2). Além disso, um intervalo de confiança (via bootstrap) de 91,6% é apresentado. Observa-se que todas as 12 previsões estão contidas no intervalo de confiança bootstrap construído.

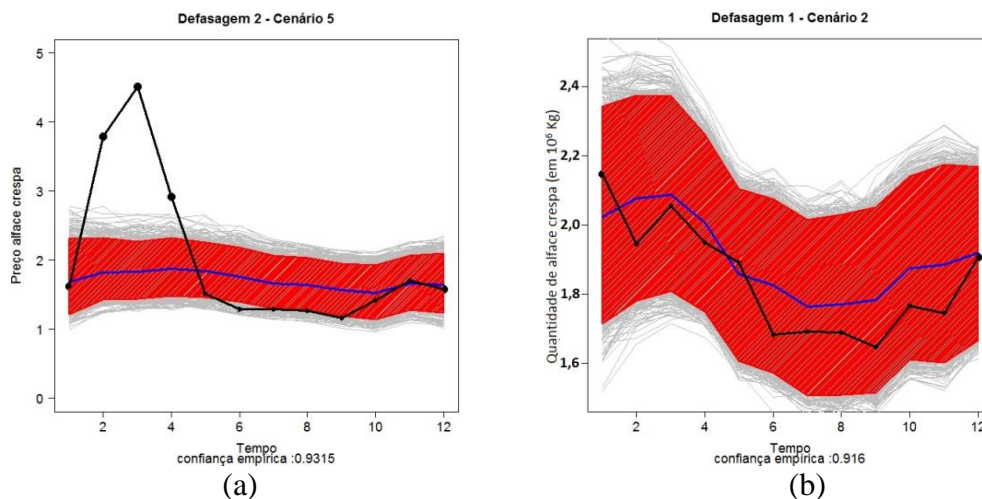


Figura 1: Valores preditos e observados do preço (a) e da quantidade (b) de alface crespa, para um período de 12 meses.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, buscou-se por modelos que descrevessem o preço e as quantidades de alface crespa em função de variáveis climáticas, onde as variáveis repostas e as covariáveis são séries temporais. Além disso, as covariáveis foram consideradas sem e com uma certa defasagem.

O preço da alface crespa teve como preditor linear o tempo, a média das temperaturas mínimas (DC1) e o extremo das temperaturas máximas (DC5), defasadas em dois meses. Para a quantidade de alface crespa, as covariáveis presentes no modelo foram a média das temperaturas máximas (DC3) e o extremo das temperaturas mínimas (DC4), defasadas em um mês.

Estes resultados indicam que eventos de temperatura mínima ou extremos de temperatura máxima podem impactar o preço da alface crespa em dois meses adiante no futuro. Isto pode auxiliar um produtor na tomada de decisão quanto à sua produção para evitar prejuízos. Eventos de temperatura máxima e extremos de temperatura mínima podem impactar diretamente a qualidade do produto, afetando, assim, diretamente a quantidade de fornecimento e, indiretamente, o preço do produto.

AGRADECIMENTOS

À CEAGESP, pelo fornecimento dos dados de produção agrícola.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS 2016. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2016. Anual. Disponível em: <<http://www.editoragazeta.com.br/wp-content/uploads/2016/11/Hortalicas-2016.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2017.

CHATTERJEE, S.; HADI, A. S.; PRICE, B. **Regression analysis by example.** Hoboken: John Wiley and Sons. 2006, p. 236.

GIVENS, G. H.; HOETING, J. A. **Computational Statistics.** Second edition. John Wiley & Sons Inc., 2013, p.710.

HORTIFRUTI BRASIL. Piracicaba: Cepea Esalq, v. 164, 1 fev. 2017. Mensal. Disponível em: <<http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/clima-2014-2017.aspx>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

MARENGO, J.A.; VALVERDE, M.C.; OBREGON, G.O. Observed and projected changes in rainfall extremes in the metropolitan area of São Paulo. **Climate Research**, v. 57, 2013, p. 61-70.

SHUMWAY, R. H.; STOFFER, D. S. **Time series analysis and its applications: with R examples.** Springer Science & Business Media, 2010, p. 293-294.

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CEBOLA EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CO₂ E TEMPERATURA

Maydara Thaylla Cavalcanti Rêgo¹, Juliane Rafaele Alves Barros², Francislene Angelotti³; Nivaldo Duarte Costa³, Bárbara França Dantas³

¹Graduanda – UPE Petrolina-PE, Estagiária na Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, maydara.rego@hotmail.com; ²Doutoranda – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, juliane-ab@hotmail.com; ³Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, francislene.angelotti@embrapa.br; ndcosta@cpatsa.embrapa.br; barbara.dantas@embrapa.br.

RESUMO: O dióxido de carbono e a temperatura interferem no metabolismo e na germinação de sementes. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do aumento da concentração de CO₂ e temperatura na germinação de sementes de cebola híbrida Predileta. O experimento foi conduzido em câmaras de crescimento com controle de temperatura, umidade, CO₂ e fotoperíodo. As sementes foram plantadas em bandejas, em arranjo fatorial de 3x2 (temperatura x concentração de CO₂), sendo utilizadas 4 repetições de 36 sementes. A avaliação foi realizada por meio da contagem diária das sementes germinadas, durante 12 dias. Foi avaliado a % de germinação (G), a velocidade de germinação (VG), o índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. O aumento da temperatura reduz a germinação e o índice de velocidade de germinação da semente híbrida de cebola Predileta. O ambiente enriquecido com CO₂ influencia positivamente a germinação das sementes mantidas no regime de temperatura de 26°C - 32°C - 38°C.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas, dióxido de carbono, *Allium cepa* L.

GERMINATION OF ONION SEEDS IN DIFFERENT CONCENTRATIONS OF CO₂ AND TEMPERATURE

ABSTRACT: Carbon dioxide and temperature may interfere with metabolism and seed germination. In this way, the objective of the work was to evaluate the effect of the increase of CO₂ concentration and temperature on the germination of Predileta hybrid onion seeds. The experiment was conducted in growth chambers and the seeds were planted in trays, in a factorial arrangement of 3x2 (temperature x CO₂ concentration), using 4 replicates of 36 seeds. The evaluation was carried out by means of the daily count of germinated seeds, during 12 days. The percentage of germination (G), germination speed (GV), germination speed index (GI) and mean germination time (GWT) were evaluated. Data were submitted to analysis of variance and means were compared by the Scott-Knott test at 5% probability. The increase in temperature reduces the germination and germination rate index of the Predileta hybrid onion seed. The environment enriched with CO₂ positively influences the germination of seeds maintained at the temperature regime of 26°C - 32°C - 38°C.

KEY-WORDS: Climate change, carbon dioxide, *Allium cepa* L.

INTRODUÇÃO

As projeções de clima para o futuro, de acordo com o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) sugerem que a emissão de gases de efeito estufa geradas pelas atividades humanas sejam responsáveis pelo acréscimo da temperatura, estimada a aumentar de 2 a 5,8°C nos próximos 100 anos (IPCC, 2013). De acordo com o IPCC, o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso são os principais gases de efeito estufa, sendo o CO₂ responsável por 60% das concentrações presentes na atmosfera. Nos últimos 250 anos, a concentração de CO₂ aumentou de 290 para 379 ppm (partes por milhão), com previsão de chegar a 550 ppm em 2100 (IPCC, 2013).

O CO₂, além de atuar como gás de efeito estufa, pode causar impactos diretos e indiretos no desenvolvimento de plantas (GALON et al., 2010). Em sementes, este gás pode interferir no metabolismo e na qualidade fisiológica das mesmas (AGUIAR et al., 2012). Como o dióxido de carbono, a temperatura também influencia no desenvolvimento das plantas, podendo atuar diretamente no processo de germinação das sementes. Em sementes, a temperatura pode alterar a velocidade de absorção de água e interferir nas reações bioquímicas, afetando a velocidade e a uniformidade da germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). O cultivo da cebola (*Allium cepa* L.) no Brasil é de grande importância socioeconômica, especialmente no Nordeste, por apresentar favoráveis condições ambientais ao longo do ano (EL BALLA et al., 2013). Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do aumento da concentração de CO₂ e da temperatura na germinação de sementes do híbrido de cebola Predileta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Embrapa Semiárido em Petrolina-PE, em câmaras de crescimento, do tipo Fitotron, com controle da temperatura, umidade, CO₂ e fotoperíodo. Foram utilizadas sementes de cebola do híbrido Predileta, semeadas em bandejas de plástico contendo substrato para hortaliças, em um arranjo fatorial de 3x2 (temperatura x concentração de CO₂). Foram utilizadas 4 repetições de 36 sementes. Os regimes de temperatura foram: T°1: 18-24-30°C (18°C no horário de 20h às 6h; 24°C no horário de 6h às 10h; 30°C no horário de 10h às 15h e 24°C no horário de 15h às 20h); o regime T°2: 22-28-34°C (22°C no horário de 20h às 6h; 28°C no horário de 6h às 10h; 34°C no horário de 10h às 15h e 28°C no horário de 15h às 20h); e o regime T°3: 26-32-38°C (26°C no horário de 20h às 6h; 32°C no horário de 6h às 10h; 38°C no horário de 10h às 15h e 26°C no horário de 15h às 20h) e duas concentrações de CO₂ (770 ppm e 390 ppm).

Para avaliação da germinação, foram realizadas contagens diárias de sementes germinadas durante 12 dias. A partir dos dados obtidos, avaliou-se a porcentagem de germinação (G), velocidade de germinação (VG), índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG). A germinação (G) foi determinada através da contagem de sementes germinadas diariamente, sendo expressa em porcentagem, considerando-se germinadas as sementes que apresentassem 2mm de protrusão da radícula. A velocidade de germinação (VG) foi calculada pelo inverso do tempo médio de germinação, por meio de contagens diárias (LABORIAU, 1970). O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado a partir da soma do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo respectivo número de dias transcorridos a partir da semeadura, correspondendo ao número de sementes germinadas ao longo do tempo, sendo expresso em semente/dia (MAGUIRE, 1962). O tempo médio de germinação (TMG) se refere à soma do número de sementes germinadas multiplicado

pelo tempo de incubação em dias, dividido pela soma de sementes germinadas por dia (LABOURIAU, 1983).

Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando o programa ASSISTAT Versão 7.7 beta (SILVA, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que houve interação significativa da temperatura e CO₂ para a porcentagem de germinação (G) e para o índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 1). Para as variáveis VG e TMG, observou apenas o efeito isolado da temperatura e da concentração de dióxido de carbono (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores de Porcentagem de germinação (G), Tempo médio de germinação (TMG), Velocidade de germinação (VG) e Índice de velocidade de germinação (IVG) de semente híbrida de cebola Predileta, submetida a diferentes temperaturas (T°1: 18°C - 24°C - 30°C; T°2: 22°C - 28°C - 34°C; T°3: 26°C - 32°C - 38°C) e concentrações de CO₂ (390ppm e 770ppm).

Fonte de variação	GL	QM			
		G	VG	IVG	TMG
Temperatura (T)	2	3397,31**	0.00087*	22,03**	0,80*
CO ₂	1	329,21 ns	0.00106*	0,20 ns	0,94*
T x CO ₂	2	756,49**	0.00001ns	4,25**	0,02ns
Tratamento	5	1727,36**	0.00056*	10,55**	0,52*
Resíduo	18	107,38	0.00018	0,52	0,16
CV (%)		18,73%	7,53%	18,71%	7,17%

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo, ** significativo ao nível de 1% de probabilidade, * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Para a germinação das sementes observou-se que o regime de temperatura de 26°C - 32°C - 38°C e a concentração de 390 ppm de CO₂ promoveu uma redução na germinação de sementes (Tabela 2). Da mesma maneira, como observado para a germinação das sementes, o aumento da temperatura reduziu o índice de velocidade de germinação, apresentando menor índice em sementes mantidas a 390 ppm de CO₂ (Tabela 3). Segundo Dousseau et al. (2008), temperaturas superiores à temperatura ótima para a germinação causa a desnaturação de proteínas essenciais a este processo, afetando diretamente as reações enzimáticas das sementes, o que prejudica não só a porcentagem da germinação, como também a velocidade da germinação. Em sementes de soja, Aguiar et al. (2012) verificaram que o CO₂ influenciou positivamente na manutenção da germinação e vigor das sementes. Resultados obtidos por Silva (2012) mostraram que a concentração de dióxido de carbono não influenciou o IVG de sementes de melancia.

Tabela 2. Porcentagem de germinação (G) de sementes híbrida de cebola Predileta, submetida a diferentes temperaturas (T°1: 18°C - 24°C - 30°C; T°2: 22°C - 28°C - 34°C; T°3: 26°C - 32°C - 38°C) e concentrações de CO₂ (390ppm e 770ppm).

	770ppm	390 ppm
T°1	63,88 aA	67,36 aA
T°2	66,66 aA	70,83 aA
T°3	46,52 bA	16,66 bB

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Porcentagem de índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes híbrida de cebola Predileta, submetida a diferentes temperaturas (T°1: 18°C - 24°C - 30°C; T°2: 22°C - 28°C - 34°C; T°3: 26°C - 32°C - 38°C) e concentrações de CO₂ (390ppm e 770ppm).

	770 ppm	390 ppm
T°1	4,26 aA	5,05 aA
T°2	4,75 aA	5,27 aA
T°3	2,90 bA	1,04 bB

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

O aumento da temperatura reduz a germinação e o índice de velocidade de germinação da semente híbrida de cebola Predileta. O ambiente enriquecido com CO₂ influencia positivamente a germinação das sementes mantidas no regime de temperatura de 26°C - 32°C - 38°C.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, R.W.S. et al.. Efeito do dióxido do carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e micoflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.554-560, 2012.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 590 p, 2012.

DOUSSEAU, S. et al.. F. C. Germinação de sementes de Tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.438-443, 2008.

EL BALLA, M. M. et al.. Effects of time of water stress on flowering, seed yield and seed quality of common onion (*Allium cepa* L.) under the arid tropical conditions of Sudan. **Agricultural Water Management**. v.121, p.149-157, 2013.

GALON, L. et al.. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho, **Revista Tropica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.4, p. 19-38, 2010.

IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change. Climate Change: The Physical Science Basis. Cambridge: University Press, 1535p, 2013.

LABORIAU, LG. On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* Sm. I. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, n.42, p.235-262, 1970.

LABOURIAU, LG. **A germinação das sementes**. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos. Washington, D.C. 1983.

MAGUIRE, JD. Speed of germination-aid in selection and evaluation of seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

SILVA, F. Germinação e Desenvolvimento Inicial de Plântulas de Melancia Submetidas ao Aumento do CO₂, Temperatura e Salinidade. 2012. 88p. **Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado da Bahia**, Juazeiro, 2012. p. 88.

SILVA, F.A.S. **Sistema de Assistência Estatística** –ASSISTAT versão 7.7 beta. 2016.

BALANÇO HÍDRICO ATUAL E SIMULAÇÕES PARA CENÁRIOS CLIMÁTICOS NO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, BRASIL

Balbina Maria Araújo Soriano¹, Carlos Roberto Padovani², Fernando Antônio Fernandes³, Ana Helena B. M. Fernandes⁴

¹Meteorologista, Dra., Pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, balbina.soriano@embrapa.br; ²Biólogo, Dr., Pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, carlos.padovani@embrapa.br; ³Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, fernando.fernandes@embrapa.br; ⁴Agrônoma, M.Sc., Pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, ana.marozzi-fernandes@embrapa.br

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi analisar as alterações do balanço hídrico climatológico (BHC) para a sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul Mato-grossense, sob as condições climáticas atuais e baseados nos cenários climáticos futuros. Para isso, foram utilizados dados mensais de precipitação (P) e temperatura do ar (T) coletados na estação climatológica de Nhumirim referente ao período de 1977 a 2015. A partir desses dados foi realizado o BHC (THORNTHWAITE; MATHER, 1995), considerando três cenários climáticos: C1 - cenário atual de 1977 a 2015, C2 - cenário atual e incremento mensal de +2,5°C nos valores de T e diminuição -10% nos valores mensal de P, C3 - cenário atual e um incremento mensal de +3,5°C nos valores de T e diminuição -20% nos valores mensal de P. Verificou-se no cenário C1 um excedente hídrico de 148 mm entre dezembro e março e um déficit em torno de 254 mm nos meses de abril a outubro. Com as projeções dos cenários climáticos futuros, pode-se constatar que, as condições hídricas do solo tornam-se cada vez mais críticas em função do aumento de temperatura e redução da precipitação. No cenário C3 o déficit de água no solo chegou a 696 mm, estendendo-se entre os meses de fevereiro e novembro, com excedente de apenas 10 mm em janeiro. Muito embora as previsões dos modelos climáticos apresentem elevado grau de incertezas, esses resultados poderão alterar significativamente as feições fisionômicas do Pantanal, gerando impactos diretos na produção pecuária sustentável e também sobre a fauna e a flora.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas, disponibilidade de água, cenários futuros

ACTUAL CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE AND CLIMATIC SCENARIOS SIMULATION IN THE PANTANAL OF NHECOLANDIA, BRAZIL

ABSTRACT: The aim of the current study was to analyze changes in the climatological water balance (CWB) for the sub-region of Nhecolândia, Pantanal Sul Mato-grossense, under the current climatic conditions and based on future climatic scenarios. Therefore, monthly rainfall (P) and air temperature (T) data were collected from the Nhumirim climatological station for the period from 1977 to 2015. From these, the CWB was performed according to Thornthwaite and Mather (1995), considering three climatic scenarios: C1 - current scenario from 1977 to 2015, C2 - current scenario and a monthly increase of +2.5 °C in the T values and a decrease of -10% in the monthly values of P, C3 - current scenario and a monthly increase of +3.5 °C in T values and a decrease of -20% in the monthly values of P. It was verified in the scenario C1 a water surplus of 148 mm between december and march and a deficit around 254 mm in the months of april to october. With the projections of the future climatic scenarios, it can noticed, the soil water conditions become increasingly critical due to the temperature increase and

precipitation reduction. In scenario C3 the soil water deficit reached 696 mm, between february and november, with a surplus of 10 mm only in January. Although, the climate models forecast a high degree of uncertainty, these results may significantly change the physiognomic features of the Pantanal, generating rights impacts on sustainable livestock production and also in the fauna and flora

KEY WORDS: Climate change, water availability, future scenarios

INTRODUÇÃO

O estudo das mudanças climáticas globais é objeto de várias iniciativas internacionais e nacionais para esboçar cenários futuros do clima, quantificando impactos e propondo medidas de mitigação e de adaptação. Em seu último relatório o PMBC (2014) apresentou projeções de aumento de temperatura e diminuição/aumento da precipitação para os biomas brasileiros, baseadas nos resultados científicos de modelagem climática global e regional até o final deste século, em decorrência do aumento das concentrações dos gases de efeito estufa (dióxido de carbono, óxido nitroso, vapor d'água, metano).

Os cenários futuros têm indicado alteração nas características climáticas do Pantanal brasileiro, que segundo Marengo et al. (2016), utilizando modelos regionais Eta-HadGEM2, apresentam projeções futuras de aumento da temperatura média do ar variado de 2,5-3,5°C e redução da precipitação anual da ordem de 10-20% até 2040 e acima de 4°C com redução das chuvas em torno 30% até 2100.

Desta forma, se as mudanças previstas se concretizarem, o bioma Pantanal sofrerá alterações na sua dinâmica hidrológica, que afetará a biodiversidade e também as atividades socioeconômicas.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi analisar as alterações do balanço hídrico climatológico para a sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul Mato-grossense, sob as condições climáticas atuais e baseados nos cenários climáticos futuros proposto por Marengo et al. (2016).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados mensais de precipitação pluvial (P) e temperatura do ar (T) coletados na estação climatológica de Nhumirim (latitude 18°59'21''S, longitude 56°37'25''W, altitude 102 m), localizada na fazenda Nhumirim, situada na sub-região da Nhecolândia no Pantanal Sul-mato-grossense. A região possui clima tropical, megatérmico, com precipitação média anual cerca de 1200 mm, caracterizada por um período chuvoso que se inicia em novembro e se estende até março, e outro de baixa intensidade constituindo um período seco de abril a outubro. A temperatura média anual em torno de 25,6°C, variando entre 21°C e 30°C (SORIANO; ALVES, 2005).

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) foi realizado segundo a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955), com estimativa da evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite (1948), por meio do programa computacional Balanço Hídrico Normal, usando-se uma planilha eletrônica Excel elaborada por Rolim et al (1998), considerando uma capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) igual a 50mm.

Os balanços hídricos foram processados considerando três cenários climáticos: C1 - cenário atual (BHC normal calculado com dados das normais climatológicas de P e T referente ao período de 1977 a 2015, C2 (considerando o cenário atual e um

incremento mensal de +2,5°C nos valores de T e diminuição -10% nos valores mensais de P, C3 (considerando o cenário atual e um incremento mensal de +3,5°C nos valores de T e diminuição -20% nos valores mensais de P).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 está apresentado o balanço hídrico climatológico normal (C1: cenário atual) para a sub-região da Nhecolândia. Observa-se que em sete meses, de abril a outubro, a deficiência hídrica totalizou 254 mm, sendo mais pronunciada nos meses de agosto (53 mm), setembro (59,4 mm) e outubro (45 mm). Esses resultados devem-se aos altos valores de evapotranspiração deste período.

O maior excedente hídrico ocorre no mês de janeiro (95,4 mm), seguido de março (27,2 mm) e de dezembro (25 mm). Nesses meses a oferta pluviométrica supera a demanda atmosférica.

Com as projeções dos cenários climáticos futuros, os valores anuais de evapotranspiração potencial seguem os aumentos da temperatura para os três cenários estudados, com valores iguais a 1.240 mm, 1.486 mm e 1.593 mm, respectivamente para os cenários C1, C2 e C3.

Comparando o gráfico da BHC atual com o cenário C2 (Figura 2) verifica-se que as condições hídricas do solo se tornam críticas em função do aumento de temperatura e redução da precipitação, levando a um aumento no déficit hídrico, que passa a ser 518 mm, além disso as deficiências de água no solo se prolongam de 7 meses para 10 meses (fevereiro a novembro).

Se comparado com o cenário C3 (Figura 3) a deficiência hídrica aumenta tornando-se mais crítica atingindo um total de 696 mm (174% acima do déficit do cenário C1), com excedente de apenas 10 mm no mês de janeiro.

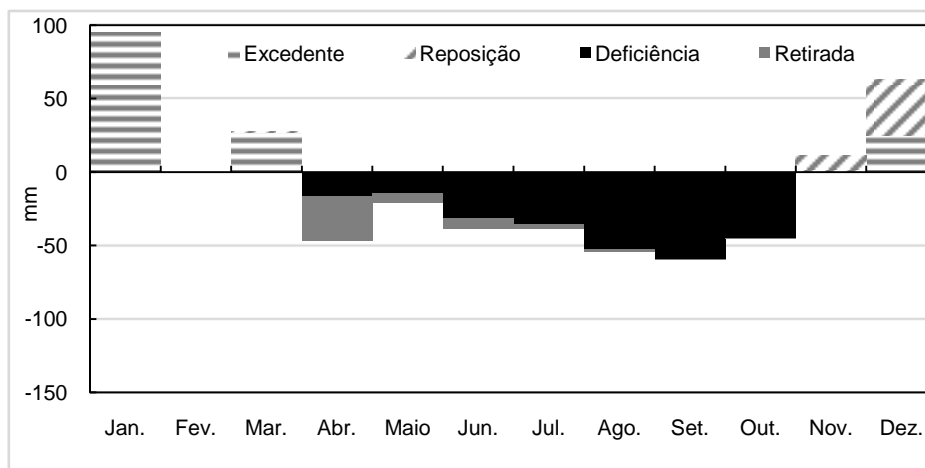


Figura 1. Cenário C1: cenário atual (BHC normal: dados médios de P e T de 1977 a 2015, estação Climatológica Nhumirim, sub-região da Nhecolândia, Pantanal/MS).

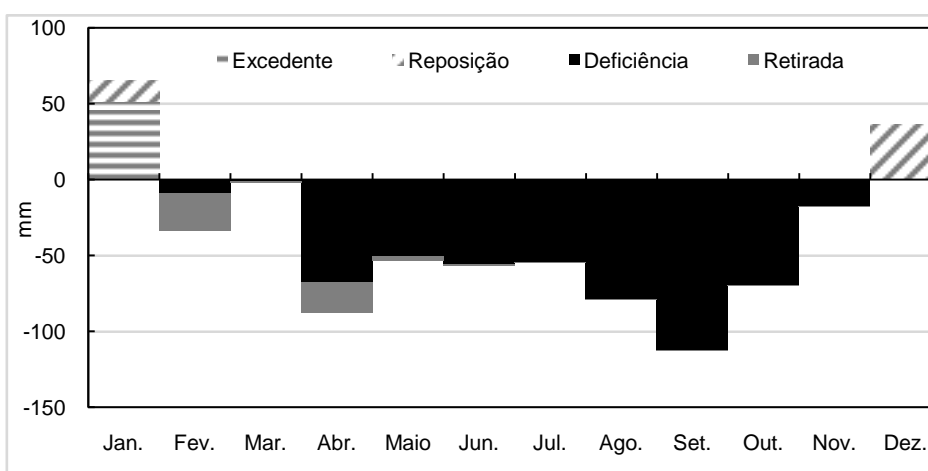


Figura 2- Cenário C2: cenário atual + 2,5°C na T e -10% na P), estação Climatológica Nhumirim, sub-região da Nhecolândia, Pantanal/MS.

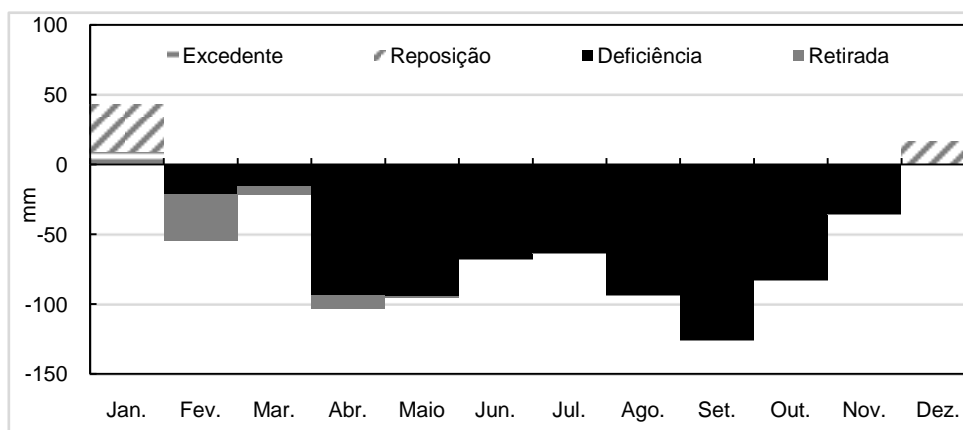


Figura 3- Cenário C3: cenário atual + 3,5°C na T e -20% na P), estação Climatológica Nhumirim, sub-região da Nhecolândia, Pantanal/MS.

CONCLUSÕES

Muito embora as previsões dos modelos climáticos apresentem elevado grau de incertezas, os resultados obtidos tanto para o cenário C2 quanto para o C3 indicam situações críticas das condições do solo que ocasionarão grande impacto nos recursos hídricos, podendo alterar significativamente as feições fisionômicas do Pantanal, gerando impactos diretos na produção pecuária sustentável e também sobre a fauna e a flora.

REFERÊNCIAS

MARENGO, J.A., ALVES, L.M., TORRES, R.R. Regional climate change scenarios in the Brazilian Pantanal watershed. **Climatic Research**, v 68, n 2-3. pp. 201-213, 2016.

PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Base científica das mudanças climáticas**. In: AMBRIZZI, T., ARAUJO, M. (eds.) **Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas, vol. 1**. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014. 464 p.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

SORIANO, B.M.A.; ALVES, M. J.M. Boletim Agrometeorológico ano 2002 para a sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Documentos. Embrapa Pantanal, v. 76, p. 1-29, 2005.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev**, v.38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **Instructions Tables for Computing Potential Evapotranspiration and Water Balance**. Publications in Climatology, 10, 183-311. 1955.

DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DE BOVINOS DE LEITE NO MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA - ES

Evandro Chaves de Oliveira¹, Sabrina Rohdt da Rosa², Luciene Lignani Bitencourt³,
Filipe Garcia Holtz⁴, Vivian Bisi Ronchetti⁵

¹Professor, Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, ES, evandro.oliveira@ifes.edu.br; ² Médica Veterinária, Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, ES, sabrina.rosa@ifes.edu.br; ³ Professora, Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, ES, luciene.lignani@ifes.edu.br; ⁴ Estudante, Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, ES, fgholtz@gmail.com; ⁵ Estudante, Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, ES, vivibisi@hotmail.com

RESUMO: A pecuária é uma atividade altamente dependente dos fatores climáticos, cujas alterações podem afetar a produtividade e o manejo dos animais. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico do bioclima do município de Boa Esperança, estado do Espírito Santo, com base nas observações de uma série histórica dos elementos climáticos naturais e compará-lo com as exigências higrotérmicas de bovinos de leite. Para tal, foram obtidos dados de temperatura e umidade relativa do ar obtidos na Estação Convencional Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET localizada no referido município, cujas coordenadas geográficas são: 18° 53' de latitude Sul; 40° 26' de longitude Oeste e altitude de 100 m. O período de observação foi entre 1992 e 2010. Após a determinação dos valores do índice de temperatura e umidade (ITU) por meio da metodologia descrita por BUFFINGTON et al. (1982) foram realizados os procedimentos para calcular a possibilidades de declínio na produção de leite (DPL), redução do consumo alimentar (RCA) e a taxa de concepção (TC) dos animais, em editor de planilhas Excel. Os resultados revelaram que as condições climáticas observadas, durante grande parte do ano, proporcionam ambiente térmico desconfortável para vacas leiteiras, o que reflete em declínios significativos nas estimativas de produção de leite, consumo alimentar e taxa de concepção, necessitando que os produtores adequem o ambiente para estes animais neste período.

PALAVRAS-CHAVE: Clima, vacas leiteiras, índice de conforto térmico, declínio na produção de leite, taxa de concepção, redução do consumo alimentar

BIOCLIMATIC DIAGNOSTICS FOR MILK CATTLE PRODUCTION IN THE MUNICIPALITY OF BOA ESPERANÇA - ES

ABSTRACT: Livestock farming is an activity highly dependent on climatic factors, whose changes may affect productivity and animal management. This study aimed to make a diagnosis of the bioclimate of the city of Boa Esperança, state of Espírito Santo, based on the observations of a historical series of natural climatic elements and compare it with the hygrothermal requirements of milk cattle. For that, data of temperature and relative humidity of the air obtained in the Meteorological Station of the National Institute of Meteorology - INMET located in the mentioned municipality were obtained, whose geographical coordinates are: 18 ° 53 'south latitude; 40 ° 26 'west longitude and altitude of 100 m. The period of observation was between 1992 and 2010. After determination of the values of the temperature and humidity index (ITU) by means of the methodology described by BUFFINGTON et al. (1982), the procedures to calculate the possibilities of decline in milk production (DPL), reduction of food consumption (RCA) and design rate (TC) of the animals were performed in Excel spreadsheet editor.

The results revealed that the climatic conditions observed there, during great period of the year, provided uncomfortable thermal environment for dairy cows, which reflected in significant declines in the estimates of milk production, feed intake and birth rate, requiring that producers adapted the environment for the animals during this period.

KEY-WORDS: Climate, milk cows, thermal comfort index, decline in milk production, design rate, reduction of food consumption

INTRODUÇÃO

A pecuária é uma atividade altamente dependente dos fatores climáticos, cujas alterações podem afetar a produtividade e o manejo dos animais. O desempenho produtivo e reprodutivo destes animais diminui consideravelmente, principalmente durante o verão, quando a temperatura ambiente e umidade relativa do ar atingem o pico (PIRES, 2006).

O estresse térmico é um dos fatores de maior impacto econômico na eficiência do rebanho, tendo efeitos negativos tanto na produção quanto na reprodução de vacas leiteiras. De acordo com Bilby et al. (2009), o estresse térmico afeta negativamente em vários aspectos a produção leiteira, a diminuição da produção de leite e as perdas reprodutivas causam um impacto significativo no potencial econômico dos estabelecimentos produtores de leite. Este fato gera uma diminuição na produção leiteira devido à redução na ingestão de alimentos. DAHL (2010) destaca que além da temperatura ambiente, a umidade relativa do ar elevada compromete a capacidade da vaca de dissipar calor para o ambiente influenciando diretamente na diminuição da produção. AGUIAR e BACARRI (2003) relatam que altas temperaturas do ar, sobretudo quando associadas a altas umidades e intensa radiação solar são responsáveis pela diminuição na produção de leite de vacas de média e alta produção.

Para PERISSINOTTO (2007), a produção de leite é alterada pela diminuição da ingestão de matéria seca e consequentemente diminuição da ingestão de energia metabolizável que seria destinada a produção do leite. Devido ao estresse térmico pode ocorrer ainda a redução das taxas de concepção para 10% ou menos (HANSEN, 2007). Segundo SOUZA et al., (2010), a ocorrência de estresse térmico pode ser observada, avaliando o ambiente térmico, seja de uma área sombreada ou não sombreada, por meio de índices de conforto térmico.

O presente trabalho tem como objetivo realizar um diagnóstico do bioclima do município de Boa Esperança, estado do Espírito Santo, com base nas observações de uma série histórica dos elementos climáticos naturais e compará-lo com as exigências higrotérmicas de bovinos de leite, visando avaliar se esta localidade possui aptidão climática para o desenvolvimento da atividade leiteira.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climatológicos utilizados no estudo foram obtidos na Estação Convencional Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET do município de Boa Esperança - ES, cujas coordenadas geográficas são: 18° 53' de latitude Sul; 40° 26' de longitude Oeste e altitude de 100 m. O período de observação foi entre 1992 e 2010. Por se tratar de uma extensa série de dados (18 anos) foi realizada uma análise crítica dos mesmos no sentido de suprimir eventuais erros grosseiros e nos

meses que foram necessários o preenchimento das falhas, foi utilizada a média aritmética entre os valores do mesmo período. Após a tabulação dos dados em editor de planilhas Excel foram realizados os procedimentos para determinar os valores do índice de temperatura e umidade (ITU) para vacas leiteiras no município citado.

O ITU foi estimado por meio da seguinte equação proposta por BUFFINGTON et al. (1982):

$$ITU = 0,8.T_{bs} + \frac{UR.(T_{bs} - 14,3)}{100} + 46,3$$

em que

ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional

T_{bs} = temperatura de bulbo seco, °C;

UR = umidade relativa, %.

Foi utilizada para análise a classificação proposta por DU PREEZ et al. (1990) que consideram o ITU nas seguintes classes: menor ou igual a 70 é considerado condição normal; entre 70 e 72 como alerta aos produtores; o ITU entre 72 a 78 como alerta, e acima do índice crítico para a produção de leite (providências são necessárias para evitar perdas); entre 78 a 82 significa perigo (principalmente para os rebanhos confinados e medidas de segurança devem ser empreendidas para evitar perdas desastrosas); ITU cima de 82 caracteriza emergência (providências urgentes devem ser tomadas).

O declínio na produção de leite, foi estimado a partir da equação, proposta por Berry et al. (1964), adaptada por Hahn (1993):

$$DPL = -1,075 - 1,736(PN) + 0,02474(ITU)$$

em que,

DPL é o declínio na produção de leite (kg.dia⁻¹),

ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional

PN é o Nível Normal de Produção (kg.dia⁻¹).

O NP representa uma situação em que o animal não sofresse estresse térmico, ou seja, em condições de termoneutralidade. Considerou-se, para análise, os níveis de produção de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg.vaca⁻¹.dia⁻¹.

O valor da redução do consumo alimentar dos animais (RCA), em kg.dia⁻¹.vaca⁻¹, foi estimado utilizando-se da equação 1 proposta por Hahn e Osburn (1969):

$$RCA = -28,23 + 0,391(ITU)$$

A taxa de concepção, quociente do total de vacas prenhes pelo total de vacas do rebanho, foi estimado a partir da equação 1, proposta por Pires (1997):

$$TC = 388,3 - 4,62(ITU)$$

em que,

TC é a taxa de concepção (%),

ITU é o valor médio diário do índice de temperatura e umidade dois dias antes do acasalamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 está ilustrada a variação da temperatura do ar e da umidade relativa do ar para o período de 1992-2010, em Boa Esperança - ES. Pode-se observar que as temperaturas mais elevadas para o município ocorreram nos meses de dezembro a

março cujo valor médio do período foi de 27,3°C. O valor máximo de umidade relativa do ar foi de 74,8 % no mês de julho, o que provavelmente poderia ser um fator de desconforto para bovinos em lactação caso fossem observados altos valores de temperatura ambiente para essa época do ano. Entretanto a temperatura média do mês de julho foi de 22,0°C.

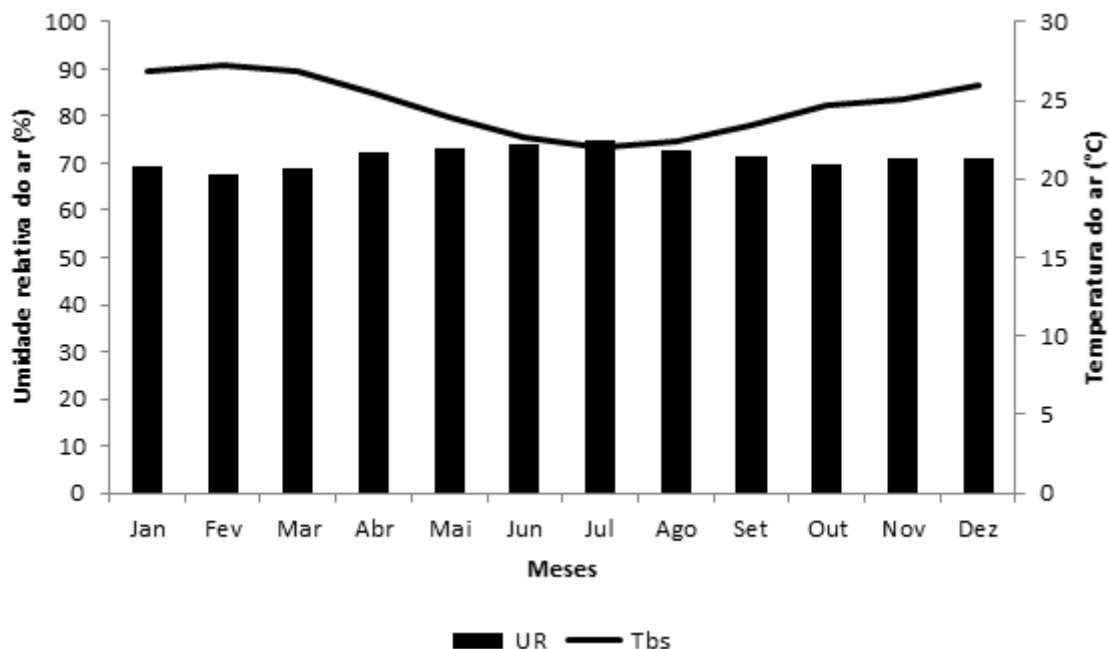


FIGURA 1. Valores médios mensais de umidade relativa do ar (UR) e temperatura do ar (Tbs) para Boa Esperança - ES, no período de 1992-2010.

Segundo Perissinoto e Moura (2007) a umidade relativa do ar estabelece relação com a temperatura do ar, sendo que quando a temperatura do ar se encontra próximo a 22 °C, o ambiente condiciona um bom conforto térmico aos animais, independente do valor de umidade.

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar se mostraram menos dispersos com CV's abaixo de 10% o que dá um comportamento senoidal ao longo do dia (Tabela 1).

TABELA 1. Características da Estatística Descritiva dos elementos climáticos para Boa Esperança - ES, no período de 1992-2010.

Mês	Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	Desvio	CV	Desvio	CV
Jan	1.58	5.87	7.2	5.0107
Fev	1.85	6.82	7.5	5.0508
Mar	1.70	6.32	7.0	4.8326
Abr	1.69	6.63	6.3	4.5317
Mai	1.65	6.88	6.0	4.3681
Jun	1.34	5.92	6.1	4.5081
Jul	1.40	6.37	5.7	4.2478
Ago	1.41	6.28	6.3	4.5782
Set	1.91	8.15	7.1	5.0253
Out	2.00	8.10	8.1	5.6647
Nov	2.35	9.36	8.7	6.1652
Dez	1.77	6.84	7.3	5.1766

A Figura 2 apresenta a variação média, máxima e mínima mensal do Índice de Temperatura e Umidade para o período de 1992-2010. Resultados mostraram que os valores médios de ITU variaram entre 70 e 77, com média de 73, mostrando que as vacas se encontravam dentro da faixa de desconforto térmico. Com os resultados obtidos para o município de Boa Esperança - ES, as menores médias mensais ocorreram nos meses de junho a agosto, enquanto as maiores médias ocorreram nos meses de janeiro a março.

Observou-se que os valores de ITU encontrados na Figura 2, nos meses de junho a setembro foram menores que os índices considerados alerta aos produtores, mostrando que os animais estão na zona de conforto térmico, ou seja, sem estresse por calor consequentemente não tendo perdas na produção, embora ocorram situações de estresse térmico durante esse período.

Os meses de maiores ITU (outubro a maio) tiveram valores de 72 a 77, são considerados meses que o efeito combinado da temperatura e da umidade relativa sobre todos os animais pode resultar em perdas de produção, por estarem na zona considerada crítica aos animais segundo DU PREEZ et al. (1990), havendo assim restrições à exploração desses animais, caso providências não sejam tomadas pelos técnicos e produtores.

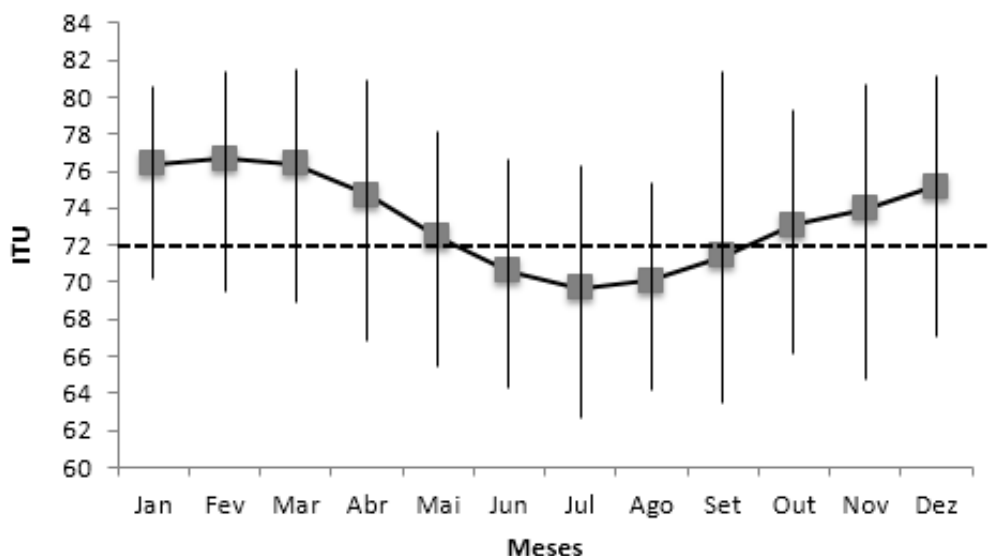


FIGURA 2. Valores médios, máximos e mínimos mensais do índice de temperatura e umidade (ITU) para Boa Esperança - ES, no período de 1992-2010.

Com os valores obtidos de ITU, foi possível estimar as possibilidades de declínio na produção de leite, considerando 6 níveis potenciais de produção normal, como pode ser visualizado na Figura 3. Como pode ser observado nesta Figura, no período de junho a setembro, os acréscimos na produção alcançaram $1,5 \text{ kg.dia}^{-1}$. No entanto, DALCIN (2013) afirma que vacas leiteiras de origem Europeias e de alta produção iniciam o declínio de produção de leite, com ITU de 68.

Também se verificou que animais menos produtivos (PN 10 e PN 15) apresentaram maiores acréscimo percentuais de produção do que aqueles mais produtivos (PN 20, PN 25, PN 30 e PN 35), neste período. Durante o inverno as condições climáticas observadas, indicaram um aumento significativo na estimativa da produção de leite para os dois níveis normais de produção no município de Boa Esperança, ES.

Ainda na Figura 3, pode se observar que, para uma produção normal de aproximadamente 35 kg.dia^{-1} pode haver uma redução superior a 4 kg.dia^{-1} de janeiro a março, e para uma produção normal em torno de 10 kg.dia^{-1} , poderá haver um declínio aproximado na produção em torno de $0,5 \text{ kg.dia}^{-1}$ no município. Resultados semelhantes foram obtidos por OLIVEIRA et al. (2013) nas condições climáticas de Marilândia-ES, para os níveis normais de produção (PN 10 e PN 20). KLOSOWSKI et al., (2002) observaram decréscimo na produção de leite no mês de dezembro em Maringá – PR, de aproximadamente $0,5 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e $4,2 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para níveis normais de produção de 10 e 35, respectivamente. Segundo (BAETA e SOUZA, 2010), nos trópicos e subtropicais, são frequentemente observadas perdas produtivas de vacas leiteiras de 10% ou mais. Nota-se, também, que devido ao desconforto térmico, animais de maior produtividade tendem a ter maiores perdas na produção de leite (Figura 3).

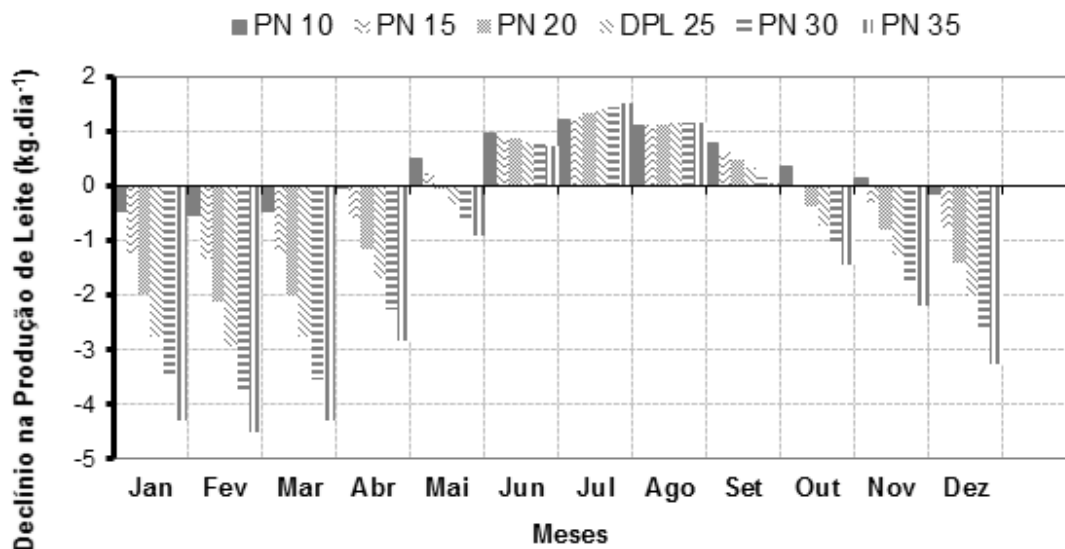


FIGURA 3. Valores médios mensais de estimativa da produção de leite, para os níveis de produção de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg.vaca⁻¹.dia⁻¹ para o período de 1992 a 2010, em Boa Esperança - ES.

Analisando a Figura 4, percebe-se que, nos meses quentes (janeiro, fevereiro e março) os animais apresentaram valores de redução do consumo alimentar de 2 kg animal⁻¹ d⁻¹, devido a média de ITU durante os meses de verão ser de 76. Enquanto nos meses de junho a setembro não ocorreram reduções no consumo alimentar dos animais. Por sua vez, CAMPOS et al., (2001), obtiveram resultados de redução do consumo alimentar, de 0,51 e 0,47 kg, para a região de Goiânia-GO.

PORCIONATTO et al. (2009), consideram que a redução na ingestão de alimentos é a principal causa da diminuição da produção de leite das vacas em estresse térmico por calor. SIMÕES (2014), relata que os bovinos para manter a temperatura corpórea, reduzem a ingestão de alimentos em até 30%, e, há também uma significativa redução do tempo gasto ruminando, pois muito calor é produzido pela atividade muscular durante a ruminação.

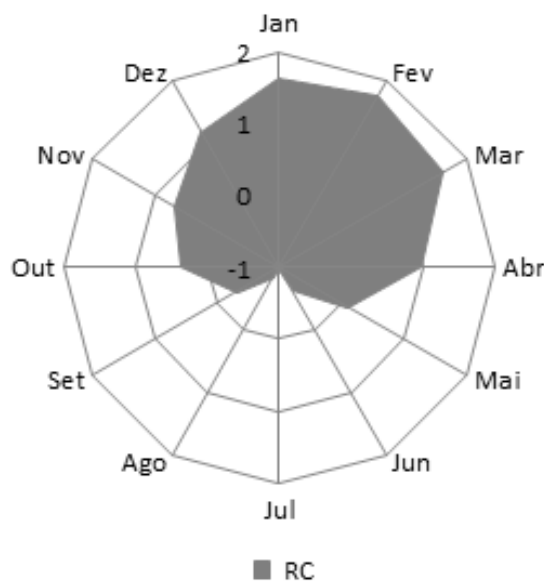


FIGURA 4. Valores médios mensais de redução de consumo alimentar (RCA, kg.dia⁻¹.vaca⁻¹) para o período de 1992 a 2010, em Boa Esperança - ES.

A Figura 5 ilustra a média das taxas de concepção na região de Boa Esperança - ES, durante o período de 1992 a 2010. Observa-se que as taxas de concepção caem drasticamente no começo da estação de estresse e recuperam-se gradativamente com o final do estresse de verão. Verificou-se também uma redução na taxa de concepção de 29 % nos meses de verão comparados com o inverno (35% x 64%), ou seja, no inverno a percentagem de taxa de concepção foi maior do que no verão.

Para condições climáticas de Marilândia-ES, Oliveira et al. (2013), observaram uma redução de 34% na taxa de concepção no verão em relação ao inverno (35% x 69%). RENSIS e SCARAMUZZI (2003) encontraram uma variação de 20 e 30% na taxa de concepção quando compararam as estações quente e fria. De acordo com HANSEN (2007), em rebanhos leiteiros são comuns às reduções na fertilidade das vacas em períodos quentes, essas alterações ocorrem devido ao efeito direto do estresse térmico, onde é reduzida a competência dos oócitos, a taxa de fertilização e a sobrevivência ao desenvolvimento embrionário precoce.

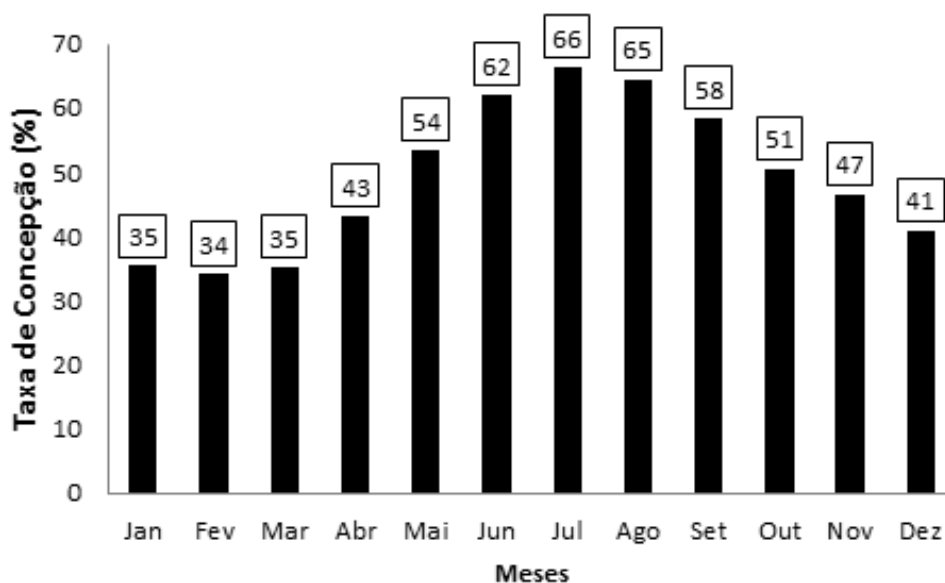


FIGURA 5. Valores médios mensais da taxa de concepção de vacas leiteiras para a região de Boa Esperança - ES, no período de 1992-2010.

A partir destes conhecimentos e identificação de períodos de estresse térmico pelo excesso de calor sobre o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais na região de Boa Esperança-ES, podem ser definidos os métodos, tipos e a disposição do manejo e das instalações, com o objetivo de minimizar o seu efeito ou proporcionar o conforto térmico (TAKAHASHI; BILLER; TAKAHASHI, 2009).

CONCLUSÕES

Conclui-se que durante o decorrer do ano, os animais estão sujeitos a diversas condições de ambiente na região de Boa Esperança-ES, principalmente, durante o verão, quando se avalia os valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar, acarretando elevado ITU, resultando em um expressivo declínio na produção de leite em vacas com potencial acima de 15 kg/leite/dia, bem como, ocasiona uma redução no consumo alimentar e na taxa de concepção do rebanho.

O produtor de Boa Esperança que já trabalha com gado de leite ou aquele que pensa em ingressar na atividade leiteira devem utilizar medidas de conforto térmico na propriedade, a fim de adequar o manejo, melhorar o bem-estar animal e maximizar a produtividade do rebanho

.AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas de estudos concedidas para a realização da pesquisa, ao INMET pela disponibilidade dos dados meteorológicos e ao Instituto Federal do Espírito pela oportunidade para a realização desse estudo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, I. S.; BACCARI JR. F. Respostas fisiológicas e produção de leite de vacas holandesas mantidas ao sol e com acesso a sombra natural. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Ed. 1, 2003.
- BAETA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa. 2010. 269p.
- BERRY, I. L.; SHANKLIN, M. D.; JOHNSON, H. D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. **Transactions of the ASAE**, v.3, p.329-331, 1964.
- BILBY, T. R.; TATCHER, W.W.; HANSEN, P.J. Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: XIII CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2009, Uberlândia, MG. **Anais...** 2009, p. 59-71.
- BUFFINGRTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. St. Joseph: **American Society of Agricultural engineers**, 1982 16p. (PAPER 82-4061).
- DAHL, G. E. Efeito do estresse térmico durante o período seco no desempenho pós-parto. In: XIV CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2010. Uberlândia, MG. **Anais...** 2010, p. 357-362.
- DALCIN, V. C. **Parâmetros Fisiológicos em bovinos leiteiros submetidos ao estresse térmico**. 2013. 34 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), 2013.
- DU PREEZ, J.D., GIESECKE, W.H., HATTINGH, P.J., EISENBERG, B.E.. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. II. Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observed true and predicted temperature-humidity index values. **Onderstepoort J. Vet. Res.** V.57, p.183-187, 1990.
- HAHN, G. L.; OSBURN, D.D. Feasibility of Summer environmental control for dairy cattle based on expected production losses. **Transactions of the ASAE**, v.12, n.4, p.448-451, 1969.
- HAHN, G.L. **Bioclimatologia e instalações zootécnicas: aspectos teóricos e aplicados**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28p.
- HANSEN, P. J. Manejo da vaca de leite durante o estresse calórico para aumento da eficiência reprodutiva. In: XI CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS. Uberlândia, MG **Anais...**2007, p. 3-12.
- KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A.T.; CAMPOS.; A.T.; Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá-PR, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.283-288, 2002.

MACHADO, P.F. **Efeitos da alta temperatura sobre a produção, reprodução e sanidade de bovinos leiteiros.** In: SILVA, I.J.O. *Ambiência na produção de leite em clima quente.* Piracicaba: FEALQ. Cap. 4, p. 179-188, 1998.

PERISSINOTO, M.; CRUZ, V. F.; PEREIRA, A.; MOURA, D. J. Influência das condições ambientais na produção de leite da vacaria da Mitra. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 143-149, 2007.

PIRES, M. F. Á. **Comportamento, parâmetros fisiológicos e reprodutivos de fêmeas da raça holandesa confinadas em free stall, durante o verão e o inverno.** Belo horizonte: UFMG/Escola de Veterinária, 1997. 151p. Tese Doutorado.

PIRES, M. F. Á. Manejo alimentar para vacas com stress calórico. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, 2006 (Comunicado Técnico).

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados/evaluation of thermal comfort in dairy cattle using data mining. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, n. 2, p. 117-126, 2007.

PORCIONATTO, M.A.F., FERNANDEZ, A.M., SARAN NETTO, A.; et al.. Influência do estresse calórico na qualidade e na produção de leite. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.7, n.4, p.483-490, 2009.

RENSIS FD, SCARAMUZZI JR. Heat Stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow: a review. **Theriogenology**, v.6, p.1139-1151, 2003.

SIMÕES, G.H. **Avaliação de estresse térmico em vacas de leite em free stall sob diferentes condições de climatização.** 2014. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual do Paraná, Palotina, 2014.

SOUZA, R.; SANTOS, G.T.; VALLOTO, A.A.; et al. Produção e qualidade do leite de vacas da raça Holandesa em função da estação do ano e ordem de parto. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p.484-495, 2010.

TAKAHASHI, L. S.; BILLER, J. D.; TAKAHASHI, K. M. **Bioclimatologia zootécnica.** Jaboticabal: [online], 2009. 91 p. Disponível em: <<https://bioclimatologia.files.wordpress.com/2012/08/livro-bioclimatologia-zootc3a9cnica.pdf>>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

ESTIMATION OF LEAF WETNESS DURATION DURING SOYBEAN SEASONS IN DIFFERENT LOCATIONS

Gustavo Castilho Beruski¹, Paulo Cesar Sentelhas², Mark Lawrence Gleason³

¹PhD student, “Luiz de Queiroz” College of Agriculture - University of São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brazil, beruskigc@usp.br; ² Associate Professor, “Luiz de Queiroz” College of Agriculture - University of São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brazil, pcsentel.esalq@usp.br; ³ Professor, Iowa State University, Ames, Iowa, United States of America, mgleason@iastate.edu

ABSTRACT: Leaf wetness duration (LWD) is a key weather variable for predicting risk of plant diseases, however it is seldom measured by weather stations. An alternative way to make LWD data available is to estimate it by models. However, it is necessary to verify their accuracy and precision from place to place to improve model performance to reduce errors. The objective of this study was to assess the feasibility of LWD models in different Brazilian geographic regions. The experimental data used was obtained from field experiments conducted in Ponta Grossa, PR, Campo Verde, MT and Pedra Preta, MT, throughout 2014-15 and 2015-16 soybean growing seasons. An automatic weather station installed at each site was equipped with sensors to measure air temperature, relative humidity, wind speed, rainfall and LWD. LWD was estimated using the number with hours with relative humidity equal or above 90% of relative humidity (NHRH \geq 90%); dew point depression (DPD) and classification and regression tree (CART) models. NHRH \geq 90 and DPD models were most accurate for estimating LWD for the studied period, for all sites. In comparative analyses between LWD estimates in different sites, highest LWD errors were observed in Campo Verde. The models that showed better performance for estimating LWD were those with mean absolute errors (MAE) varying between 0.955 h and 2.010 h, which are within an acceptable range of MAE (2 hours) for operational uses.

KEY-WORDS: *Glycine max*; LWD; Empirical models.

ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR DURANTE SAFRAS DE SOJA EM DIFERENTES LOCAIS

RESUMO: A duração do período de molhamento foliar (DPM) é a variável meteorológica chave na predição de doenças de plantas, contudo esta é uma variável com escassos registros em estações meteorológicas. Uma alternativa para disponibilizar tais dados, é a utilização de modelos de estimativa. Para que tais modelos possam ser utilizados de forma precisa e com elevada acurácia torna-se necessário sua avaliação em cada local, com o intuito de reduzir erros nas estimativas. O objetivo deste estudo foi avaliar diferentes modelos de estimativa da DPM em distintas localidades no Brasil. Os dados experimentais foram obtidos em Ponta Grossa, PR, Campo Verde, MT e Pedra Preta, MT, ao longo das safras de soja de 2014-15 e 2015-16. Em cada local foi instalada uma estação meteorológica automática equipada com sensores para realizar registros da temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, chuva, e DPM. A DPM foi estimada empregando os modelos: Número de horas com umidade relativa igual ou acima de 90% de umidade relativa (NHUR \geq 90%); Depressão do ponto de orvalho (DPD); e Árvore de regressão e classificação (CART). Os modelos NHUR \geq 90 e DPD apresentaram estimativas de DPM mais acuradas para o período analisado, nos diferentes locais. Em análise comparativa entre DPM estimada em diferentes locais, verificaram-se maiores erros em Campo Verde, MT. Os modelos que apresentaram

melhores performances na estimativa da DPM obtiveram erro absoluto médio (EAM) variando de 0,955 a 2,010 horas, erros estes que são considerados aceitáveis (EAM = 2 h) para usos operacionais.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*; DPM; Modelos empíricos.

INTRODUCTION

Leaf wetness duration (LWD) is defined as the presence of free water on aerial plant surfaces. Under field conditions, LWD may be caused by rain, fog, irrigation, dewfall from the atmosphere, or distillation from the soil (MONTEITH; UNSWORTH, 1990). This weather variable is related with disease occurrence in many agricultural crops and has been used as input in disease-warning systems.

Despite its importance, LWD is difficult to measure in weather stations. According with Madeira et al. (2002), LWD is not measured at most weather stations worldwide. Moreover, there are problems associated with LWD measurements as the lack of a standard for installation and deployment (SENTELHAS et al., 2004, 2008).

An alternative way to make LWD data available is by means of models which estimate LWD as a function of weather variables that are frequently available at weather stations (ROWLANDSON et al., 2014). LWD models are classified into different categories, including physical, empirical or mixed approach (ALVARES et al., 2015; KIM et al., 2010).

Even with different approaches to estimate LWD, currently there is little parameterization for them under different conditions. According to Rowlandson et al. (2014), even the World Meteorological Organization (WMO) does not have a standard method to estimate LWD, a fact that triggers great difficulties for defining the best way to determine it with accuracy. The absence of a standard method results in imprecise and inaccurate estimates of this variable, reflecting a risk to those who make use of estimated values, when measurements are missing. Based on these evidences, the aim of the current study was to assess the feasibility of LWD estimation by different models in soybean areas in Brazil.

MATERIAL AND METHODS

The experimental data was obtained in Ponta Grossa, PR, Campo Verde and Pedra Preta, MT. At Ponta Grossa and Campo Verde the data were collected during two soybean growing seasons (2014-15 and 2015-16), for Pedra Preta data refers only to 2015-16 period.

At each experimental site, an automatic weather station (AWS) was installed from 5 to 15 meters to the soybean field, to monitor weather conditions. The AWS was equipped with calibrated sensors to measure: air temperature (AirT) and relative humidity (RH) (HMP35C probe, Vaisala); rainfall (TR-525M rain gauge, Texas Instruments); wind speed (Model 03001, Campbell Scientific, Logan, UT) and leaf wetness duration (LWD) (Cylindrical Sensor, Weather Innovations). These sensors were connected to dataloggers (Models CR10X and CR1000, Campbell Scientific, Logan, UT) and were programmed to perform readings each minute and store averages every 15 minutes. For each site the weather data were considered according to the soybean season. The data series started in November 1st of year “n” and ended in March 1st of year “n + 1”.

All LWD sensors were previously tested and calibrated under laboratory and field conditions (SENTELHAS et al., 2004; SENTELHAS; MONTEIRO; GILLESPIE, 2004). For each location, two LWD sensors were mounted over mowed turfgrass, or over the soybean crop at 30-cm height above the top of the vegetation, with an inclination of 30° and facing south (SENTELHAS et al., 2008).

Three models to estimate LWD were evaluated: (I) number of hours with relative humidity equal or greater than 90% ($\text{NHRH} \geq 90\%$) (SENTELHAS et al., 2008); (II) dew point depression (DPD) (GILLESPIE; SRIVASTAVA; PITBLADO, 1993); and classification and regression tree (CART) (GLEASON, 1994).

Model-derived estimates of LWD were compared to measurements from cylindrical sensors by means of regression analysis. The following statistical parameters were used: coefficient of determination (R^2) and correlation (r), and Willmott agreement index (d). The overall performance of the estimates was assessed by the c index ($r \times d$); c index varies from 0 for low confidence to 1 for high confidence. In order to quantify estimation errors, the following errors were calculated: mean error (ME), mean absolute error (MAE), and root mean square error (RMSE).

RESULTS AND DISCUSSION

The $\text{NHRH} \geq 90$ and DPD models were most accurate for estimating LWD for the studied period. Both models presented less ME compared with other LWD estimated by CART model. Obtaining different models with higher performances for each site emphasize the importance of testing and validating empirical models before their use in agricultural management tools. According to Gleason et al. (2008), one reason for lack of implementation of disease-warning systems is the inaccuracy of LWD estimation. Therefore, the determination of a correct threshold is important for reducing estimative errors.

Campo Verde was the site with the highest LWD errors. The $\text{NHRH} \geq 90\%$ model was most accurate for estimating LWD at Campo Verde (EM = 0.07 h; MAE = 2.01 h; RMSE = 1.037 h), with high precision ($R^2 = 0.712$) and exactness ($d = 0.918$), and model performance classified as good ($c = 0.774$) (Table 1). In Ponta Grossa, LWD estimation errors were lower than at Campo Verde; the most accurate estimates were obtained with $\text{NHRH} \geq 90\%$ and DPD models (Table 1).

In Pedra Preta, DPD model was the most accurate model to estimate LWD. This model presented high precision ($R^2 = 0.927$) and exactness ($d = 0.981$) and the c index classified as of excellent performance ($c = 0.944$) (Table 1).

Table 1. Statistical indexes and errors when comparing measured and estimated LWD using three empirical models during the 2014-15 and 2015-16 soybean growing seasons in Campo Verde, Ponta Grossa and Pedra Preta, Brazil.

Models	Campo Verde					
	R ²	d	c	ME (h d ⁻¹)	MAE (h d ⁻¹)	RMSE (h d ⁻¹)
NHRH \geq 90%	0.712	0.918	0.774	0.072	2.010	1.037
DPD	0.724	0.914	0.778	0.852	2.075	1.120
CART	0.400	0.768	0.486	-2.216	3.475	0.864
Ponta Grossa						
	R ²	d	c	ME (h d ⁻¹)	MAE (h d ⁻¹)	RMSE (h d ⁻¹)
NHRH \geq 90%	0.936	0.983	0.951	-0.085	0.955	1.002
DPD	0.935	0.983	0.951	0.040	0.964	1.022
CART	0.864	0.960	0.893	-0.669	1.431	0.946
Pedra Preta						
	R ²	d	c	ME (h d ⁻¹)	MAE (h d ⁻¹)	RMSE (h d ⁻¹)
NHRH \geq 90%	0.913	0.976	0.932	-0.629	1.560	0.892
DPD	0.927	0.981	0.944	0.121	1.379	0.997
CART	0.875	0.966	0.903	0.267	1.767	1.144

In accordance with recommendations of Gleason (1994) and Sentelhas et al. (2008), mean absolute errors (MAE) <2.0 hours per day were classified as acceptable for operational use of LWD estimates in disease-warning systems. A justification for this criterion is that variation in measured LWD per day within the canopy of a single field of a crop often exceeds this threshold (SENTELHAS et al., 2005). A slightly higher value of mean MAE was calculated in Campo Verde, but was very close to this threshold. At the other two sites, MAE errors ranged between 0.95 and 1.76 for all estimation models.

CONCLUSION

It is possible to estimate LWD by empirical models (NHRH \geq 90% and DPD) with acceptable accuracy and precision at three experimental sites in Brazil. NHRH \geq 90% and DPD models showed errors within an acceptable range of errors for operational agricultural uses.

ACKNOWLEDGMENT

To FAPESP for the concession of national and international PhD scholarship for the first author (Process number: 2014/05677-1 and 2016/06764-0, respectively).

REFERENCES

- ALVARES, C. A. et al. Modeling temporal and spatial variability of leaf wetness duration in Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 120, n. 3–4, p. 455–467, 1 maio 2015.
- GILLESPIE, T. J.; SRIVASTAVA, B.; PITBLADO, R. E. Using Operational Weather Data to Schedule Fungicide Sprays on Tomatoes in Southern Ontario, Canada. *Journal of Applied Meteorology*, v. 32, n. 3, p. 567–573, 1 mar. 1993.
- GLEASON, M. L. Development and Validation of an Empirical Model to Estimate the Duration of Dew Periods. *Plant Disease*, v. 78, n. 10, p. 10111, 1994.
- GLEASON, M. L. et al. Obtaining weather data for input to crop disease-warning systems: leaf wetness duration as a case study. *Scientia Agricola*, v. 65, n. SPE, p. 76–87, dez. 2008.
- KIM, K. S. et al. Spatial portability of numerical models of leaf wetness duration based on empirical approaches. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 150, n. 7–8, p. 871–880, 15 jul. 2010.
- MADEIRA, A. C. et al. A simple cloud-based energy balance model to estimate dew. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 111, n. 1, p. 55–63, 29 mar. 2002.
- MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. *Principles of Environmental Physics*. [s.l.] Butterworth-Heinemann, 1990.
- ROWLANDSON, T. et al. Reconsidering Leaf Wetness Duration Determination for Plant Disease Management. *Plant Disease*, v. 99, n. 3, p. 310–319, 29 out. 2014.
- SENTELHAS, P. C. et al. Operational exposure of leaf wetness sensors. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 126, n. 1–2, p. 59–72, 20 nov. 2004.
- SENTELHAS, P. C. et al. Spatial variability of leaf wetness duration in different crop canopies. *International Journal of Biometeorology*, v. 49, n. 6, p. 363–370, 1 jul. 2005.
- SENTELHAS, P. C. et al. Suitability of relative humidity as an estimator of leaf wetness duration. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 148, n. 3, p. 392–400, 13 mar. 2008.
- SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. A.; GILLESPIE, T. J. Electronic leaf wetness duration sensor: why it should be painted. *International Journal of Biometeorology*, v. 48, n. 4, p. 202–205, 1 maio 2004.

IMPACT OF LWD ESTIMATED ON SOYBEAN RUST WARNING SYSTEM PERFORMANCE

Gustavo Castilho Beruski¹, Paulo Cesar Sentelhas², Mark Lawrence Gleason³

¹PhD student, "Luiz de Queiroz" College of Agriculture - University of São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brazil, beruskigc@usp.br; ² Associate Professor, "Luiz de Queiroz" College of Agriculture - University of São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brazil, pcsentel.esalq@usp.br; ³ Professor, Iowa State University, Ames, Iowa, United States of America, mgleason@iastate.edu

ABSTRACT: The relationship between local weather and disease progress can be represented by mathematical models, which have been incorporated into warning systems. A limitation for widespread implementation of disease warning systems are that leaf wetness duration (LWD) is not normally measured in the weather stations. An alternative way to make LWD data available is to estimate it by simple empirical models. The objective of this study was to assess the impact of LWD estimated by number of hours with relative humidity equal or greater than 90% ($NHRH \geq 90\%$) as input data for an Asian soybean rust (ASR) warning system. A field experiment was conducted in Ponta Grossa, PR, throughout 2014-15 and 2015-16 soybean growing seasons. An automatic weather station was installed close to the experiment to record air temperature, relative humidity and LWD data. Measured and estimated LWD were used as inputs for estimating infection probability and based on that to determine the number of fungicide sprays required for disease control as well as the spray timing. Results determined that measured disease severity values (MDSV) values were overestimated when $NHRH \geq 90\%$ was used to estimate LWD. However, a considerable frequency of true negatives and true positives were observed, as a consequence higher values of fraction of correct estimates (θ_1), 0.884 for 2014-15 and 0.869 for 2015-16.

KEY-WORDS: *Phakopsora pachyrhizi*; $NHRH \geq 90\%$; Leaf wetness.

AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE ALERTA PARA A FERRUGEM DA SOJA EMPREGANDO DPM ESTIMADA

RESUMO: A relação entre as condições meteorológicas locais e o progresso de doenças pode ser representada por modelos matemáticos, as quais são incorporadas em sistemas de alerta. Uma limitação da disseminação e implantação de sistemas de alerta é a ausência de registros de dados de duração do período de molhamento foliar (DPM) em estações meteorológicas. Uma alternativa de tornar valores de DPM disponíveis é por meio de modelos empíricos simples. O objetivo do presente estudo foi avaliar o impacto da DPM estimada pelo modelo de número de horas com umidade relativa igual ou maior que 90% ($NHUR \geq 90\%$) como variável de entrada em um sistema de alerta para a ferrugem asiática da soja. Os dados foram obtidos em experimento de campo conduzido em Ponta Grossa, PR, ao longo das safras agrícolas de 2014-15 e 2015-16. Uma estação meteorológica automática foi instalada próxima ao experimento para o registro da temperatura do ar, umidade relativa e da DPM. Valores medidos e estimados de DPM foram empregados como variáveis de entrada para cálculo dos valores diários de probabilidade de infecção, os quais foram utilizados para determinar o número e o momento de pulverizações para o controle da doença em questão. Resultados determinaram que os valores de severidade da doença com DPM medida (MDSV) foram superestimados, quando $NHUR \geq 90\%$ foi utilizado para estimar a DPM. Contudo, observou-se elevadas frequências de verdadeiros negativos e verdadeiros positivos,

como consequência elevados valores da fração de estimativas corretas (θ_1) foram obtidas, $\theta_1 = 0.884$ para 2014-15 e 0.869 para 2015-16.

PALAVRAS-CHAVE: *Phakopsora pachyrhizi*; NHUR \geq 90%; Molhamento foliar.

INTRODUCTION

Disease-warning systems (DWS) are decision tools that help growers to manage plant diseases (GLEASON et al., 2008). DWS are often developed based on relationships between weather variables and disease development under controlled conditions or for a specific climate. For Asian soybean rust (ASR), weather variables such as rain, sunlight, air temperature, and leaf wetness duration (LWD) are the most conducive for this disease and, therefore, are normally used into disease-warning systems.

Considering the importance of LWD as a major driving factor for crop disease epidemics, several DWS has been used it as an input (HUBER; GILLESPIE, 1992). However, LWD is a variable seldom measured because it has a high level of spatial heterogeneity depending on canopy structure and leaf position and arrangement (GLEASON et al., 2008; SENTELHAS et al., 2005).

An alternative way to make LWD data available is by estimating it by physical or empirical models, which use weather variables frequently available at weather stations (ROWLANDSON et al., 2014). However, the use of models for estimating LWD requires regional calibration, adjusting them to the local climate in order to optimize model performance. Errors related to the lack of parameterization can increase the risks for growers who incorporate warning systems using these input data into their disease management practices (ROWLANDSON et al., 2014).

According to Mueller et al. (2009), the major factor that defines the success or failure in ASR control is the optimization of the timing of fungicide sprays. As a result, precise determination of LWD is crucial to assure sustainability of soybean production when using an ASR warning systems. Based on that, the aim of the current study was to assess the feasibility of LWD estimated by number of hours with relative humidity equal or greater than 90% (NHRH \geq 90%) as an input data for an ASR warning system.

MATERIAL AND METHODS

This study was based on an experiment conducted in Ponta Grossa, PR, during 2014-15 and 2015-16 soybean growing seasons. The weather data were considered according to the soybean season. The data series started at November 1st of year “n” and ended in March 1st of year “n + 1”. An automatic weather station (AWS) was installed at 15 meters from the soybean field, for measuring air temperature and relative humidity (HMP35C probe, Vaisala) and leaf wetness duration (LWD) (Cylindrical Sensor, Weather Innovations). These sensors were connected to a datalogger (Model CR1000, Campbell Scientific, Logan, UT), which was programmed to record the weather variables each minute and store averages every 15 minutes

The ASR warning system used herein was proposed by Reis, Sartori e Câmara (2004), using data published by Melching (1989). The ASR warning system is based on the interaction between mean air temperature during the LWD occurrence and measured LWD to estimate the disease severity values (MDSV). MDSV values were estimated daily and represent the probability of ASR infection on soybean (0 = no infection

probability; 1 = low infection probability; 2 = medium infection probability; and 3 = high infection probability).

LWD was estimated by an empirical model that consider dew occurrence when relative humidity is equal or greater than 90% ($NHRH \geq 90\%$). Measured LWD were replaced by estimated LWD in the ASR warning system to determine disease severity values (EDSV). Calculation of MDSV and EDSV were made based on Brazilian soybean growing season, which was encompassed 90 days during the susceptible period for ASR infection. For each site five planting dates were adopted to start the simulations, at 10-day intervals from November 10 to December 20.

Spray recommendations were determined by summing MDSV and EDSV for seven previous days ($\sum MDSV$ and $\sum EDSV$, respectively). According to Reis, Sartori e Câmara (2004), the first fungicide application is recommended whenever the sum of daily severity values reaches 6. After each spray, a spray-free period of 14 days was considered; afterwards the calculation of MDSV and EDSV was restarted.

The performance and the degree of agreement of the ASR warning system with estimated LWD was calculated based on a four-cell contingency table. MDSVs calculated from measured LWD were assumed to be correct, and the EDSV errors were calculated in comparison to this standard (KIM et al., 2010; DIETTERICH, 2000).

RESULTS AND DISCUSSION

Analyzing different growing seasons and planting dates in Ponta Grossa, 116 of MDSV were observed (Figure 1). With LWD estimated as input of ASR warning system was observed disease overestimation (Figure 1). Consequences of disease overestimation are increasing the number of false positive (M), in other words, would be the use of unnecessary sprays, which would increase production costs

On average, similar numbers of sprays per season, ≈ 5 sprays (Table 1), were recommended for all growing seasons and plating dates by the ASR disease warning system run with measured and estimated LWD.

In all simulations a considerable frequency of true negatives (N) were observed. Also a high number of true positives (H) were observed. As a consequence, high fractions of correct estimates (θ_1) for estimated LWD were obtained ($\theta_1 = 0.884$ and 0.869 for 2014-15 and 2015-16, respectively). The k agreement index of correct recommendations based on measured and estimated LWD ranged between 0.582 and 0.552 for 2014-15 and 2015-16, respectively, that represent low error and high accurate values in predict disease severity values.

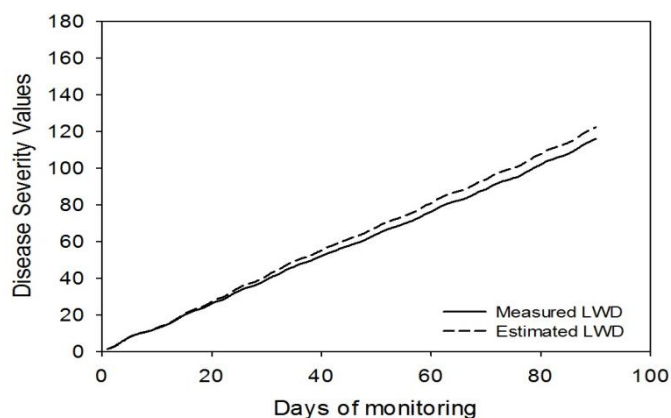


Figure 1. Cumulative average disease severity values obtained using measured and estimated LWD ($NHRH \geq 90\%$) in Ponta Grossa, Paraná state, Brazil.

Table 1. Contingency table for spray timing determined by ASR warning system using measured and estimated LWD, considering $NHRH \geq 90\%$ as LWD estimator.

Soybean Season	Planting date	Number of spray		Contingency Table*			
		Measured LWD	Estimated LWD	H	N	M	F
2014-15	1	5	5	4	26	1	0
	2	5	5	2	15	2	1
	3	5	5	4	23	1	0
	4	5	5	1	10	4	0
	5	5	5	1	13	2	2
2015-16	1	4	6	1	6	4	1
	2	5	5	1	12	1	3
	3	5	5	3	25	1	1
	4	5	5	3	14	1	1
	5	5	5	4	24	1	0

* H and N denote hits by the model. H = sprays were recommended by the estimated inputs when were necessary according to the measured inputs (true positive outcome); N = no spray was recommended using the estimated weather inputs, and the MDSV threshold using measured weather inputs did not recommend a spray (true negative). M and F represent errors by the model. M means sprays were recommended by estimated LWD inputs when they were not required using measured LWD inputs (false positive); F signifies when using estimated-LWD inputs did not result in a spray recommendation, whereas using the measured-LWD inputs recommended spraying (false negative).

Ponta Grossa showed high values of H (10.96%) and N (76.71%), both situations reflected a good performance of $NHRH \geq 90\%$ as LWD estimator, input of ASR warning system, because sprays timing occurred on the same day using MDSV and EDSV.

Igarashi et al. (2016) tested an ASR warning system and verified that the warning system provided reliable recommendations for spray timing to control the disease. In this way and considering a lower difference between MDSV and EDSV calculated for Ponta Grossa using ASR disease warning system, the results of the present study confirm the suitability of using $NHRH \geq 90\%$ as a LWD estimator.

CONCLUSION

Good performance of $NHRH \geq 90\%$ as LWD estimator, when used in a ASR warning system, was observed in Ponta Grossa, making possible the use of this approach for estimating LWD and use it as input of ASR warning system in Ponta Grossa.

ACKNOWLEDGMENT

To FAPESP for the concession of national and international PhD scholarship for the first author (Process number: 2014/05677-1 and 2016/06764-0, respectively).

REFERENCES

- GLEASON, M. L. et al. Obtaining weather data for input to crop disease-warning systems: leaf wetness duration as a case study. *Scientia Agricola*, v. 65, n. SPE, p. 76–87, dez. 2008.
- KIM, K. S. et al. Spatial portability of numerical models of leaf wetness duration based on empirical approaches. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 150, n. 7–8, p. 871–880, 15 jul. 2010.
- KIM, K. S.; TAYLOR, S. E.; GLEASON, M. L. Development and validation of a leaf wetness duration model using a fuzzy logic system. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 127, n. 1–2, p. 53–64, 5 dez. 2004.
- L HUBER; GILLESPIE, AND T. J. Modeling Leaf Wetness in Relation to Plant Disease Epidemiology. *Annual Review of Phytopathology*, v. 30, n. 1, p. 553–577, 1992.
- MELCHING, J. S. Effects of Duration, Frequency, and Temperature of Leaf Wetness Periods on Soybean Rust. *Plant Disease*, v. 73, n. 2, p. 117, 1989.
- MUELLER, T. A. et al. Effect of Fungicide and Timing of Application on Soybean Rust Severity and Yield. *Plant Disease*, v. 93, n. 3, p. 243–248, 9 fev. 2009.
- REIS, E. M.; SARTORI, A. F.; CÂMARA, R. K. Modelo climático para previsão da ferrugem da soja. *Summa Phytopathologica, Botucatu*, v.30, n.2, p.290-292, 2004.
- ROWLANDSON, T. et al. Reconsidering Leaf Wetness Duration Determination for Plant Disease Management. *Plant Disease*, v. 99, n. 3, p. 310–319, 29 out. 2014.
- SENTELHAS, P. C. et al. Spatial variability of leaf wetness duration in different crop canopies. *International Journal of Biometeorology*, v. 49, n. 6, p. 363–370, 1 jul. 2005.

CONFORTO TÉRMICO HUMANO FRENTE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Jaime Fernando António¹, Maria Luciene Dias de Melo², Eliseu De Oliveira Afonso¹,
Nelson Pedro António Mateus¹

¹ Estudante, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió, Alagoas,
jaimefernandoantonio@gmail.com; ² Professora, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió,
Alagoas, ludmelo@gmail.com

RESUMO: Nos últimos anos, tem se verificado constantes alertas relacionados às alterações das condições climáticas, sejam antropogênicas ou naturais, que vem causando principalmente o aumento da temperatura global. Esse aumento se constata na análise da série de temperatura da última década para Maceió. Como o homem precisa liberar calor, em quantidade suficiente, para que sua temperatura interna se mantenha em torno dos 37°C (homeotermia) com limites muito estreitos entre 36,1 e 37,2° C - sendo 32° C o limite inferior e 42° C o limite superior para sobrevivência, em estado de enfermidade; e quando as trocas de calor, entre o corpo humano e o ambiente, ocorrem sem maior esforço, a sensação do indivíduo é de conforto térmico e sua capacidade de trabalho é máxima, sendo o contrário ainda um pouco desconhecido. Diante do exposto o objetivo do trabalho foi analisar as influências dessas alterações climáticas nas condições de conforto e desconforto humano. Os resultados mostraram uma situação de plena mudança das condições de conforto humano, isso devido aos altos valores de temperaturas, principalmente durante a última década na região de estudo, Maceió, capital de Alagoas, situada na região Nordeste do Brasil. Nesse sentido verifica-se a necessidade de adaptação do homem a essas alterações, pois se concretizar as previsões dos cenários futuros a sociedade irá experimentar dias difíceis quanto ao desconforto térmico, podendo ser trágico principalmente para a saúde humana.

PALAVRAS-CHAVE: Conforto, Desconforto e Homeotermia.

HUMAN THERMAL COMFORT FOR CLIMATE CHANGE

ABSTRACT: In recent years, there have been constant warnings in regards to changes in climatic conditions. Whether anthropogenic or natural, this has been the primary cause in the increase of global temperature. This increase can be seen in the data analysis of the temperature series from the last decade for Maceió. The human body needs to release enough heat so that its internal temperature stays around 37°C (homeothermia), with short limits between 36.1 and 37.2° C - being 32° C the lower limit and 42° C the limit Superior for survival, in a state of illness; when the heat exchanges between the human body and the environment occur without greater effort, the sensation of the individual is of thermal comfort and its capacity of work reaches its maximum, being the opposite still more a little unknown. In view of the above the objective of the study was to analyze the influence of these climatic changes on the conditions of human comfort and discomfort. The results had shown a situation of full change in the human comfort conditions, due to the high temperature values, mainly during the last decade in the region of study, Maceió, which is the capital of Alagoas, located in the northeastern region of Brazil. In this case, it would be necessary to adapt the man to these changes, because if the predictions of the future scenarios materialize, as a result, society will experience difficult days in terms of thermal discomfort, and may be tragic, mainly for human health.

KEY-WORDS: Comfort; Discomfort; Homeothermia.

INTRODUÇÃO

Os relatórios do PCC de 2001 apontam que os eventos extremos como as secas, as enchentes, ondas de calor e de frio, furacões e tempestades têm afetado diferentes partes do planeta e têm produzido perdas econômicas e de vidas. Gerando impactos relacionados com alterações na biodiversidade, aumento no nível do mar, na saúde, agricultura e geração de energia hidrelétrica, que já podem estar afetando o Brasil, assim como o restante do planeta (MARENGO, VALVERDE, 2007). Nos últimos dois séculos, as concentrações de gases de efeito estufa vêm aumentando na atmosfera, o que pode provocar mudanças permanentes e irreversíveis no clima, como aumento no nível do mar, alteração no suprimento de água doce, tempestades de chuvas fortes e mais frequentes, e forte e rápido ressecamento do solo devido a períodos secos mais intensos Marengo (2003). Segundo o relatório do IPCC (2007) as populações que sofrerão mais, com certeza, serão as das grandes cidades dos países em desenvolvimento, especialmente os tropicais. O semiárido nordestino será uma das regiões brasileiras mais afetadas pelas mudanças climáticas globais. No Nordeste, a região mais vulnerável, do ponto de vista social, à mudança de clima, seria o interior, conhecida como semi-árido, ou simplesmente o “sertão”. O homem precisa liberar calor, em quantidade suficiente, para que sua temperatura interna se mantenha em torno dos 37°C (homeotermia) com limites muito estreitos entre 36,1 e 37,2° C - sendo 32° C o limite inferior e 42° C o limite superior para sobrevivência, em estado de enfermidade. Quando as trocas de calor, entre o corpo humano e o ambiente, ocorrem sem maior esforço, a sensação do indivíduo é de conforto térmico e sua capacidade de trabalho é máxima. No entanto, se as condições térmicas ambientais causam sensação de frio ou calor é porque o organismo está perdendo mais ou menos calor necessário para homeotermia o que só será conseguido com esforço adicional, que representa sobrecarga, com queda de rendimento no trabalho e até problemas de saúde (Frota e Schiffer, 2003). Com tudo, objetivou-se com este trabalho analisar os índices de conforto e desconforto térmico humano para a cidade de Maceió (Alagoas), atuais e a partir dos cenários A2 e B2 de mudanças climáticas do IPCC.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da Região de Estudo

A região de estudo é a cidade de Maceió (representado pelo ponto vermelho na figura 1), localizada no Estado de Alagoas, na região Nordeste do Brasil (NEB), entre as latitudes 08° 48’S e 10° 29’S e longitudes 35° 09’W e 38° 13’W. Possui mais de um milhão de habitantes e é banhada a leste pelo oceano Atlântico.

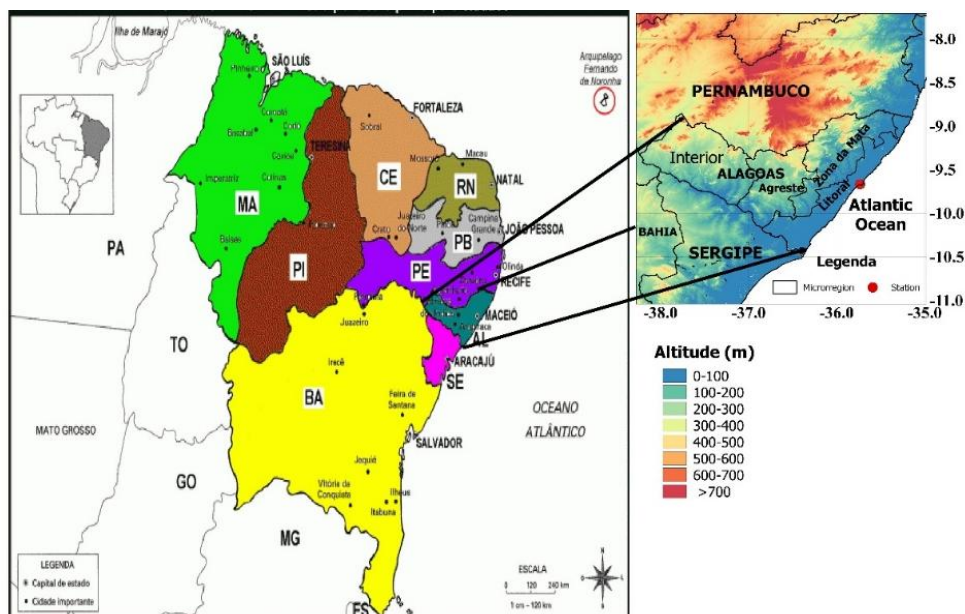


Figura 1. – caracterização e localização da região de estudo. Fonte: adaptado, pelo autor de Clyton A P Houly.

Descrição dos Dados

Foram utilizados dados de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, mensais climatológicos cedidos pelo Instituto Nacional de meteorologia (INMET) (<http://www.inmet.gov.br/portal/>) para um período de 1961 a 2016. A figura 1 foi modificada usando o software de georeferenciamento geográfico Qgis, anteriormente conhecido por quantum gis. De posse dos dados, para preencher os anos com falhas utilizaram-se dados de temperatura e de velocidade do vento (U e V), no período de 1979

a 2016 nos horários das 0, 6 e 12 UTC, obtidos do ECMWF livremente disponível em (<http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-mnth/levtype=sfc/>) no formato NETcdf, ou seja, arquivos (.nc) com resolução de $0,125^\circ \times 0,125^\circ$, dos quatro (04) pontos geográficos mais próximo da região de estudo, que correspondem a 2 latitudes e 2 longitudes. Esses dados foram convertidos em txt (arquivo de texto) pelo software R Statistical versão 3.3.2 (<https://www.r-project.org/>). E por fim, fez-se o preenchimento de falhas para os anos com até seis (06) meses de falhas nos dados observados pelo INMET. Para os anos antes de 1979, as falhas foram preenchidas com valores médios dos dados existentes correspondentes ao mês.

Matematicamente, os preenchimentos de falhas foram feitos pelas seguintes formulas:

$$V_{nc} = \frac{\sum v_l}{4}$$

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}$$

Onde: v_l é o valor da variável em cada local, V_{nc} é valor médio obtido a partir das quatro localidades, ou pontos geográficos extraídos, n número total de meses, v_i valor

da variável para cada mês e V é o valor usado para o preenchimento nos anos antes de 1979.

Para analisar as variações da temperatura e conseqüentemente dos índices de conforto e desconforto térmico, considerou-se as seguintes subdivisões de períodos: climatologia (1961 a 1990); última década (2005 a 2016) por ser considerada a mais quente do período histórico e; o período completo contabilizando um total de 44 anos de dados (de 1961 a 2016). Posteriormente, foram acrescentados aos dados climatológicos as tendências médias de aumento de temperatura previstas nos cenários A2 e B2 do IPCC e calculados novos índices para os cenários futuros, considerando os anos de (2020 a 2075), (2020 a 2050) e (2065 a 2075) conforme Marengo e Valverde (2008), de acordo com a metodologia descrita abaixo.

1 - ÍNDICE DE CALOR

A fim de chegar a uma equação que use variáveis convencionais independentes, Steadman (1979) desenvolveu uma análise de regressão múltipla resultando na considerada equação do Índice de Calor:

$$IC = -42,379 + 2,04901523 * Tar + 10,14333127 * UR - 0,22475541 * Tar * UR - 6,83783 * 10^{-3} * (Tar)^2 - 5,481717 * 10^{-2} * (UR)^2 + 1,22874 * 10^{-3} * (Tar)^2 * UR + 8,5282 * 10^{-4} * Tar * (UR)^2 - 1,99 * 10^{-6} * (Tar)^2 * (UR)^2$$

Na qual: IC é o Índice de Calor dado em °F; Tar é a temperatura do ar real (temperatura do bulbo seco) (°F) e UR é a umidade relativa do ar (%). O IC sob a exposição direta da radiação solar é acrescido de aproximadamente 8°C (46,4°F). Na Tabela abaixo são apresentados os níveis de alerta e a lista de alguns possíveis sintomas associado ao stress térmico.

Índice de Calor (IC)	Nível de Alerta	Síndrome de Calor (sintomas)
Menor que 27°C	Ausência de Alerta	-----
27 a 32°C	Atenção	Possível fadiga em casos de exposição prolongada e atividade física
32,1 a 41°C	Muito Cuidado	Possibilidade de câibras, esgotamento e insolação para exposições prolongadas e atividade física.
41,1 a 54°C	Perigo	Câibras, insolação e esgotamento prováveis. Possibilidade de dano cerebral (AVC) para exposições prolongadas com atividade física
Maior que 54°C	Extremo Perigo	Insolação e Acidente vascular Cerebral (AVC) iminente

TABELA 1: Alerta para o Índice de Calor (IC)

FONTE: FUNDACENTRO, 2001.

2 - ÍNDICE DE WINDCHILL (SENSAÇÃO TÉRMICA)

Para o cálculo da temperatura Windchill será utilizada a equação reformulada por Schwerdtfeger (1984), derivada por Falconer (1968) a partir de Siple e Passel (1945).

$$T_w = \frac{(10 * \sqrt{v} + 10,45 - v) * (T - 33)}{22} + 33$$

Na qual: V é a velocidade do vento em m/s e T é a temperatura do ar (°C). O resultado desta operação é Tw que dará a Temperatura Equivalente de Windchill (°C).

3 - ÍNDICE DE CONFORTO HUMANO

O Índice de Conforto Humano (ICH) será calculado pela fórmula descrita por Anderson (1965), citado por ROSENBERG (1983):

$$ICH = T_a + \frac{5}{9}(e_a - 10) \quad \text{Para qual: } T_a \text{ é a temperatura do ar em graus Celsius; } e_a \text{ é a}$$

pressão de vapor que pode ser calculada do seguinte modo:

$$e_a = \frac{(e_s * UR)}{100} \quad e_s, \text{ que é a pressão de vapor do ar saturado, pode ser calculada}$$

$$\text{usando a equação de Tetens (1973): } e_s = 6,10 \times 10^{\left(\frac{7,5 * T_a}{237,3 + T_a}\right)}$$

TABELA 2: Classificação do grau de conforto em função dos valores de ICH obtidos

Graus de Umidade (°C)	Graus de Conforto	Graus de Umidade (°C)	Graus de Conforto
20 – 29	Confortável	40 – 45	Desconforto suportável
30 – 39	Graus de conforto variando	46 ou mais	Desconforto insuportável

4 - ÍNDICE DE DESCONFORTO HUMANO

O Índice de Desconforto Humano (IDH) será calculado pela fórmula descrita por (ONO e KAWAMURA, 1991), sendo Ta a temperatura do ar e Td a temperatura de orvalho.

$$IDH = 0,99Ta + 0,36Td + 41,5$$

Td será estimada de acordo com a equação:

$$T_d = \frac{b * \alpha(T_a, UR)}{a - \alpha(T_a, UR)}$$

Sendo que:

$$\alpha(T_a, UR) = \frac{a * T_a}{b + T_a} + \ln(UR)$$

Com a= 17,27 e b= 237,7 (°C)

TABELA 3 – Faixas de valores do índice de desconforto de Kawamura (IDH) relativas às condições de conforto térmico sentidas pelas pessoas (ONO e KAWAMURA, 1991).

INTERVALO DO IDH	EFEITO
IDH > 80	ESTRESSE DEVIDO AO CALOR;
75 > IDH > 80	DESCONFORTÁVEL DEVIDO AO CALOR
60 > IDH > 75	CONFORTÁVEL
55 > IDH > 60	DESCONFORTÁVEL DEVIDO AO FRIO
IDH < 55	ESTRESSE DEVIDO AO FRIO

Após o cálculo dos índices climáticos mensais atuais e para os cenários futuros A2 e B2, foram realizadas comparações e análises desses resultados. As discussões foram realizadas sob o ponto de vista do quanto o conforto e desconforto térmicos podem influenciar no rendimento do trabalho, nas atividades físicas desenvolvidas e até na saúde do ser humano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na **Figura 2**, as variações e o comportamento médio da temperatura, mensal ao longo dos anos de 1961 a 2016, para Maceió Estado de Alagoas (AL). É de notar que durante o primeiro período (1961 a 1990) assim como de (1961 a 2016) apresentaram comportamentos homogêneos (iguais) durante todo ciclo de análise, a temperatura de 23,6°C a 26,7°C. Observa-se ainda na figura as variações para as temperaturas médias referente a última década de 2005 a 2016 indo de 24,6°C entre julho e agosto, a 27,4°C entre fevereiro e março, verificando-se assim um aumento médio na temperatura de aproximadamente 1,3°C comparado a toda série de dados, aumento próximo de 0,5°C e 0,3 em relação aos demais meses do ano, corroborando a afirmação do IPCC de a última década estar sendo a mais quente de todo registro meteorológico. Resultados semelhantes foram encontrados por Marengo e Valverde (2008), na projeção de cenários futuros para o período de 2011-2040, mostrando um aumento entre 1 a 3°C para o cenário otimista e 2 a 4°C para o cenário pessimista para região Nordeste. Em termos médios, a cidade apresentou um claro aumento devido ao pouco resfriamento observado nas últimas décadas (ver gráfico da temperatura média mensal, figura1). Segundo o IPCC, o aumento na temperatura ao longo dos anos, deve-se as altas taxas de emissão de gases de efeito estufa (dióxido de carbono, vapor d'água, oxigênio, nitrogênio, metano, monóxido de carbono, oxido nitroso e ozono). Sendo observado picos máximo entre fevereiro e março no auge do verão (dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) e mínimos entre julho e agosto, vale lembrar ainda que durante esses meses, o Sol tem máxima inclinação (durante o verão) para o Hemisférios Sul (HS) e a disponibilidade de energia para a superfície sobre as regiões nesse Hemisfério é maior, resultando um maior aquecimento sobre a superfície durante esses meses.

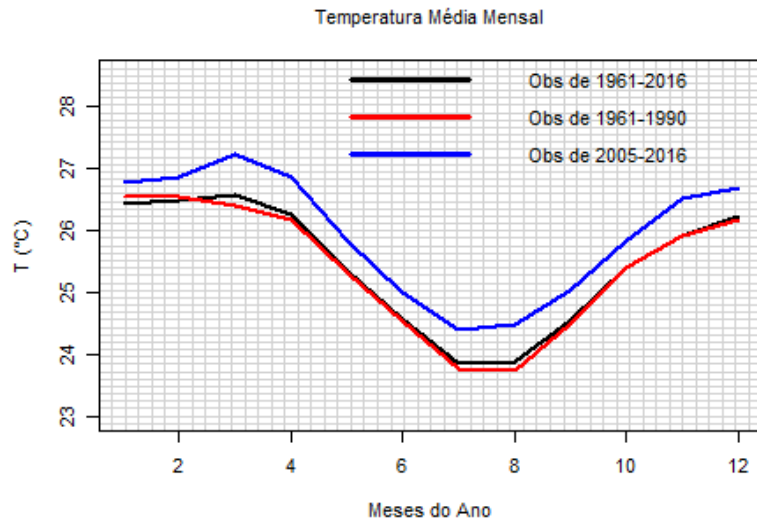


Figura 2. Comportamento do ciclo médio climatológico das temperaturas ao longo do ano para cidade de Maceió-AL. Linha vermelha corresponde a climatologia (1961-1990), linha preta é toda série de dados (1961-2016) e linha azul é referente aos dados da última década (2005-2016).

Para uma análise mais geral, a cidade de Maceió apresenta características térmicas moderada, ou seja, com temperatura média que variou de 24 a 27°C, e sensação térmica (ST) entre 22 a 25.5°C ao longo do ano (1961-1990), podendo observar-se, focalizando apenas a última década, sensação térmica de até 26,5°C durante o verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro (DJF)) e 22,2°C durante o inverno (Junho, Julho e Agosto (JJA)), isso devido ao maior/menor aproximação do Sol durante essas duas estações, ou seja, durante o verão/inverno, o Sol encontra-se mais próximo/afastado do Hemisfério Sul (HS), proporcionando uma maior incidência dos raios solar para as regiões localizadas no HS. Para os cenários futuros, aumentando 1 a 3° (cenário otimista) e 2 a 4° (cenário pessimista), a temperatura média das três séries, verifica-se um, acréscimo significativo superior a 3°C refletido na sensação térmica (figura 3).

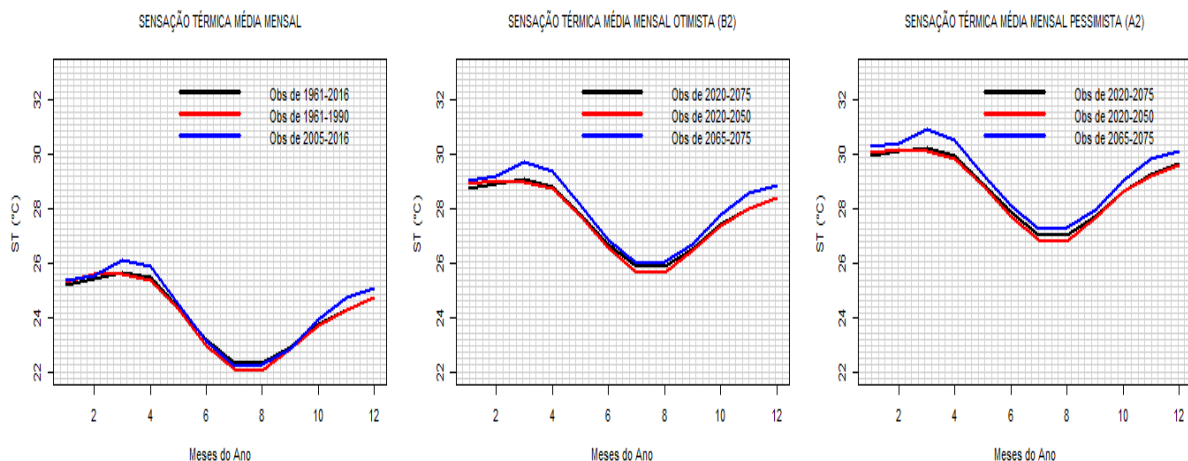


Figura 3. Comportamento da sensação térmica (ST) ao longo dos anos para Maceió-AL. Média (figura a esquerda esquerdo), Cenário Otimista (figura do centro) e Cenário Pessimista (figura a direita).

As análises do índice de calor (IC) (figura 4) mostram-se requerer muito cuidado, isso devido aos altos valores de temperaturas registrados, resultando em valores elevados de IC, variando de 32 a 37°C, índices de alerta de muito cuidado

(Tabela 1), pois existe a possibilidade de câibras, esgotamento e insolação para exposições prolongadas e atividade física. Para os cenários futuros, os índices passam a um patamar de 43° no verão atingindo a situação de perigo (Tabela 1) que poderá acarretar consequências graves a saúde humana. Provocando doenças com AVC e câncer de pele por exposição prolongada aos raios solar Steadman (1979) (ver **tabela 1**).

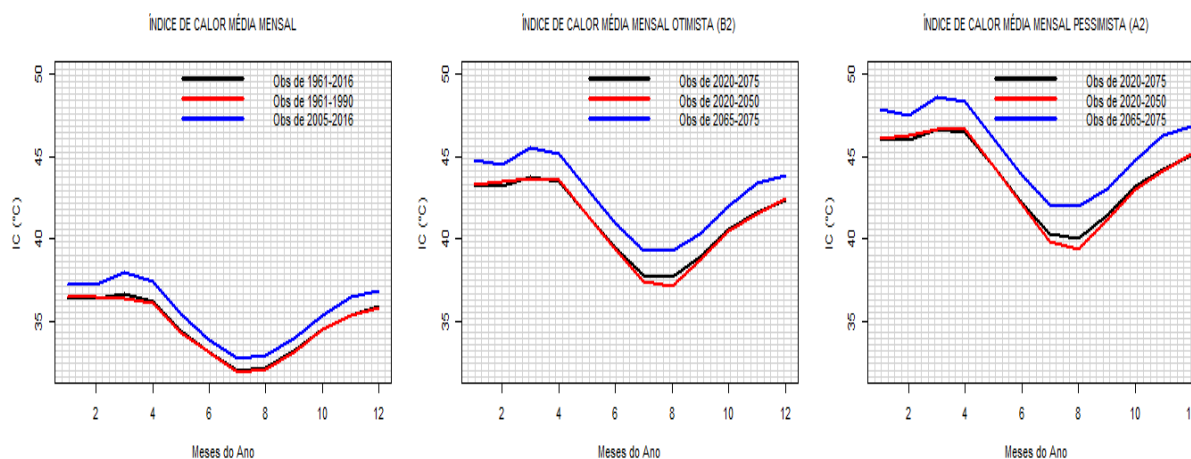


Figura 4. Comportamento da Índice de calor (IC) ao longo dos anos para Maceió-AL. Média (figura a esquerda esquerdo), Cenário Otimista (figura do centro) e Cenário Pessimista (figura a direita).

Observam-se na figura 5, os Índices de Conforto (ICH) e Desconforto Térmico Humano (IDH) para Maceió, com maiores valores durante os meses de verão (DJF) e menores no inverno (JJA). Os gráficos mostram que a última década apresentou ICH e IDH mais alto em relação aos observados durante os anos de 1961 a 2016, atingindo valores de ICH até 37°C e 76.8°C, que segundo os critérios estabelecidos por Anderson (1965), citado por ROSENBERG (1983). Maceió apresentou graus de conforto variando, e um nível de desconforto devido ao calor, isso segundo a faixa de valores do índice de desconforto de Kawamura (IDH) descritos por ONO e KAWAMURA em 1991, relativas às condições de conforto térmico sentidas pelas pessoas.

Quanto as análises para os cenários futuros do IPCC (Otimistas (B2) e Pessimista (A2)) observar-se um ICH entre (41,5 a 45°C) durante o verão, isso é, uma situação de desconforto suportável, e 36 a 39°C durante o inverno, nível de conforto variando, isso segundo Anderson (1965), pode ser verificado também, um nível de IDH entre (80 a 82°C)/(76,5 a 79°C) no verão/inverno, o que significa, uma situação de estresse/desconforto devido ao calor, como descritos por ONO e KAWAMURA em 1991.

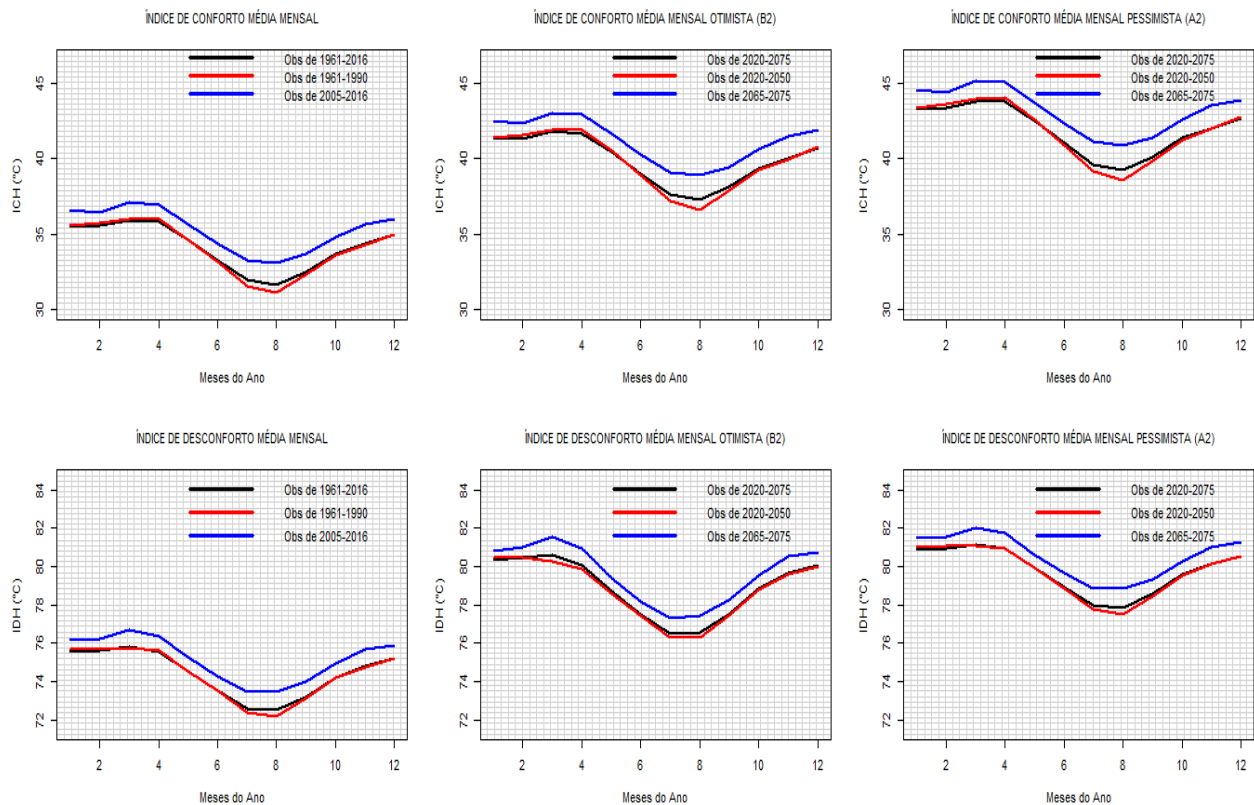


Figura 5. Índice de Conforto (ICH) e Desconforto Térmico Humano (IDH) ao longo dos anos. Média (figura a esquerda esquerdo), Cenário Otimista (figura do centro) e Cenário Pessimista (figura a direita).

O homem apresenta uma grande capacidade de rendimento em uma situação de conforto estável, possibilitando uma maior energia para a execução das suas tarefas diárias. Diante dos resultados analisados verifica-se nessa última década (2005-2016) um aumento nas temperaturas em Maceió, proporcionando uma situação de desconforto ao organismo humano, o que pode ser intensificado quando observa-se os resultados dos cenários futuros.

O aumento de temperatura previsto, pelo IPCC (2007), para o Nordeste do Brasil, pode provocar fortes alterações no clima regional, gerando contínuas situações de tempos severos como enxurradas e secas, que por sua vez podem acarretar perdas de vidas humanas, desalojamentos, doenças por proliferação de agentes patogênicos devido ao alagamento. Nas regiões semiáridas como é o caso de muitos lugares do Nordeste brasileiro, a escassez de água é um dos grandes problemas provocados por essas alterações climáticas, principalmente em anos de ocorrências de El nino (aquecimento anormal das águas do pacífico equatorial).

Na região de estudo (Maceió), os altos valores de temperaturas observados ao longo dos anos (principalmente na última década), tem sido provavelmente umas das grandes razões das altas taxas de caso de doenças cardiovascular, cânceres de pele que segundo o Instituto Nacional do Câncer (Inca) do Brasil, a cada ano são diagnosticados 135 mil novos casos de câncer de pele na população brasileira, uma incidência que alarma os especialistas, apesar do tipo mais comum ser o não melanoma, que tem baixa taxa de letalidade, e estresse por excesso de calor registradas nos últimos anos.

Segundo a SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA (SDB) (2015), os especialistas afirmam que os casos de câncer da pele podem ser evitados com mudanças de comportamento, sendo o mais importante a fotoproteção. A população brasileira deve se habituar a usar filtro solar, chapéu, óculos, cuidar do excesso de

exposição ao sol e ficar atento aos horários certos para isso (até as 10h e depois das 16h).

A Unidade de Acidente Vascular Cerebral (AVC) do Hospital Geral do Estado de Alagoas (HGE), em uma nota de referências publicada pela Agência de Alagoas em julho de 2016, o serviço já atendeu mais de 300 pacientes em um ano de sua existência. Segundo o neurologista Alexandre Pieri, 80% das pessoas que têm um AVC são atendidas em hospitais públicos. Ele ressaltou os fatores de risco suscetíveis para desenvolver a doença, entre eles a hereditariedade, pressão arterial, diabetes, sobrepeso, tabagismo, doenças cardíacas, ausência de atividades físicas, alcoolismo e estresse (“que por sua vez pode ser provocado pelo desconforto do organismo em relação ao ambiente”).

CONCLUSÕES

As análises dos dados de temperatura, para cidade de Maceió, mostraram que na última década houve um aumento das temperaturas comparado a climatologia, principalmente no mês de março e no período de inverno da região. Esse aumento já é responsável pelas situações de desconforto térmico sentido nos dias atuais e essas características térmicas que podem influenciar de maneira crucial nas atividades diárias realizadas pelo homem.

A temperatura média do ar, durante toda análise dos dados atuais, variou entre 23 e 28°C, que proporcionaram índices de ICH e IDH elevados na região principalmente no período de verão, onde as temperaturas são mais elevadas. O ICH para a cidade, variou de 31 a 36°C, atingindo valores elevados nos últimos anos (2005 a 2016) com ICH indo até 37°C no verão. Notou-se que o IDH na região, foi entre 72 a 75,5°C atingindo valores elevados principalmente no verão das últimas décadas chegando a pouco mais de 76,6°C.

Por essas situações em função dos critérios de classificação de conforto e desconforto devido a temperatura de Anderson em 1965, ONO e KAWAMURA em 1991, a cidade está em uma situação de conforto variando, e um certo desconforto devido ao calor principalmente no verão. Nas projeções para cenários futuros (2020 a 2075) do IPCC (Otimistas B2 e Pessimista) observar-se um ICH entre (41,5 a 45°C) durante o verão, isso é, uma situação de desconforto suportável, e 36 a 39°C durante o inverno, nível de conforto variando, isso segundo Anderson (1965), pode ser verificado também, um nível de IDH entre (80 a 82°C)/(76,5 a 79°C) no verão/inverno, o que significa, uma situação de estresse/desconforto devido ao calor, como descritos por ONO e KAWAMURA em 1991.

Nesse sentido verifica-se a necessidade de adaptação do homem a essas alterações, pois se concretizar as previsões dos cenários futuros a sociedade irá experimentar dias difíceis quanto ao desconforto térmico, podendo ser trágico principalmente para a saúde humana.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pela bolsa.

REFERÊNCIAS

AGENCIA ALAGOAS: Ocorrências de casos de acidentes vasculares cerebral (AVC) disponível em: <http://agenciaalagoas.al.gov.br/noticia/item/6438-unidade-de-avc-do-hge-completa-um-ano-e-soma-mais-300-pacientes-atendidos>, acessado em: 09/04/2017.

CICLOS DE MANCHAS SOLAR https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2008/10jan_solarcycle24, acessado aos 10/02/2017.

Frota, A. B. e Schiffer, S. R.; Manual de Conforto Térmico. Studio Nobel. 7ª Edição, 245p. 2003.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC. Climate Change 2001: the scientific basis IPCC WG I TAR. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 881p. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers, <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>

Imagem da localização de estudo: disponível em: <http://www.redehumanizaus.net/category/tags/zyka-virus-no-nordeste-do-brasil>, acessado aos 26/04/2017

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudança de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. Revista Multiciência, v. 8, p. 5-28, 2007

MARENGO J. A. ; Valverde, M . Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos de IPCC AR4. Multiciência (UNICAMP), v. 8, p. 5-28, 2008

Marengo, J. A., *et al.* 2003. Assessment of regional seasonal rainfall predictability using the CPTEC-COLA atmospheric GCM. Climate Dynamics 21, 459 – 475.

ROSENBERG, N.J., BLAND, B.L., VERMA, S.B. Microclimate: the biological environment. New York: Jonh Wiley & Sons, 1983. 467p.

Schwerdtfeger, W. 1984, Weather and Climate of the Antarctic (NY: Elsevier).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA REGIONAL DE ALAGOAS (SDB): alerta de ocorrências sobre caso de câncer de pele, disponível em: <http://www.sbdalagoas.com.br/noticia.php?n=52>, acessado em: 09/04/2017.

ANÁLISE DO MICROCLIMA EM COLMEIAS PADRÃO LANGSTROTH CONFECCIONADAS DE CIMENTO E MADEIRA

Pedro de Assis de Oliveira¹, Marileide de Souza Sá¹, Sivanês Henrique de Oliveira²,
Marcelo Casimiro Cavalcante³, Thieres George Freire da Silva³

¹Discente do curso Bacharelado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada-PE, pedromanari@hotmail.com, marileidezootecnista@hotmail.com

²Discente do curso Técnico em Agroecologia pelo Serviço de Tecnologia Alternativa-SERTA, sivanês976@gmail.com, ³Docentes do curso de Zootecnia, UFRPE-UAST-PE, marcelufc@yahoo.com.br, thigeoprofissional@hotmail.com

RESUMO: Objetivou-se avaliar a temperatura e umidade relativa do ambiente interno de colmeias Langstroth confeccionadas de cimento e madeira povoadas com *Apis mellifera* e suas relações com o ambiente externo. O experimento foi conduzido no apiário da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, no município de Serra Talhada, PE, durante 14 de abril a 09 de junho de 2015. Em cada caixa foi monitorada a temperatura e umidade relativa do ar, por meio de dois sistemas de aquisição de dados. Simultaneamente foram adquiridos dados de temperatura e umidade do ar de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia. Regressões entre os dados foram estabelecidas. Como resultados, verificou-se que a temperatura interna da caixa de cimento foi maior do que da caixa de madeira, com médias de 30,9 °C e 29,1 °C, nessa ordem. Entretanto, estas distinções foram mais expressivas a depender da época do ano. Na caixa de madeira, a umidade relativa média do ar foi igual a 56,3%, já na caixa de cimento foi de 58,1%. Na caixa de madeira, a correlação entre as temperaturas interna e externa foi maior do que da caixa de cimento (85,33%); o mesmo foi verificado para a umidade relativa do ar (92,34%). Conclui-se que, a temperatura e umidade relativa do ar do ambiente interno das caixas de abelha dependeram da variação externa desses elementos, e homeotermia da colônia foi mais importante apenas na caixa de cimento quando a temperatura externa, de maneira prolongada, foi abaixo de 26°C.

PALAVRAS-CHAVE: Apis, conforto térmico, temperatura e umidade relativa do ar.

ANALYSIS OF MICROCLIMA IN STANDARD LANGSTROTH COLGSIAS LANGSTROTH CEMENT AND WOOD

ABSTRACT: The objective was to evaluate the temperature and relative humidity of the internal environment of Langstroth beehives made of cement and wood populated with *Apis mellifera* and their relations with the external environment. The experiment was conducted in the apiarium of the Academic Unit of Serra Talhada, Federal Rural University of Pernambuco, in the municipality of Serra Talhada, PE, during April 14 to June 9, 2015. In each box the temperature and relative humidity of the air were measured by two data acquisition systems. Simultaneously, air temperature and humidity data were acquired from an automatic station of the National Meteorological Institute. Regressions between the data were established. As results, it was verified that the internal temperature of the cement box was higher than that of the wooden box, with averages of 30.9 °C and 29.1 °C, in that order. However, these distinctions were more expressive depending on the time of year. In the wooden box, the average relative humidity of the air was 56.3%, already in the cement box was 58.1%. In the wooden

box, the correlation between internal and external temperatures was higher than that of the cement box (85.33%); the same was verified for relative air humidity (92.34%). It was concluded that the temperature and relative humidity of the internal environment of the bee boxes depended on the external variation of these elements, and process homoeothermic of the colony was more important only in the cement box when the prolonged external temperature was below 26 °C.

KEY-WORDS: Apis, thermal comfort, temperature and relative humidity.

INTRODUÇÃO

A colmeia Langstroth é um modelo padrão usado em todo o mundo, que promove maior conforto térmico e melhor circulação do ar para as abelhas. Fatores ambientais tais como temperatura e umidade relativa do ar do ambiente interno e externo, e o tipo de material usado na confecção das colmeias influenciam direta e indiretamente no comportamento, desenvolvimento e, portanto, na produção de mel (SOARES et al., 2010; LOPES et al., 2011; BRASIL et al., 2013; DOMINGOS; GOLÇALVES, 2014).

As abelhas *Apis mellifera* (africanizadas) possui uma ampla faixa de conforto térmico, a qual consegue expressar o seu potencial produtivo. Na área de cria do ninho, as temperaturas em torno de 30 a 35 °C são consideradas ideais para o desenvolvimento (WINSTON, 2003; BRASIL et al., 2013;). Segundo Seeley (2006), temperaturas acima de 36 °C, por tempo prolongado, podem afetar o desenvolvimento das crias e ocasionar defeitos, causando a morte das abelhas. Em colmeias cheias, temperaturas acima de 40 °C promovem amolecimento do mel e atração de insetos invasores, ocasionando saques, e perda da colmeia pelo apicultor.

As abelhas utilizam artifícios para manter a zona de conforto do ambiente interno de crescimento. Quando a temperatura está elevada, as abelhas resfriam o ambiente com movimentos vibratórios do tórax e aglomeração. Por outro lado, quando a temperatura é alta, as abelhas desaglomeram do ninho e iniciam o batimento das asas para promover a evaporação de pequenas gotas de água dos alvéolos; além disso, grandes quantidades de operárias saem do ninho e formam um tipo de “barba” abaixo do alvado (WINSTON, 2003; SEELEY, 2006).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a temperatura e umidade do ar no ambiente interno de duas caixas (cimento e madeira), em relação ao ambiente externo à colmeia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no apiário da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, onde foram utilizadas duas caixas modelo padrão Langstroth, uma constituída de cimento e outra de madeira.

As duas caixas foram povoadas com abelhas *Apis mellifera* e instaladas abaixo de uma árvore de *Ziziphus joazeiro* Mart.

Dentro de cada caixa foi monitorada a temperatura e umidade relativa do ar, por meio de dois sistemas de aquisição de dados (UX100, Onset HOB0®, Bourne, MA, USA), instalados dentro do ninho, local onde ficam as crias e os alimentos.

Os registros dos sensores foram realizados a cada 10 min, durante o período de 14 de abril a 09 de junho de 2015.

Simultaneamente foram adquiridos os dados horários de temperatura e umidade do ar da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 400 metros do apiário.

Os dados a cada 10 min foram convertidos à escala diária e, estes, em seguida, a escala mensal. Regressões foram estabelecidas entre a temperatura e umidade relativa do ar do ambiente interno e o ambiente externo. As significâncias das equações e de seus respectivos parâmetros foram avaliadas pelos testes F e t, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura interna da caixa de cimento foi maior do que a temperatura da caixa de madeira, com médias de 30,9 °C e 29,1 °C, respectivamente. Este resultado é similar ao obtido por Cavalcanti Filho et al. (2010), em estudo comparando a temperatura interna da caixa de cimento-resíduo de EVA (Etileno Acetato de Vinila) em relação a caixa de madeira; além disso, em ambas verificou-se que a temperatura do ar interna esteve dentro da zona de conforto térmico das abelhas. Winston (2003) cita que abaixo de 24 °C, a temperatura pode levar crias à morte, e que a faixa ideal de temperatura para o desenvolvimento da colônia é de 30 °C a 36 °C. No presente estudo, pode-se afirmar que na maioria do tempo as temperaturas internas das caixas estiveram dentro da faixa de conforto térmico para as abelhas.

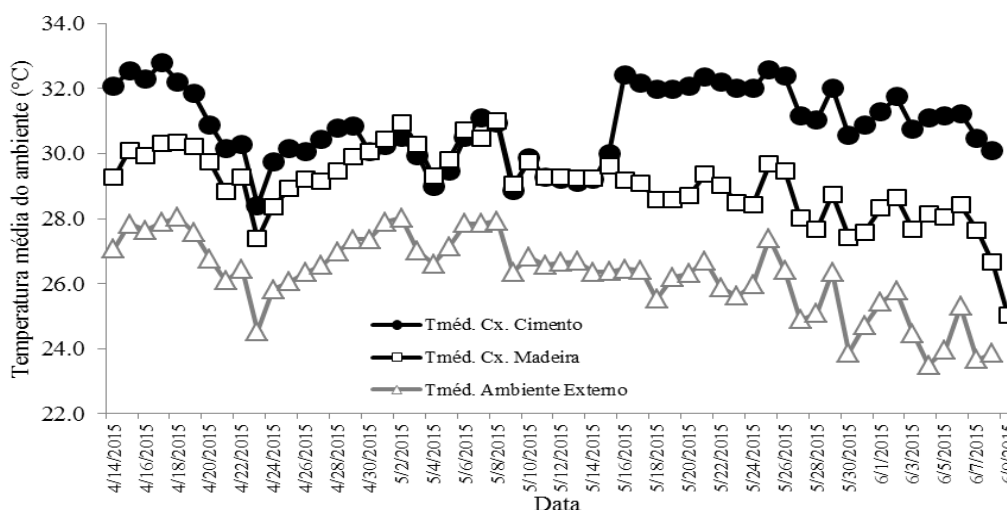


Figura 1. Temperatura interna diária de caixas de madeira e cimento com abelhas *Apis mellifera* e temperatura do ar externo diária no período de 14/04/2015 a 06/09/2015.

Embora a temperatura tenha sido maior na caixa de cimento, pela Figura 2, percebe-se que estas diferenças foram mais discrepantes a depender da época do ano. A partir do dia 15/05/2015 houve um aumento significativo da temperatura interna da caixa de cimento, variando entre 30 °C a 32 °C, enquanto na caixa de madeira foi entre 26°C e 30 °C. Este resultado pode estar relacionado aos mecanismos de aquecimento promovidos pelas abelhas, uma vez que a temperatura externa estava, de maneira prolongada, mais baixa (< 26 °C). Os insetos são animais peclotérmicos, mas a colônia funciona como um organismo homeotérmico (BRASIL et al., 2013). Nessa condição, as abelhas tendem a se aglomerar para manter a temperatura interna dentro da zona de conforto.

Em termos de umidade relativa do ar, a caixa de madeira apresentou média de 56,3%, enquanto, na caixa de cimento foi de 58,1%. A maior umidade dentro da caixa de cimento pode favorecer a ocorrência de fungos, tornando a colônia mais susceptível a ataques de insetos, principalmente, traças.

A relação entre a temperatura interna da caixa de cimento com a temperatura externa apresentou a formação de duas linhas de tendência, indicando que o efeito do ambiente externo na variação da temperatura do ambiente interno depende da época do ano, como foi confirmado na Figura 1. Os coeficientes de determinação foram 83,59% e 47,18% (Figura 2A). Neste segundo caso, a atividade das abelhas na caixa de cimento, supostamente apresentou maior influência. Essa tendência não foi averiguada para a umidade relativa do ar, mostrando que a variação desta variável do ambiente externo explicou 64,01% da dinâmica da umidade relativa do ambiente interno (Figura 2B).

Na caixa de madeira, por sua vez, a associação entre as temperaturas interna e externa foi maior quando comparada a caixa de cimento (Figura 2A). A correlação destas variáveis entre os dois ambientes foi de 85,33%. Já as umidades relativas do ar entre os dois ambientes apresentaram correlação de 92,34% (Figura 2B).

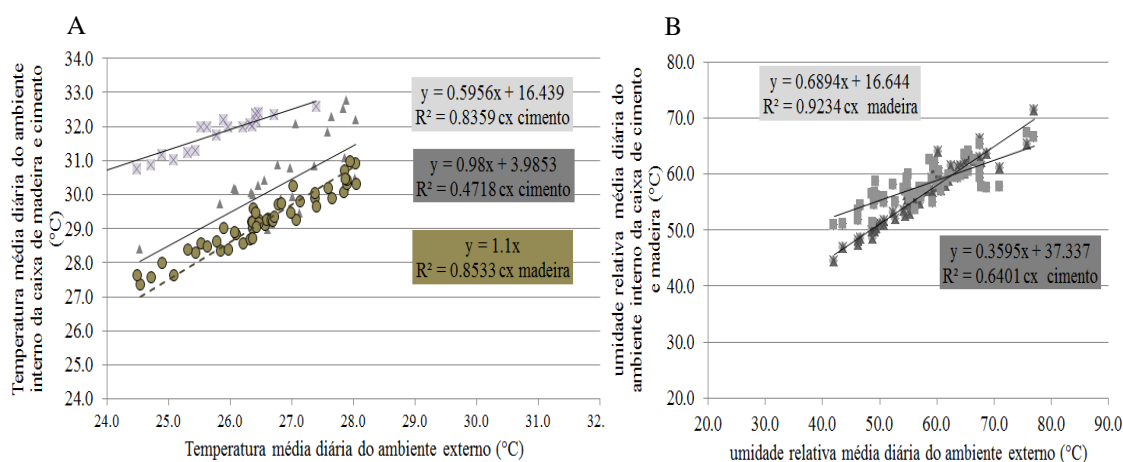


Figura 2. (A) Regressão entre a temperatura e (B) a umidade relativa do ar mensal dos ambientes interno e externo de caixas de madeira e de cimento.

CONCLUSÕES

A temperatura e umidade relativa do ar do ambiente interno das caixas de abelha dependeram da variação externa desses elementos, e homeotermia da colônia foi mais importante apenas na caixa de cimento quando a temperatura externa, de maneira prolongada, foi abaixo de 26°C.

REFERÊNCIAS

BRASIL, D. F. et al. internal ambience of bee colonies submitted to strengthening management by adding broods. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, p. 902-909, 2013.

CAVALCANTI FILHO, O. ; SOARES, E. A.; CAMERINI, N. L.; LEAL, A. F. Avaliação térmica do compósito cimento-resíduo de EVA (Etileno Acetato de Vinila) na construção de colméias Langstroth. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 5, p. 1-4, 2010.

DOMINGOS, H. G. T.; GONÇALVES, L. S. Termorregulação de abelhas com ênfase em *Apis mellifera*. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 3, p. 150-154, 2014.

LOPES, M. T. R. et al. Alternativas de sombreamento para apiários. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 299-305, 2011.

SEELEY, T. D. **Ecologia da Abelha: um estudo de adaptação na vida social** (tradução de C.A. Osowski). Porto Alegre: Paixão Editores LTDA, 2006. 256p.

SOARES, E. A. LEAL, A. F.; CAVALCANTI FILHO, O. ; RODRIGUES, A. E. ; FURTADO, D. A. Caixas de abelha à base de argamassa com resíduos de calçados (EVA): avaliação do comportamento térmico. In: VII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 2010, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 2010.

WINSTON, M. L. **A biologia da abelha**. (tradução de C.A. Osowski). Porto Alegre: Ed. Magister, 2003. 276 p.

ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE NA PRODUÇÃO DE AVES PARA A CIDADE DE NATAL

Tarsila Martins Ramos¹, Amanda Carolina da Silva Queiroz², Paulo Sergio Lucio³,
Bergson Guedes Bezerra⁴

¹Aluna de Graduação em Meteorologia, Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, tarsilamartinsramos@gmail.com; ²Aluna de Graduação em Meteorologia, Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, amanda.2809@hotmail.com; ³Doutor em Geofísica, Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pslucio@ccet.ufrn.br; ⁴Doutor em Meteorologia, Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, bergson.bezerra@gmail.com

RESUMO: Objetivou-se, com este trabalho, determinar e analisar os Índices de Temperatura e Umidade (ITU) para a produção de aves na cidade de Natal, localizada no estado do Rio Grande do Norte. Foram utilizados os valores da temperatura média do ar compensada (°C) e umidade relativa do ar (%) no período entre 1996 e 2016. Estimou-se os valores de ITU a partir dos dados climáticos obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), através da equação proposta por Thom (1959). Através das análises dos índices, observou-se que a região estudada não possui condições favoráveis para a produção avícola, e um estudo de viabilidade econômica se faz necessário.

PALAVRAS-CHAVE: avicultura, conforto térmico, ITU.

TEMPERATURE AND MOISTURE INDEX IN THE BIRD PRODUCTION FOR NATAL

ABSTRACT: The objective of this paper is to determine and analyze the Temperature and Humidity Indexes (THI) for bird production in the city of Natal, located in the state of Rio Grande do Norte. It was used the mean values of the air temperature compensation (°C) and relative air humidity (%) in the period between 1996 and 2016. THI values were estimated from the data obtained on the website of the National Institute of Meteorology (INMET), through the equation proposed by Thom (1959). Through the analysis of the indices, it was observed that the region which was studied does not have favorable conditions for poultry production, and an economic viability study is necessary.

KEY-WORDS: poultry, thermal comfort, THI.

INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira é referência mundial, pois o Brasil o segundo maior produtor mundial de carne de frango, chegando a produzir mais de 13 milhões de toneladas em 2015, um volume 3,58% maior do que o registrado em 2014, segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA). Anualmente 4,0 milhões de toneladas de carne de frango são destinadas à exportação. Porém, muitas regiões brasileiras não possuem as condições meteorológicas necessárias para a produção de aves devido às suas altas temperaturas causadas pelos elevados índices de radiação solar recebido, gerando um desconforto térmico.

Os elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar, presentes em climas tropicais e subtropicais, são alguns dos principais fatores que interferem de maneira negativa na criação de aves. Segundo Casa e Ravelo (2003) estes fatores podem causar estresse e provocar impacto negativo na produção, comportamento, sanidade e bem-estar animal.

Portanto, se faz indispensável um estudo das condições meteorológicas da região desejada para saber se tal região possui as condições ideais precisas para a criação de forma adequada das aves, e se será necessário a utilização de instalações que permitam a manutenção das variáveis meteorológicas, propiciando assim um ambiente ideal no interior do galpão ou abrigo de acordo com as exigências das aves.

Existem diversos índices que são utilizados para determinar o conforto e o desconforto térmico dos animais quando expostos à diversas condições ambientais. Dentre os índices de conforto, podemos destacar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), o qual é calculado utilizando as variáveis de temperatura média do ar e umidade relativa. O objetivo deste trabalho foi de determinar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para a produção de aves na cidade de Natal, RN.

MATERIAL E MÉTODOS

A área escolhida para a realização desse estudo foi Natal, a capital do estado do Rio Grande do Norte. Natal é uma região de clima tropical e, segundo a classificação climática de Koppen-Geiger, seu tipo de clima é *Aw*. Primeiramente, foi feito um levantamento de dados meteorológicos entre os anos de 1996 e 2016, totalizando 21 anos. Os dados foram das variáveis de temperatura compensada média (°C) e umidade relativa média (%), os quais foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na cidade em estudo (latitude de -5,91°, longitude de -35,20° e altitude de 48,60 metros). A partir dos dados obtidos de temperatura e umidade, estimou-se o ITU (Índice de Temperatura e Umidade), de acordo com o modelo proposto por Thom (1959).

O ITU foi determinado pela equação abaixo:

$$ITU = (0,8 \times Tar + (UR/100) \times (Tar - 14,4) + 46,4)$$

Onde:

Tar = temperatura compensada média diária (°C);

UR = umidade relativa média do ar (%).

Os valores obtidos de ITU, assim com os valores de Tar e UR, foram utilizados para comparação com as condições ideais de conforto térmico para aves, em função da sua idade em semanas de vida (Tabela 1). A seguinte simbologia foi utilizada:

I – Valores inferiores aos exigidos pelas aves;

C – Valores confortáveis aos exigidos pelas aves;

S – Valores superiores aos exigidos pelas aves.

Tabela 1. Valores de conforto de temperatura, umidade relativa do ar e do índice de temperatura e umidade (ITU), em função da idade das aves.

Idades (semanas)	Temperatura (°C)	UR (%)	ITU ideal
1	32 - 35	60 - 70	72,4 - 80
2	29 - 32	60 - 70	68,4 - 76
3	26 - 29	60 - 70	64,8 - 72

4	23 - 26	60 - 70	60,5 - 68
5	20 - 23	60 - 70	56,6 - 64
6	20	60 - 70	56,6 - 60

Fonte: Abreu & Abreu (2001) e Silva (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1, observa-se os valores de UR e Tar durante os meses do ano, para a cidade de Natal. Podemos observar que todos os valores da umidade relativa são superiores a 76%, sendo valores bem acima dos considerados confortáveis aos exigidos pelas aves. Os valores da temperatura variam entre 24 e 28°C, dessa forma, observamos valores confortáveis para a terceira semana de vida das aves nos meses de janeiro a maio e outubro a dezembro, e para a quarta semana de vida das aves dos meses de junho a setembro. Para a primeira e segunda semana de vida das aves, e de junho a setembro para a terceira semana de vida das aves, observamos valores de temperatura inferiores aos considerados confortáveis. De janeiro a maio, e outubro a dezembro, bem como para a quinta, sexta e sétima semana de vida das aves, observamos valores superiores aos exigidos pelas aves.

Analisando as Tabelas 1 e 2, nos meses de janeiro a dezembro, verifica-se que para a primeira semana de vida das aves, o ITU teve índices dentro da faixa considerada como confortável, assim como nos meses de junho, julho e agosto para a segunda semana de vida das aves. Para os meses de janeiro a maio, e setembro a dezembro, durante a segunda semana de vida, assim como durante a terceira e sétima semana de vida das aves, o ITU teve índices considerados superiores aos valores de conforto exigidos pelas aves, fazendo-se necessário um sistema que promova o resfriamento do microclima do galpão de criação.

CONCLUSÕES

A partir dos valores obtidos de ITU, a cidade de Natal não apresentou resultados favoráveis para um bom desenvolvimento das aves. Seria necessário um sistema de resfriamento para que fosse possível a produção avícola de forma adequada. Logo, é preciso que seja realizado um estudo de viabilidade econômica, considerando os investimentos necessários para chegar às condições ideais de conforto térmico para a produção de aves.

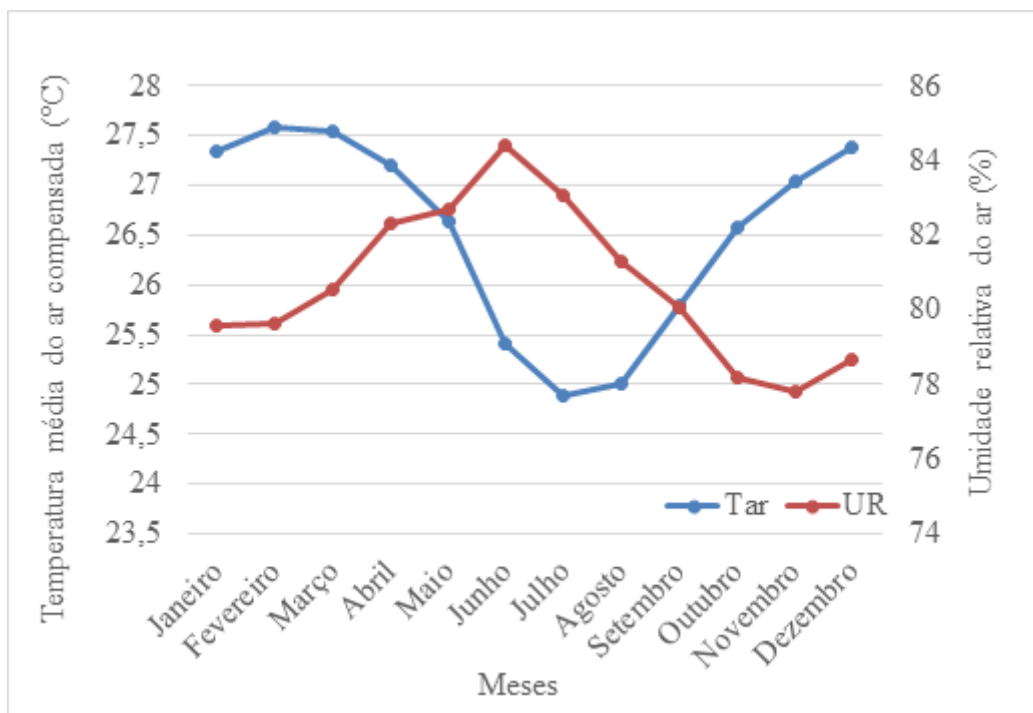


Figura 1. Valores de umidade relativa do ar e de temperatura média do ar compensada em Natal.

Tabela 2. Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para a cidade de Natal.
Idade em semanas de vida

Meses	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	5ª semana	6ª e 7ª semana
Janeiro	C	S	S	S	S	S
Fevereiro	C	S	S	S	S	S
Março	C	S	S	S	S	S
Abril	C	S	S	S	S	S
Mai	C	S	S	S	S	S
Junho	C	C	S	S	S	S
Julho	C	C	S	S	S	S
Agosto	C	C	S	S	S	S
Setembro	C	S	S	S	S	S
Outubro	C	S	S	S	S	S
Novembro	C	S	S	S	S	S
Dezembro	C	S	S	S	S	S

S – Superior, I – Inferior, C – Conforto.

REFERÊNCIAS

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. **Diagnóstico bioclimático para a produção de aves no Oeste paranaense.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: UNIOESTE/SBEA, 2001. 1 CD-ROM.

THOM, E.C., 1959. **The discomfort index Weatherwise.** 60:12-57.

SILVA, E. T.; LEITE, D. G.; YURI, F. M.; NERY, F. S. G.; REGO, J. C. C.; ZANATTA, R. A.; SANTOS, S. A.; MOURA, V. V. **Índice de temperatura e umidade (ITU) na produção de aves na Mesoregião Metropolitana de Curitiba – PR.** Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais, V. 2, n.3, p.47-60, 2004.

SILVA, E. T. **Índice de temperatura e umidade (ITU) na produção de aves para a Mesoregião do Nordeste e Norte pioneiro Paranaense.** Revista Acadêmica, V.5, n.4, p.385,390, 2007.

CASTRO, J. O.; SANTOS, G. C.; AGUIAR, E. F.; SOUSA, F. A.; ALMEIDA, A. K.; CAMPOS, A. T. **Avaliação do índice de temperatura e umidade para as diferentes fases de produção de aves de corte no município de Diamantina – MG.** XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação; São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba; 2009.

CASA, A. C.; RAVELO, A. C. **Assessing temperature and humidity dairy cattle in Córdoba, Argentina.** International Journal of Biometeorology, V.48, n.1, p.6-9, 2003.

ABELHAS *Scaptotrigona* sp. CONTROLAM A UMIDADE RELATIVA DO AR EM COLMEIAS

Pedro de Assis de Oliveira¹, Marileide de Souza Sá², Marcelo Casimiro Cavalcante³,
Thieres George Freire da Silva⁴

¹Discente do Curso de Bacharelado em Zootecnia, UFRPE-UAST, Serra Talhada, PE, E-mail: pedromanari@hotmail.com; ²Discente do Curso de Bacharelado em Zootecnia, UFRPE-UAST, Serra Talhada, PE, E-mail:marileidezootecnista@hotmail.com; ³Docente do Curso de Bacharelado em Zootecnia, UFRPE-UAST, E-mail:marcelufc@yahoo.com.br; ⁴Docente do Curso de Bacharelado em Zootecnia, UFRPE-UAST, E-mail:thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: Objetivou-se estudar as variáveis meteorológicas do ambiente interno de caixas sem e com abelhas *Scaptotrigona* sp. em relação ao ambiente externo. O experimento foi conduzido no meliponário da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, instalado em área coberta por telha de cerâmica. Foram utilizadas três caixas de abelha modelo INPA, e dentro de cada uma foi monitorada a temperatura e umidade relativa do ar, no período de 01 de novembro de 2015 a 26 de março de 2017. Simultaneamente foram adquiridos os dados de temperatura, umidade e precipitação da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia. Houve relação significativa entre as temperaturas internas da caixa sem e com abelhas (83%), bem como destas duas com a temperatura externa à caixa (79% e 75%). Quanto a umidade relativa do ar, não houve correlação significativa entre os seus valores das caixas sem e com abelha, bem como do ambiente da caixa com abelha e o ambiente externo. Relação significativa foi evidenciada apenas dos valores de umidade relativa do ar entre o ambiente externo e da caixa sem abelha (74%). Conclui-se que, a temperatura interna do ar de caixas povoadas com abelhas *Scaptotrigona* sp. foi mais governada pela variação da temperatura do ambiente externo. Essas abelhas afetaram mais a dinâmica da umidade relativa do ambiente interno das caixas.

PALAVRAS-CHAVE: Termoregulação, regressão, semiárido.

BEES *Scaptotrigona* sp. CONTROL RELATIVE AIR HUMIDITY IN HIVES

ABSTRACT: The objective was to study the meteorological variables of the internal environment of boxes with and without bees *Scaptotrigona* sp. in relation to the external environment. The experiment was conducted in bee hives of the Federal Rural University of Pernambuco, Academic Unit of Serra Talhada, installed in area covered by ceramic tile. Three INPA bee boxes were used, and within each one the temperature and relative air humidity were monitored from November 1, 2015 to March 26, 2017. Simultaneously, air temperature, relative air humidity and rain data were acquired of the automatic station of the National Institute of Meteorology. There was a significant relation between the internal temperatures of the box without and with bees (83%), as well as of these two with the external temperature to the box (79% and 75%). Regarding relative air humidity, there was no significant correlation between their values of the boxes without and with bee, as well as the environment of the box with bee and the external environment. Significant relation was evidenced only of the values of relative humidity of the air between the external environment and the box without bee (74%). It is concluded that, the internal air temperature of boxes populated with *Scaptotrigona* sp. was more governed by the variation of the air temperature of the external environment.

These bees affected more dynamics of the relative air humidity of the inner environment of the boxes.

KEY-WORDS: Thermoregulation, regression, semiarid.

INTRODUÇÃO

As abelhas nativas sem ferrão (indígenas) são conhecidas pela sua importância na produção de mel e derivados, no entanto, também produzem cera e geoprópolis (KERR et al., 2001). Esses insetos precisam de recursos que são indispensáveis para sua sobrevivência e a manutenção da colônia (como néctar, resina, óleo, pólen, etc.), que são encontrados na maioria das plantas angiospermas (WINSTON, 2003).

O desenvolvimento de uma colônia de abelhas nativas sofre influência direta de fatores ambientais como temperatura e umidade do ar, alimento, entre outros. Por serem indivíduos pequenos, as abelhas são altamente dependentes da temperatura ambiente. Em locais com altas temperaturas, as abelhas necessitam amenizar o trabalho externo e realizar mecanismos comportamentais de ventilação do ambiente interno. Já sob temperaturas baixas, as abelhas reduzem os voos e outros mecanismos, por causa da diminuição do seu metabolismo (CAMPOS, GOIS e CARNEIRO, 2010).

Alterações na termorregulação de espécies de abelhas sem ferrão são citadas por Correia et al. (2015), quando observaram alteração da temperatura do ambiente interno das colmeias, por causa de mudanças da temperatura externa ao longo do ano, e que as abelhas conseguem se manter dentro da faixa de conforto.

Assim, o presente trabalho se propôs a estudar as variáveis meteorológicas do ambiente externo a caixa e interno povoado com (*Scaptotrigona* sp.) e sem abelhas e a sua influência na regulação da temperatura e umidade destas colônias.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um meliponário da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, no município de Serra Talhada-PE, instalado sobre uma área coberta por telha de cerâmica (barro).

Foram utilizadas três caixas de abelha sem ferrão modelo INPA, sendo duas com abelhas do gênero *Scaptotrigona* sp. (canudo) e uma caixa sem abelha.

Dentro de cada caixa foi monitorada a temperatura e umidade relativa do ar, por meio de três sistemas de aquisição de dados (UX100, Onset HOB0®, Bourne, MA, USA). Os sensores registravam em intervalos de dez em dez minutos, durante o período de 01 de novembro de 2015 a 26 de março de 2017.

Simultaneamente foram adquiridos os dados horários de temperatura, umidade e precipitação da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no município de Serra Talhada.

Os dados a cada 10 min foram convertidos à escala diária e, estes, em seguida, a escala mensal. Regressões foram estabelecidas entre a temperatura e umidade relativa do ar do ambiente interno e o ambiente externo. As significâncias das equações e de seus respectivos parâmetros foram avaliadas pelos testes F e t, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1A, percebe-se que na maioria dos meses, as temperaturas externas foram menores às do ambiente interno das caixas com ou sem abelhas. Por outro lado a

sazonalidade foi bem semelhante. A temperatura interna das caixas foi entre 26°C e 33°C, em média, dentro da zona de conforto térmico, conforme descrito por Becker (2014).

Em termos de umidade relativa do ar (Figura 1B), as suas magnitudes foram semelhantes entre o ambiente externo e a caixa sem abelha, ao passo que na caixa com abelha, após o período chuvoso, a umidade relativa interna tendeu a ser maior do que a do ambiente externo e da caixa sem abelha.

Este resultado mostra a influência da dinâmica das abelhas, que ativam mecanismos metabólicos para manutenção do conforto da colônia.

Os períodos de maior necessidade de utilização destes mecanismos ocorrem nos momentos de transição dos períodos secos e chuvosos da região.

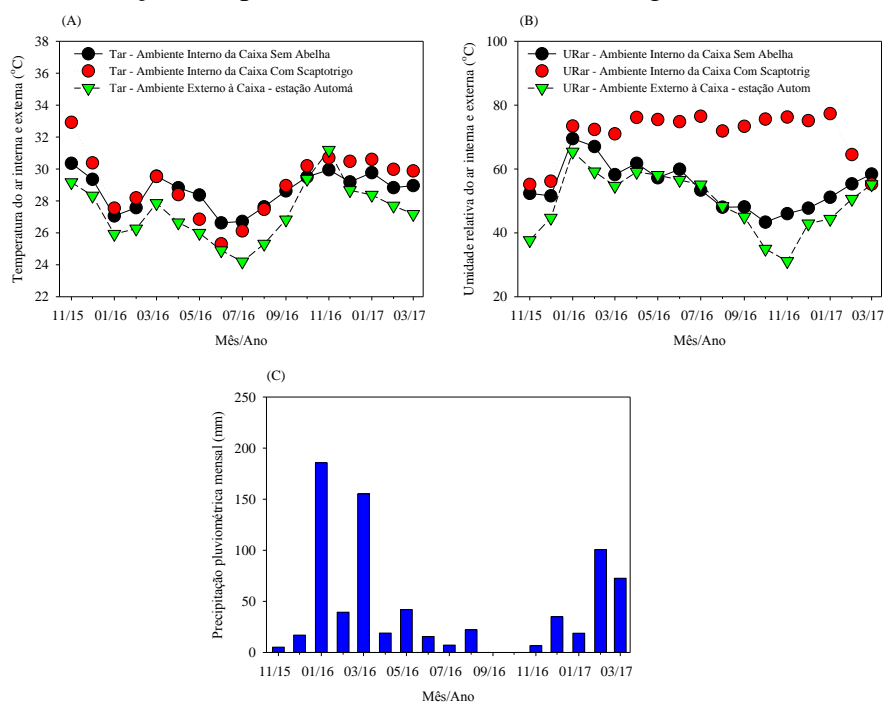


Figura 1. (A) Temperatura e (B) umidade relativa do ar médias mensais dentro do ambiente interno e externo de caixas sem e com abelhas da espécie *Scaptotrigona* sp. (canudo), e (C) precipitação pluviométrica mensal do período de novembro de 15 a março de 2017.

Houve relação significativa entre as temperaturas internas da caixa sem e com abelhas (83%) (Figura 2A), bem como destas com a temperatura externo à caixa (79% e 75%) (Figuras 2B e 2C), indicando que a temperatura interna da caixa foi mais condicionada pela variação externa desta variável.

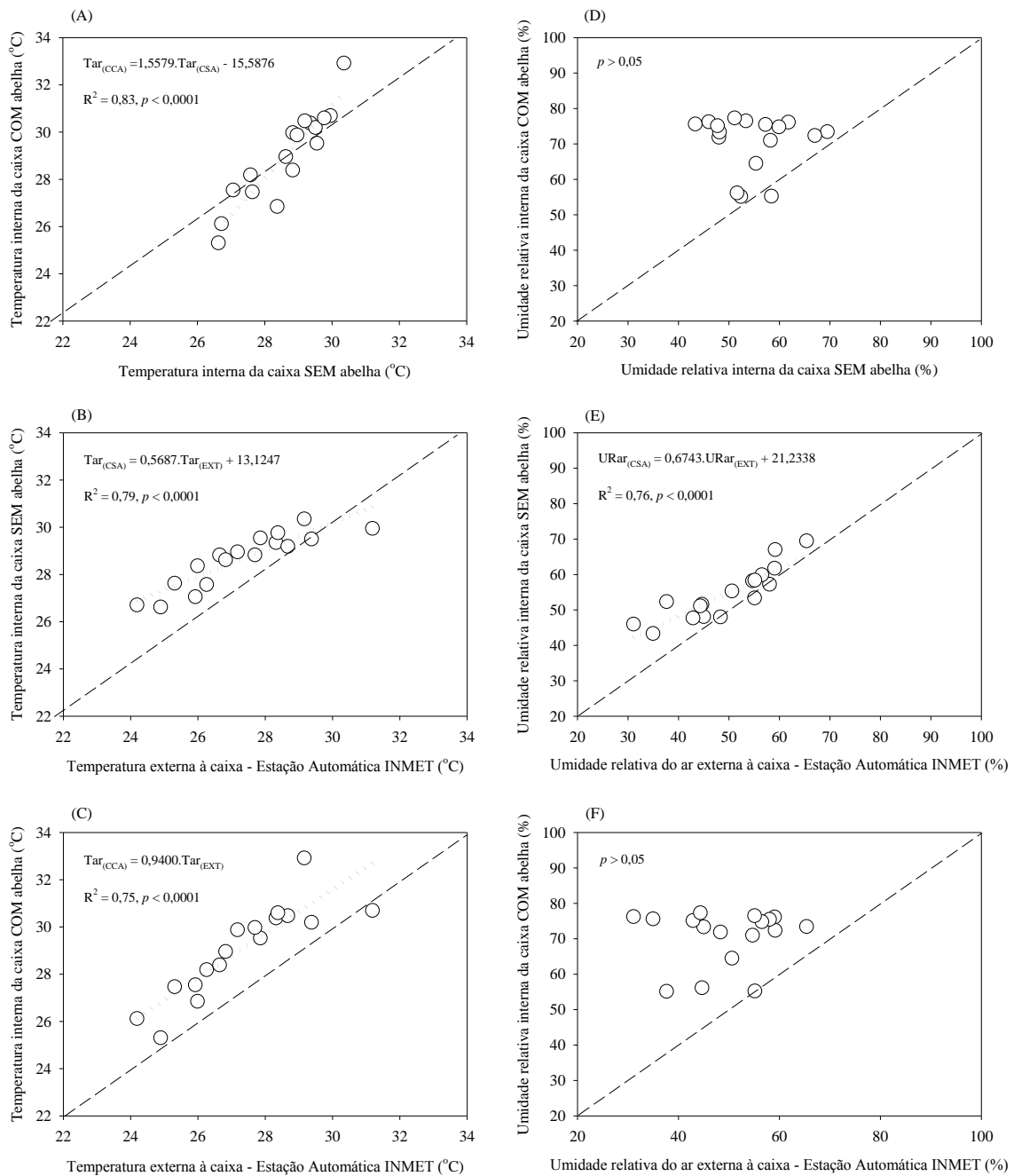


Figura 2. Correlação da temperatura e umidade relativa do ar internas de caixas sem e com abelhas da espécie *Scaptotrigona* sp. (canudo) com o ambiente externo.

Quanto a umidade relativa do ar não houve correlação significativa entre os seus valores das caixas sem e com abelha (Figura 2D), bem como da umidade relativa do ambiente da caixa com abelha e o ambiente externo. Relação significativa foi evidenciada apenas dos valores de umidade relativa do ar entre o ambiente externo e da caixa sem abelha. Neste caso, a umidade relativa interna depende da variação da externa (74%). Na caixa com abelha, percebe-se que a umidade relativa do ar foi maior na maior parte do período, sobretudo na estação seca (Figura 1B e 1C). Nesta condição, as abelhas lançam gotículas de água no ambiente (KERR et al., 2001).

CONCLUSÕES

A temperatura interna do ar de caixas povoadas com abelhas *Scaptotrigona* sp. foi mais governada pela variação da temperatura do ambiente externo. Essas abelhas regularam mais a dinâmica da umidade relativa do ar do ambiente interno das caixas.

REFERÊNCIAS

BECKER, T. **Desenvolvimento de colmeias de abelhas *Melipona interrupta* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Meliponini) sob diferentes temperaturas em condições de laboratório.** 2014. 82 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Entomologia)) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, 2014.

CAMPOS, F.S.; GOIS, G.C. e CARNEIRO, G.G. Termorregulação colonial em abelhas sem ferrão. PUBVET, **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**. Londrina, v. 4, n. 24, Edição 129, p. Art. 872-889, 2010.

CORREIA, F. C. da S. et al. Conforto térmico em colônias de *Tetragonisca weyrauchi* no município de Rio Branco-Acre. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**. UNIPAR, Umuarama, v. 18, n. 4, p. 237-240, out./dez. 2015.

KERR, W. E. et al. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. **Parcerias Estratégicas**, v. 6, n. 12, p. 20-41, 2001.

WINSTON, M. L. **A biologia da abelha.** (tradução de C.A. Osowski). Porto Alegre: Ed. Magister, 2003. 276 p.

CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E OS CASOS DE PNEUMONIA BACTERIANA EM MACEIÓ-AL, 2002

Dagmer Patrícia Miguel Cauende¹, Manuel Agostinho Victor António², Anacleto Marito Diogo³, Dário Mário dos Santos⁴, José Clênio Ferreira de Oliveira⁵.

Graduando em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas,

¹lhedadomilindro@gmail.com; ²manuel.antonio@icat.ufal.br; ³anacletomarito@gmail.com;

⁴deltasigma9419@gmail.com; ⁵Professor em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, jclenio@gmail.com.

RESUMO: Este trabalho tem a finalidade de (através dos resultados das correlações encontradas entre a precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa do ar, e o número de casos de pneumonia bacteriana ocorridos em Maceió-AL, em 2002) definir um estado de tempo meteorológico com maior influência sobre esta enfermidade. Os dados da doença foram fornecidos pela Secretaria Municipal de Saúde através do Sistema de Informações Ambulatorial (SIA) — Já os dados das variáveis meteorológicas (temperatura e umidade máxima, média e mínima, e precipitação pluviométrica total) foram coletados pelo banco de dados da Estação Meteorológica do Aeroporto Zumbi dos Palmares (ECAZP). Cálculos para coeficiente de Pearson (r) e Determinação (r^2) foram realizados para avaliar a magnitude da correlação entre as variáveis meteorológicas e os casos de Pneumonia bacteriana. Por meio da análise de correlações estatísticas encontrou-se relação inversa com as temperaturas e diretas com a precipitação e as umidades. A associação das variáveis meteorológicas aos maiores percentuais do ncpb ocorreram nas seguintes magnitudes: 70% com os aumentos de chuva, 56% com a redução da temperatura máxima, e 43% com o aumento da umidade máxima. Esta investigação aponta para a afirmação de que, quanto mais chuvoso, mais úmido, e mais frio for o estado do tempo meteorológico em Maceió, AL, maior será sua nocividade para indivíduos portadores de pneumonia bacteriana, podendo até leva-los à morte, caso estejam internados nos hospitais em estado grave.

PALAVRAS-CHAVE: Doença, Investigação, Resultados.

CORRELATIONS BETWEEN METEOROLOGICAL VARIABLES AND CASES OF BACTERIAL PNEUMONIA IN MACEIÓ-AL, 2002

ABSTRACT: This work has a purpose of (through the results of correlations found between precipitation, temperature, relative air humidity, and the number of cases of bacterial pneumonia that occurred in Maceió-AL in 2002) to define a state of meteorological time with greater influence on this disease. Disease data were provided by the Municipal Health Department through the Outpatient Information System (OIS) — Data of the meteorological variables temperature, humidity(maximum, minimum and average) and total rainfall were collected by the Station database meteorological Department of Zumbi dos Palmares Airport (ECAZP). Calculations for Pearson's coefficient (r) and Determination (r^2) were performed to evaluate the magnitude of the correlation between the meteorological variables and the cases of bacterial pneumonia. By analyzing statistical correlations we found an inverse relation with the temperatures and direct with the precipitation and humidity. The association of the meteorological variables with the highest percentages of ncpb occurred in the following magnitudes: 70% with increases in rainfall, 56% with reduction of maximum temperature, and 43% with increase of maximum humidity. This research points to the assertion that the more rainy, humid and cold the state of the weather in Maceió, AL, the greater will be its

harmfulness to individuals with bacterial pneumonia, and may even lead to death if they are hospitalized in serious condition.

KEY-WORDS: Disease, Research, Results.

INTRODUÇÃO

A Biometeorologia humana é uma ciência que estuda a influência de elementos meteorológicos na saúde humana. Elementos meteorológicos como: temperatura e umidade do ar, precipitação pluviométrica, ventos, pressão atmosférica, altitude, radiação solar (insolação e radiação ultravioleta), passagens de frentes, perturbações atmosféricas (ação de ciclones, anticiclones e tempestades locais), como também as poluições natural e antropogênica na atmosfera, podem atenuar ou agravar os sintomas de determinadas doenças no organismo humano, ou até mesmo levar indivíduos enfermos a óbito. Pesquisadores classificaram algumas doenças como sendo “doenças sazonais”, cujo número de casos aumenta significativamente em períodos de inverno, verão, primavera ou outono. Entre estas doenças, encontra-se a pneumonia lobar (uma das formas de pneumonia bacteriana), cujo “número de mortalidade por esta enfermidade aumenta com a queda da temperatura” (TROMP, 1980).

A pneumonia lobar é um processo inflamatório que ocorre nos lobos pulmonares, cujo microrganismo mais associado é o pneumococo que é o agente mais frequente em pneumonias causadas por bactérias da comunidade. (BOGLIOLO, 2007). Este trabalho tem a finalidade de (através dos resultados das correlações encontradas entre a precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa do ar, e o número de casos de pneumonia bacteriana ocorridos em Maceió-AL, em 2002) definir um estado de tempo meteorológico com maior influência sobre esta enfermidade.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa utilizou a metodologia proposta por Oliveira (2004). A área de estudo, correspondente ao município de Maceió, AL, fica localizada entre as latitudes de 9°20'S e 9° 45'S e entre as longitudes 35° 30'W” e 36° 50'W” (COSTA; RAMOS, 2004; OLIVEIRA, 2004), possui uma área total de 513,55 km², com áreas urbana, rural e lacunar de 191,79 km², 298,5 km² e 23,26 km², respectivamente. Os números de casos de pneumonia bacteriana (ncpb) para o ano de 2002 foram fornecidos pela Secretaria Municipal de Saúde através do Sistema de Informações Ambulatorial /SIA. Assim os dados meteorológicos, foram obtidos através da Estação Meteorológica do Aeroporto Zumbi dos Palmares/ECAZP, pertencente ao Ministério da Aeronáutica.

Para o estudo das correlações, tomou-se como variável independente “x”, os dados das variáveis meteorológicas, e como variável dependente “y” os números de casos de pneumonia bacteriana (ncpb) e *n*, representa o número de pares de dados presentes. Utilizou-se os cálculos de *r* (coeficiente de Pearson) e *r*² (coeficiente de Determinação) para avaliar consecutivamente a qualidade e magnitude da relação entre variáveis meteorológicas e os ncpb. Para a análise estatística utilizou-se a Equação 1 (OLIVEIRA, 2004) e o Quadro 1 (CAVALCANTE, 2003).

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x) * (\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} * \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (\text{Equação 1})$$

Quadro 1. Classificação dos valores das correlações.

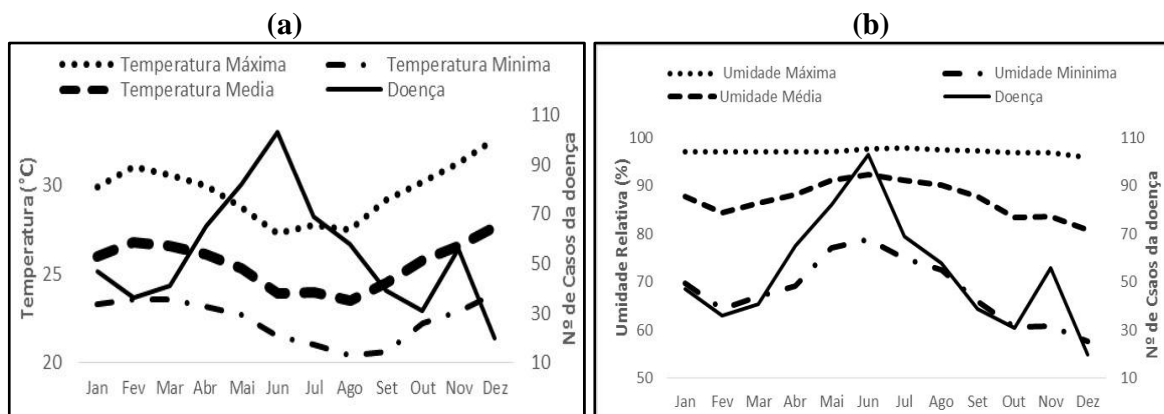
<i>r</i>	<i>r</i> ²	Classificação
0	0	Nula

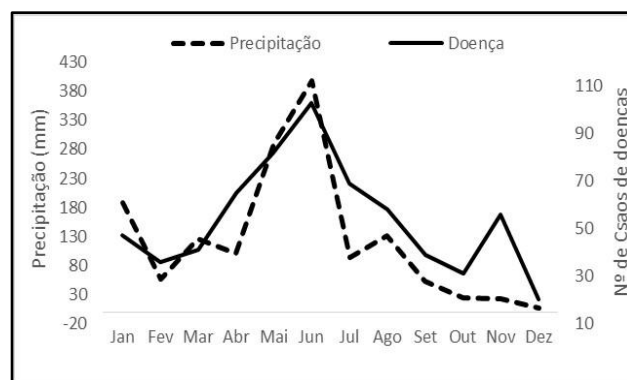
0,00 ----- 0,30	0,00 ----- 0,09	Fraca
0,30 ----- 0,60	0,09 ----- 0,36	Média
0,60 ----- 0,90	0,36 ----- 0,81	Forte
0,90 ----- 0,99	0,81 ----- 0,99	Fortíssima
1	1	Perfeita

Fonte: Cavalcante, 2003

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **(figura 1a)**, o perfil do número de casos de pneumonia bacteriana (*n_{cpb}*), se eleva de fevereiro à junho, enquanto neste mesmo período, decresce o perfil das temperaturas. Esta inversão nos perfis das temperaturas e do *n_{cpb}*, continua a ocorrer durante os meses de junho à dezembro. Isto sugere a ocorrência de uma relação inversa, que é comprovada pelos valores negativos no resultado dos coeficientes de Pearson (tabela 1). E os resultados dos coeficientes de Determinação mostraram correlação média (Quadro 1) com a temperatura mínima ($r^2 = 0,11$) e fortes com as temperaturas média ($r^2 = 0,39$), e temperatura máxima ($r^2 = 0,56$), sendo esta última, a mais forte entre as três temperaturas investigadas. Na **(figura 1b)**, ambos os perfis (do *n_{cpb}* e das umidades) decrescem de janeiro à fevereiro, se elevam de fevereiro à junho e voltam a decrescer, nos 5, dos 6 meses finais do ano. Isto sugere a ocorrência de uma relação direta entre eles. Esta relação direta é confirmada pelos valores positivos de *r* (**tabela 1**). O resultado dos cálculos de r^2 (Tabela 1 e quadro 1), indicaram correlações médias com a umidade média ($r^2 = 0,31$), e umidade mínima ($r^2 = 0,22$), e correlação forte com a umidade máxima ($r^2 = 0,43$), sendo esta última, a mais intensa. A análise da **(figura 1c)** revelou elevações e reduções semelhantes para os dois perfis (Precipitação e *n_{cpb}*, pois, considerando perfis médios, as elevações ocorrem simultaneamente de janeiro à junho, e as reduções, de junho à dezembro. Isto sugere a ocorrência de uma relação direta entre eles. A confirmação desta relação direta surge através do valor positivo de *r* (**tabela 1**). A análise da classificação quanto a intensidade da correlação (**Quadro 1**), revelou correlação forte ($r^2 = 0,70$), entre o *n_{cpb}* e precipitação.





(c)

Figura 1. Perfis do número de casos de pneumonia bacteriana, ocorridas em Maceió AL, durante o ano de 2002. (a) Temperatura (máxima, mínima e média), (b) Umidade relativa do ar (máxima, mínima e média) e (c) precipitação pluviométrica total.

Tabela 1. Valores dos coeficientes de correlação (r) e determinação (r^2), encontrados entre os casos de pneumonia bacteriana, temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica total ocorrida em Maceió (AL), durante o ano de 2002.

Variáveis meteorológicas	Coefficiente de Pearson (r)	Coefficiente de Determinação (r^2)
Temperatura Máxima	-0.75	0.56
Temperatura Mínima	-0.33	0.11
Temperatura Média	-0.62	0.39
Umidade Máxima	0.65	0.43
Umidade Mínima	0.47	0.22
Umidade Média	0.55	0.31
Precipitação Pluviométrica	0.84	0.70

CONCLUSÕES

As análises das correlações investigadas, revelaram a existência de uma relação inversa entre o número de casos de pneumonia bacteriana (ncpb) e a temperatura do ar, e direta com a umidade relativa do ar e a precipitação. Quanto às intensidades das correlações, verificou-se ocorrência de correlações médias com as umidades média e mínima, e temperatura mínima, sendo com esta última variável, a menor correlação encontrada entre todas investigadas. As correlações fortes ocorreram com as temperaturas máxima e média, umidade máxima e precipitação total, com esta última, verificou-se a mais intensa correlação, entre todas as variáveis analisadas. A associação das variáveis meteorológicas aos maiores percentuais do ncpb ocorreram nas seguintes magnitudes: 70% com os aumentos de chuva, 56% com a redução da temperatura máxima, e 43% com o aumento da umidade máxima. Sobre a relação inversa entre a temperatura e o ncpb encontrada na presente pesquisa, Tromp (1980), tem confirmado que o número de mortalidade que ocorre por pneumonia bacteriana, aumenta com a queda da temperatura.

Esta investigação aponta para a afirmação de que, quanto mais chuvoso, mais úmido, e mais frio for o estado do tempo meteorológico em Maceió, AL, maior será sua nocividade para indivíduos portadores de pneumonia bacteriana, podendo até leva-los à morte, caso estejam internados em hospitais em estado grave.

REFERÊNCIAS

BOGLIOLO, L. **Patologia**. [Editor] Geraldo Brasileiro Filho. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

CAVALCANTE, J. C. **Mortalidade em menores de um ano: utilização de novos indicadores para avaliação.** Dissertação (Mestrado em Saúde da Criança) - Centro de Ciências da Saúde. Departamento de Tocoginecologia. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2003.

COSTA, J. de A.; RAMOS, V. A. O espaço urbano de Maceió – **ambiente físico e organização socioeconômica**, in ARAUJO, Lindemberg Medeiros de (org.) Geografia: espaço tempo e planejamento. Editora da Universidade Federal de Alagoas (EDUFAL), Maceió, AL, 2004, p. 191-205.

OLIVEIRA, J.C.F. de Biometeorologia: **Estudo de casos em Maceió, Al: efeitos de elementos Meteorológicos na qualidade de vida urbana e na saúde humana.** Fundação Manoel Lisboa e Secretaria de Planejamento do Estado de Alagoas, 2004.

TROMP, S. W. Biometeorology-**The impact of the weather and climate on humans and their environment (animals and plants).** In: Thomas LC (ed). Heyden International Topics in Science, London: Heyden & Son Ltd, 1980, p. 263–318.

ESTUDO BIOCLIMATOLÓGICO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM MANAUS (AM) – CASOS DE ASMA E PNEUMONIA

Anacleto Marito Diogo¹, Marcelo Henrique Favacho de Souza², Ricardo Ferreira
Carlos de Amorim³.

¹Graduando em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, anacletomarito@gmail.com; ² Mestre em Meteorologia Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, marcelophavac@yahoo.com.br; ³ Professor Doutor em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, rffcamorim@gmail.com

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo estudar a bioclimatologia de doenças respiratórias em Manaus (AM), casos de asma e pneumonia, no período de 1998-2007. Os dados foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia – Banco de dados meteorológicos (BDMET). Os dados mensais de asma e pneumonia foram obtidos no Departamento de Informática do SUS (DATASUS), na sessão Informações em Saúde – Epidemiologias e Morbidade, Sub-Sessão – Geral por Local de Internação. As variáveis meteorológicas Temperatura (Máxima e Mínima), Precipitação e Umidade Relativa do Ar, foram correlacionadas com os casos de asma e pneumonia, buscando uma correlação entre as mesmas. A série de dados analisadas totalizaram dez anos (1998 – 2007). No caso de asma verificou-se que Manaus obteve uma correlação inversa de 80% em relação a temperatura máxima e 65% a temperatura mínima. Observou-se que a asma neste período mostrou uma correlação inversa às variáveis meteorológicas (temperatura máxima, temperatura mínima, precipitação e umidade relativa do ar). Para a pneumonia verificou-se que as temperaturas (máximas e mínimas) apresentaram correlações acima de 39%, consideradas em média um resultado satisfatório.

PALAVRAS-CHAVE: Dados, Correlação, Variáveis Meteorológicas

BIOCHEMATOLOGICAL STUDY OF RESPIRATORY DISEASES IN MANAUS (AM) - CASES OF ASTHMA AND PNEUMONIA

ABSTRACT: The purpose of this work is to study the bioclimatology of respiratory diseases in Manaus (AM), cases of asthma and pneumonia, in the period 1998-2007. The data were obtained from the National Institute of Meteorology - Weather Data Bank (BDMET). The monthly data on asthma and pneumonia were obtained from the Department of Information Technology of SUS (DATASUS), in the section Health Information - Epidemiology and Morbidity, General Sub-Session by Hospitalization. The meteorological variables Temperature (Maximum and Minimum), Precipitation and Relative Humidity of Air, were correlated with the cases of asthma and pneumonia, seeking a correlation between them. The series of data analyzed totaled ten years (1998 - 2007). In the case of asthmas, it was verified that Manaus obtained an inverse correlation of 80% with respect to the maximum temperature and 65% with the minimum temperature. It was observed that asthma in this period showed an inverse correlation to the meteorological variables (maximum temperature, minimum temperature, precipitation and relative air humidity). For pneumonia, it was verified that the temperatures (maximum and minimum) presented correlations above 39%, considered on average a satisfactory result.

KEY-WORDS: Data, Correlation, Meteorological Variables

INTRODUÇÃO

O Brasil é o oitavo país em prevalência de asma (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008). A asma foi considerada a quarta causa de hospitalização em 1996, correspondendo a cerca de 350.000 internações em todo o país, a um custo de, aproximadamente, 76 milhões de reais. Isto equivale ao terceiro maior gasto do SUS (Sistema Único de Saúde) com esta doença. (DATASUS, 2004). Os casos de pneumonias no Brasil registraram 17.220 mortes na faixa etária de 65 anos ou mais, durante o ano de 1996. Segundo os dados do SUS (PNEUMONIA, 2010), a pneumonia é a terceira causa de internações entre idosos com 65 anos de idade ou mais, representando 6,8% do total de internações hospitalares no SUS.

A asma é uma doença inflamatória crônica das vias aéreas que provoca hiperresponsividade das vias aéreas inferiores, limitando o fluxo aéreo (STIRBULOV; BERND SOLE, 2006). Essa inflamação leva o paciente a ter episódios de tosse, pressão torácica, sibilos e dispnéia (SMELTZER et al., 2009). Já a pneumonia refere-se à infecção do trato respiratório inferior, primariamente envolve os pulmões, e constitui a principal causa infecciosa de atendimento médico, sendo responsável por um dos maiores percentuais de receita de antibióticos (SOUZA, 2007).

Quando associada as variáveis meteorológicas, Ayoade, (2004), mostra que o clima possui características elementares que são capazes de influenciar a saúde humana de forma direta ou indireta e de modo positivo ou negativo. A temperatura e a umidade do ar em valores extremos podem limitar a capacidade humana de responder a determinados tipos de doenças. Enquanto que condições amenas podem assumir traços terapêuticos.

Este trabalho tem como objetivo estudar a bioclimatologia de doenças respiratórias em Manaus (AM), casos de asma e pneumonia, no período de 1998-2007.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise bioclimatológica foi realizada para o município de Manaus, Amazonas, localizado entre o nordeste-leste do estado de Amazonas (AM), com as coordenadas geográficas 3°06'07''S de Latitude e 60°01'30''O de Longitude, apresentando uma população estimada em 3.483.985 e 1.066 de unidades sanitárias espalhadas em todo município. (IBGE, 2010).

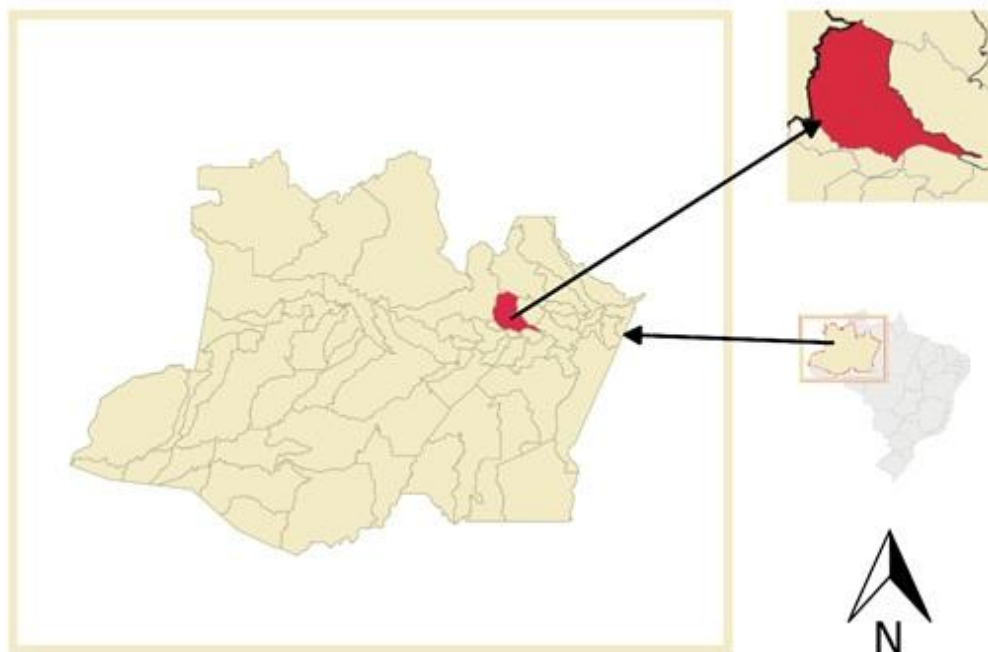


Figura 1. Município de Manaus, Capital do Amazonas (Ponto em vermelho).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para realização deste trabalho, foram obtidos dados mensais junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – Banco de dados meteorológicos (BDMET), numa série temporal de 10 anos (1998 – 2007).

Os dados mensais de asma e pneumonia, numa série de dez anos (1998 – 2007), foram obtidos no Departamento de Informática do SUS (DATASUS), sessão de Informações em Saúde – Epidemiologias e Morbidade, Sub-Sessão – Geral por Local de Internação.

A metodologia adotada foi a análise descritiva das variáveis (temperaturas máximas e mínimas, precipitação, umidade relativa do ar e os casos de pneumonia e asma) utilizando o software STATISTICA (Versão 8). Dessa forma foram geradas figuras do tipo boxplot que possibilitam representar um conjunto de dados com base em alguns de seus parâmetros descritivos, quais sejam: mediana (é o valor exatamente no meio de um conjunto ordenado de números) (q2), quartil inferior (q1), quartil superior (q3) e do IRQ, intervalo interquartil (é a diferença entre o quartil superior e o quartil inferior). GOMES, (2011).

Foram ainda aplicadas análises de correlação (inferência estatística) entre as variáveis meteorológicas estudadas, no sentido de verificar a existência ou não de correlação entre as mesmas com as doenças.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento da temperatura máxima em Manaus (AM), Figura 2 mostra os maiores valores nos meses de Julho a Outubro, com valores médios em torno de 31,5 a 33,0°C. Os demais meses com valores médios em torno de 29,0 a 31,3°C. Segundo GOMES (2011), a região de Manaus possui uma homogeneidade espacial e sazonal da temperatura, no inverno do Hemisfério Sul e toda faixa meridional da região norte, que atravessa a Cordilheira dos Andes ao Sul do Chile, apresenta eventos excepcionalmente intensos, assim provocando o fenômeno de friagens. Estatisticamente observou-se a

sazonalidade da temperatura máxima nessa região, coincidindo com o período mais chuvoso e menos chuvoso na região.

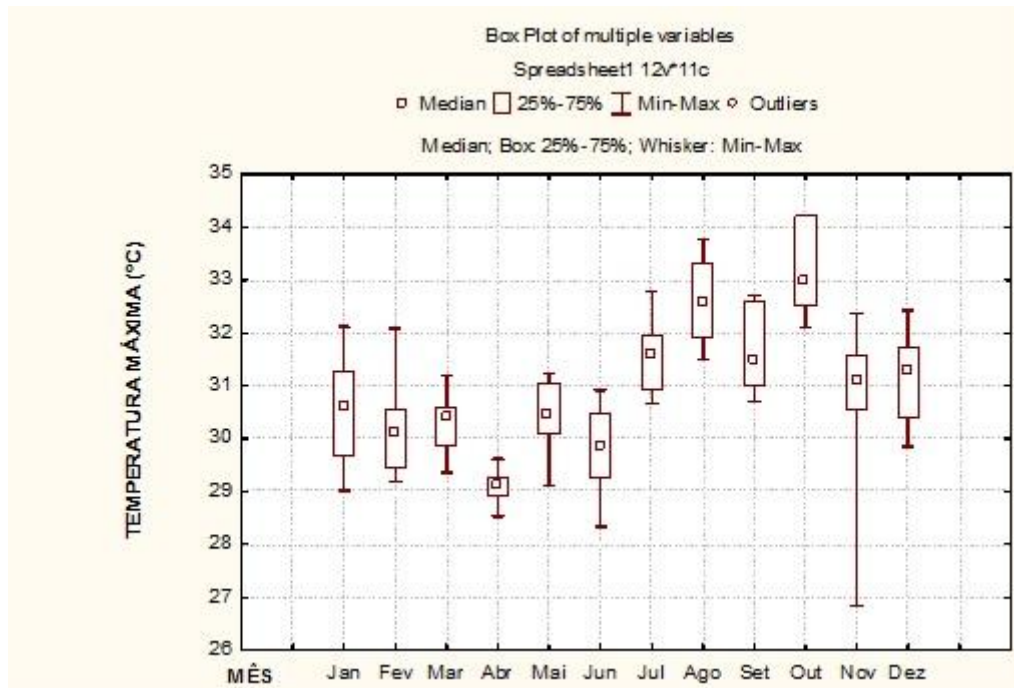


Figura 2. Boxplot da temperatura máxima em Manaus (AM) em função dos meses do ano no período de 1998-2007.

A temperatura mínima em Manaus (AM), Figura 3, mostra um comportamento estatístico heterogêneo, embora as médias mensais tenham oscilado entre 21 a 24°C. Os meses com maiores valores médios foram Janeiro, Março, Maio, Outubro e Dezembro com valores médios em torno de 23,5 a 24,4°C. Os demais meses com valores médios em torno de 21,8 a 23,3°C. Observou-se a existência de outliers mês de março: valores atípicos, discrepantes com os demais.

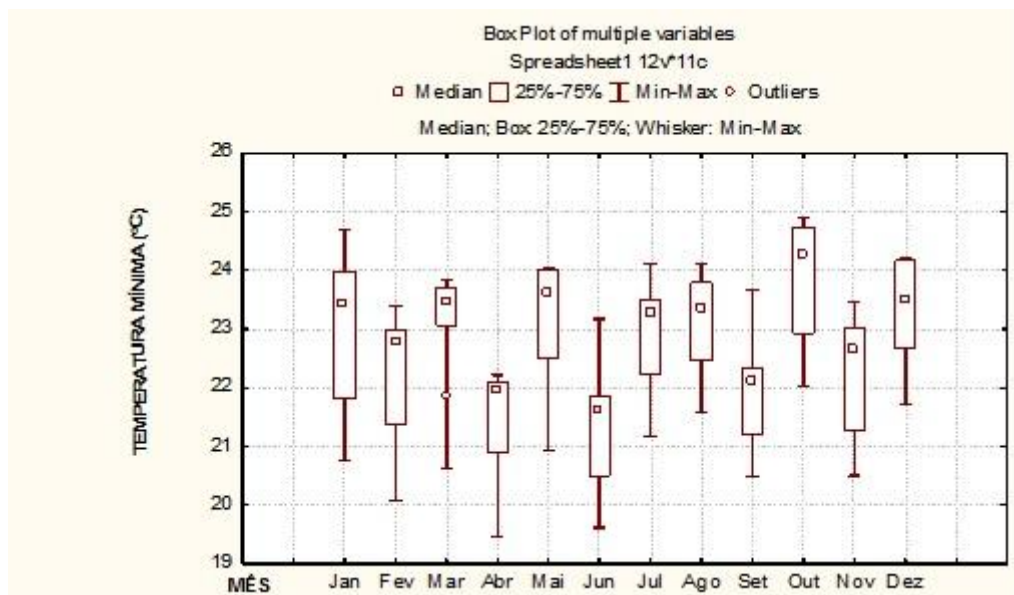


Figura 3. Boxplot da temperatura mínima em Manaus (AM), no período de (1998-2007).

O regime pluviométrico na região de Manaus (AM) mostra o período mais chuvoso nos meses de Dezembro a Abril e o período menos chuvoso de Maio à Novembro, mostrando o período mais chuvoso e o período menos chuvoso, respectivamente. A variação entre os períodos é relativamente pequena em torno de 100mm à 300mm, Figura 4. Observou-se a existência de outliers nos meses de Setembro e Outubro: valores atípicos, superiores aos demais.

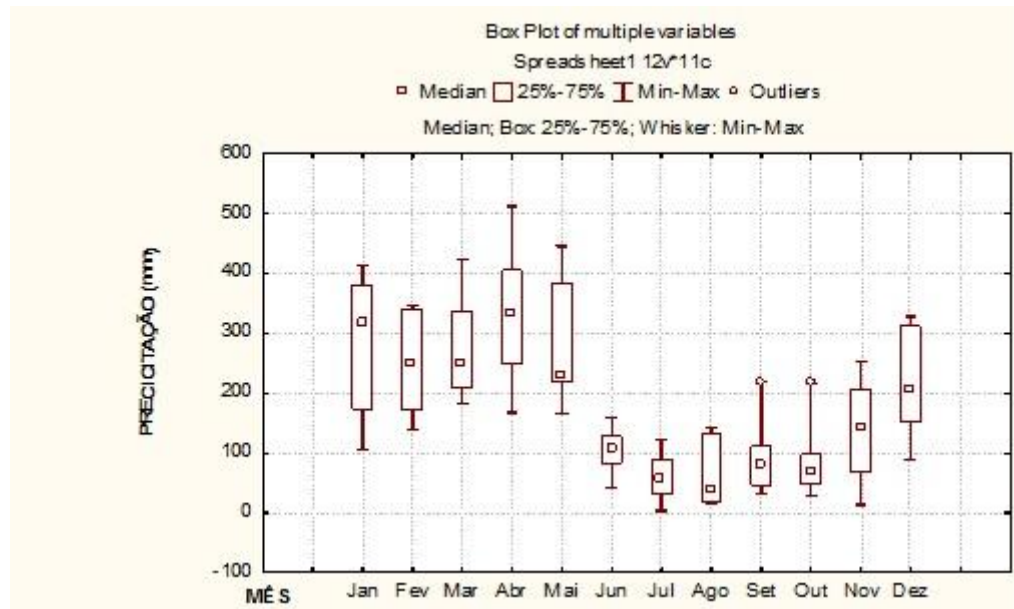


Figura 4. Boxplot da precipitação em Manaus (AM), no período de 1998 a 2007.

A umidade relativa em Manaus (AM), Figura 5, acompanhou o regime pluviométrico com valores mais elevados nos meses de dezembro a abril e os valores menos elevados nos demais meses. Com variação média em torno de 79 a 90% de umidade relativa do ar. Estatisticamente mostrou ser inversamente a temperatura máxima.

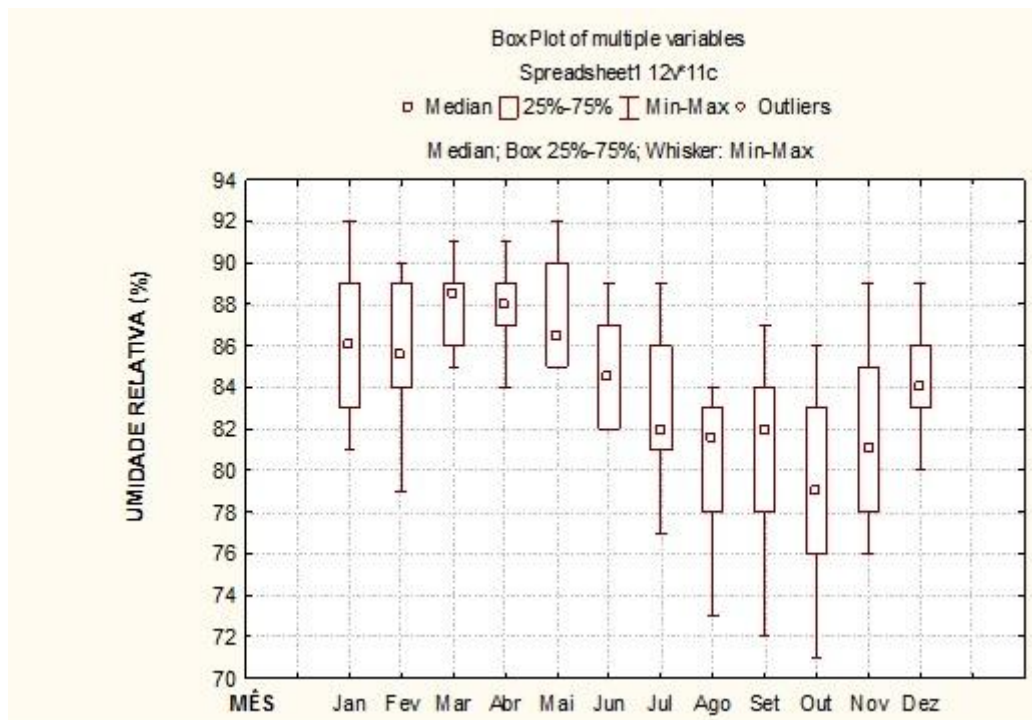


Figura 5. Boxplot da umidade relativa em Manaus (AM), no período de 1998 a 2007.

O número de ocorrências de asma em Manaus (AM) mostrou-se pouco variável (mensalmente) durante o período estudado (1998 – 2007). Com valores médios em torno de 20.000 a 40.000 ocorrências registradas na Figura 6. O registro de ocorrências dessa endemia em Manaus é grande, estatisticamente é proporcional ao número de habitantes que gira em torno de 1.700,000.

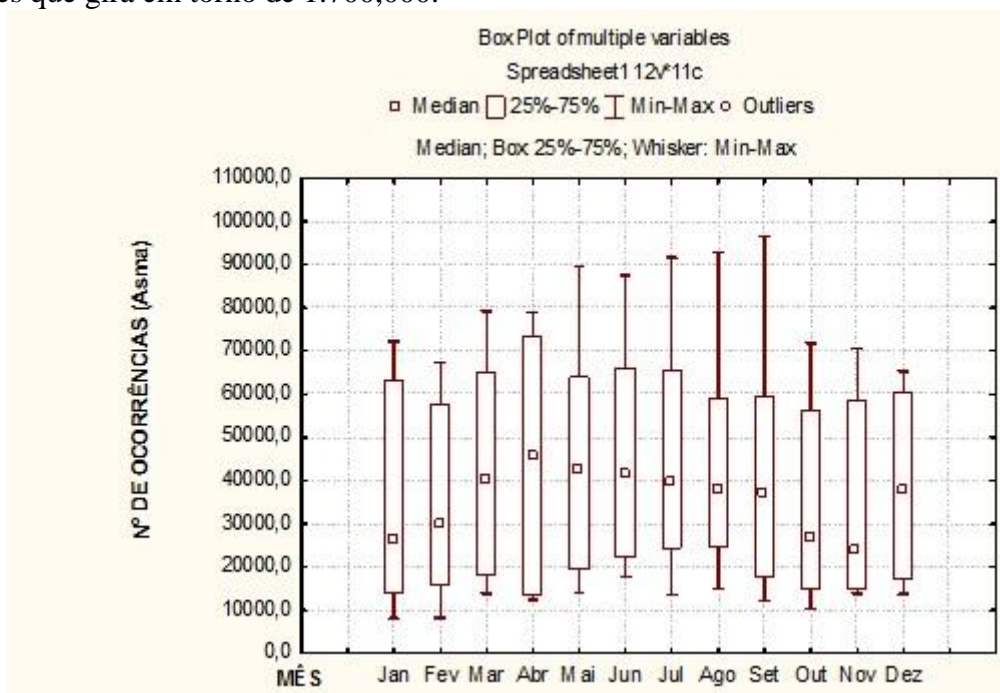


Figura 6. Boxplot do número de ocorrências de Asma em Manaus (AM), no período de 1998 a 2007.

Dentro do período estudado, nos últimos cinco anos houve um aumento no número de ocorrências de asma em Manaus, embora em 2006 e 2007 tenha havido um declínio os números continuaram elevados, acima de 75.000 ocorrências anuais registradas na Figura 7.

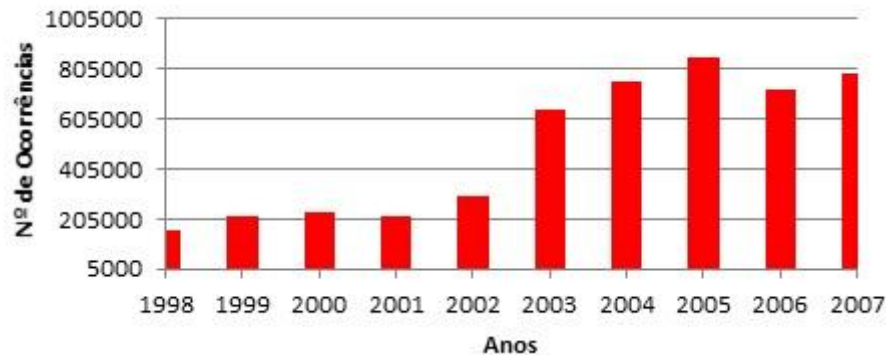


Figura 7. Distribuição anual do número de ocorrências de Asma no Município de Manaus (AM) no período de 1998 a 2007.

Os casos registrados de pneumonia em Manaus (AM), Figura 8, mostra um comportamento homogêneo com valores médios mensais variando em torno de 100.000 a 200.000 casos. Valores extremamente altos. Observou-se a existência de outliers nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Setembro, Outubro e Novembro: valores atípicos, superiores aos demais. Requerendo uma atenção especial.

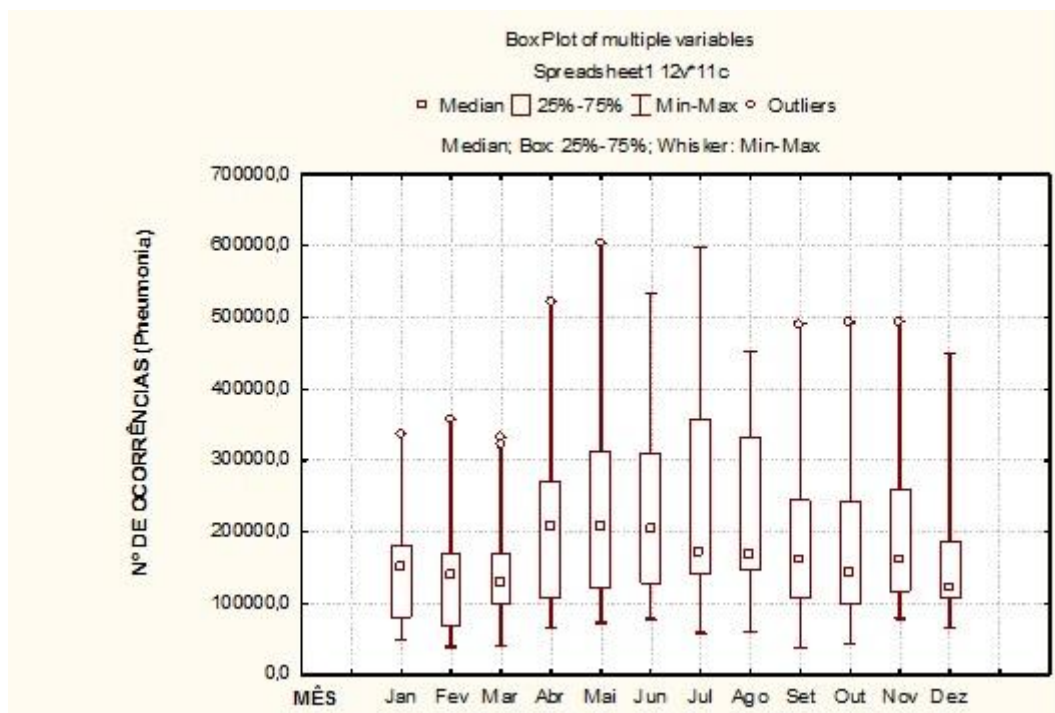


Figura 8. Boxplot do número de ocorrências de Pneumonia em Manaus (AM) no período de 1998 a 2007.

Assim como a asma, a pneumonia sofreu uma demanda crescente nos últimos 10 anos dentro do período estudado de 1998 a 2007. Em 10 anos o número de ocorrências registradas saltou de 50.000 para mais de 500.000 casos, Figura 9. Mostrando valores extremamente altos. Nos anos de estudo Manaus teve um aumento populacional

considerável (422.241 mil habitantes) caracterizando o processo de expansão urbana e demográfica sofrida pelas grandes cidades brasileiras. Este fato explica em parte o aumento do número de ocorrências. Há também um problema crônico estrutural, cidades no interior não possuem centros de saúde adequados, fazendo assim a população local buscar melhores condições de saúde em cidades mais desenvolvidas. Como a pneumonia é uma endemia que possui aspectos variados, não é difícil ser confundida com uma simples gripe.

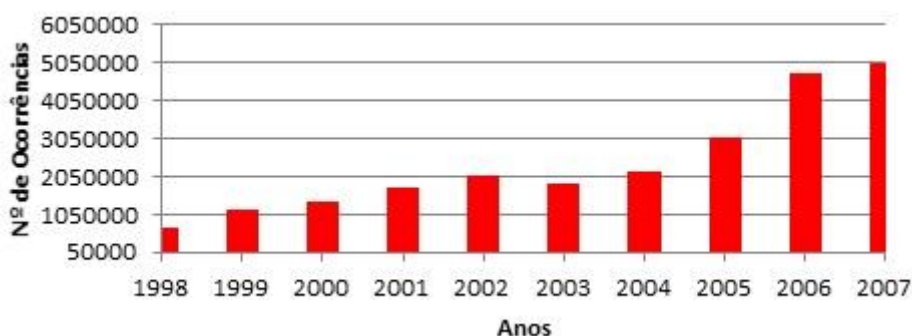


Figura 9. Distribuição anual do número de ocorrências de Pneumonia no Município de Manaus (AM) no período de 1998 à 2007.

Observando os dados, nota-se que os valores baixos de correlações diretas de asma e as variáveis meteorológicas abordadas neste trabalho apresentam correlações inversas (valores negativos), destaca-se o valor de 0,80, mostrado na Tabela 1. Observou-se uma correlação que explica 80% dos casos de asma e temperatura máxima e 65% entre asma e temperatura mínima, valores representativos para esse tipo de estudo. No entanto, como analisado os valores de asma e precipitação e asma e umidade do ar foram, respectivamente, - 0,3% e - 2,6%. Uma correlação baixa e inversa, não caracterizando bons indicadores. Também podem ser mostrados pela Figura 10. Assim como temperaturas mínimas podem espalhar mais poeira dificultando a respiração para quem sofre da doença. Um fato interessante é que as temperaturas mínimas na região amazônica ocorrem no período mais chuvoso (Dezembro a Março), logo com a precipitação e umidade relativa do ar elevadas. Este fato pode explicar a correlações inversas destas variáveis com a asma.

Tabela 1. Município de Manaus e sua respectiva correlação entre asma e precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima e asma com umidade relativa.

Município	Asma x Precip	Asma x Tmáx	Asma x Tmín	Asma x UR
Manaus (AM)	-0,03	0,80	0,65	-0,26

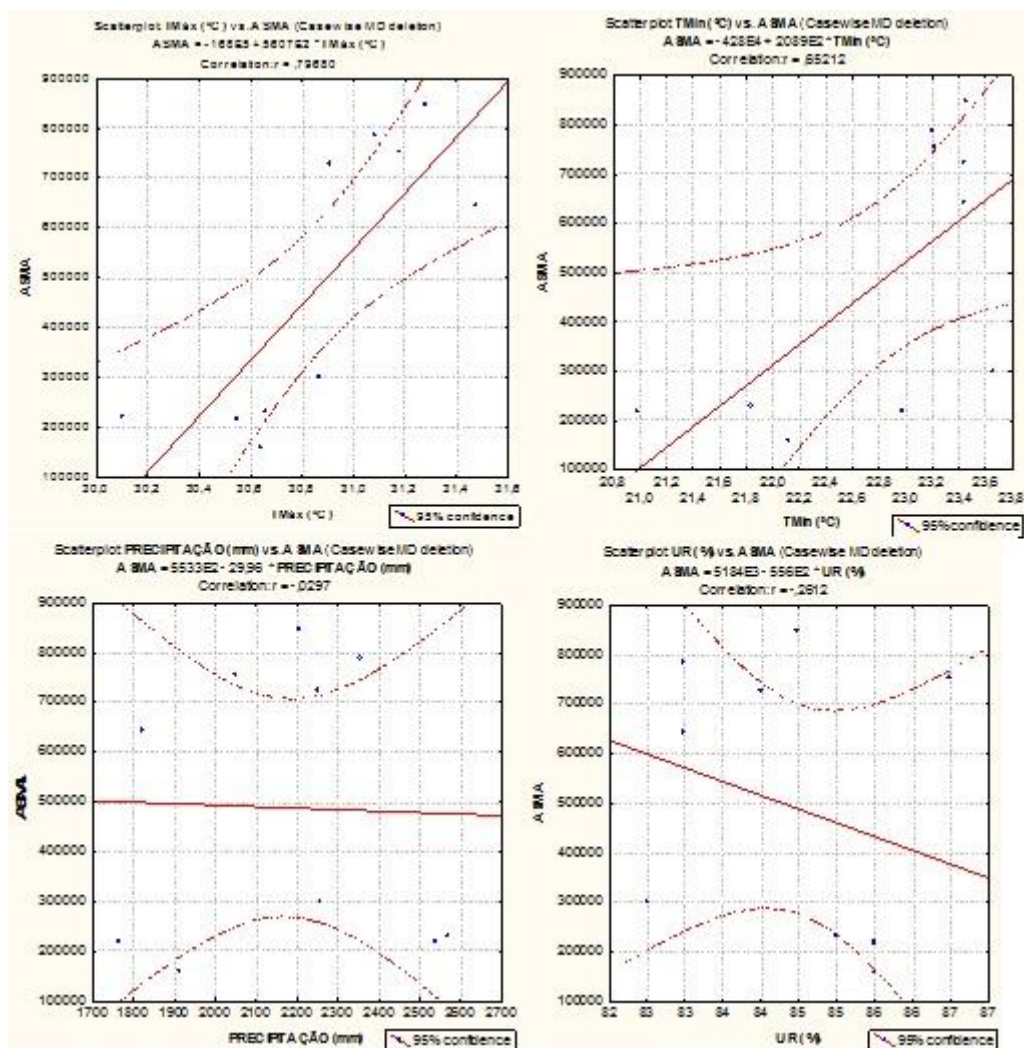


Figura 10. Correlações de asma com as variáveis meteorológicas.

As correlações diretas de pneumonia com as variáveis meteorológicas seguiram a mesma linha de tendência da asma, evidenciando correlações baixas. Foi observado uma correlação inversa com a umidade relativa do ar, como é mostrado na Tabela 2. O frio pode estar relacionado com a proliferação de vírus e bactérias, fato que pode causar para evolução de uma pneumonia. No frio a transmissão é mais fácil, porque as pessoas tendem a ficar em locais fechados por mais tempo (Figura 11). Já com as temperaturas mais elevadas, alguns fatos devem ser levados em consideração como aumento do número de queimadas, maior circulação de agentes patológicos, aumento do número de poluentes disponíveis na atmosfera.

Tabela 2. Município estudado e sua respectiva correlação entre pneumonia e precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa.

Municípios	Pneun. x Precip	Pneun. x Tmáx	Pneun. x Tmín	Pneun. x UR
Manaus (AM)	0,20	0,44	0,57	-0,47

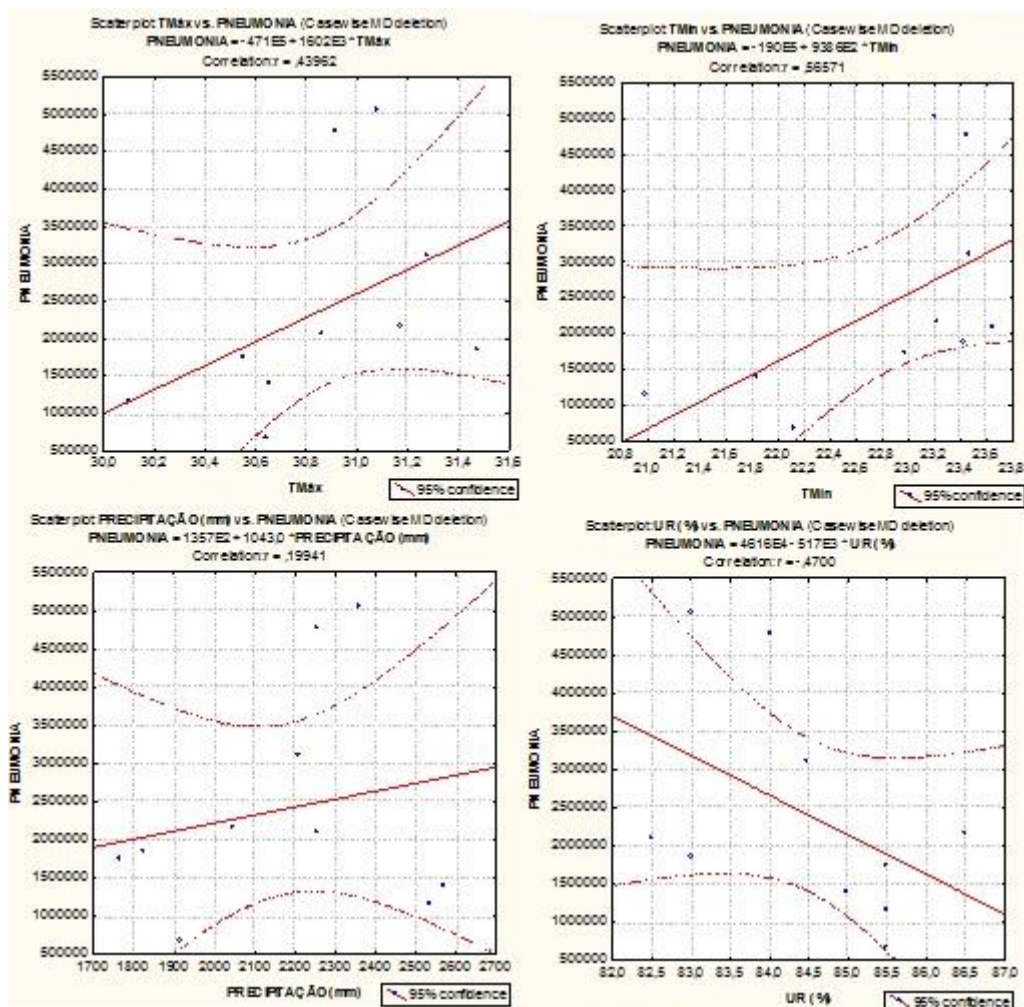


Figura 11. Correlações de pneumonia com as variáveis meteorológicas.

CONCLUSÕES

De acordo com os objetivos e a metodologia proposta conclui-se que o número de ocorrências de asma no município estudado possui no geral pouca variabilidade espaço-temporal. Mostra uma correlação significativa em parte do município. Manaus obteve uma correlação de 80% com a temperatura máxima e 65% com a temperatura mínima. Pode-se dizer que a asma dentro desses 10 anos estudados mostrou ter uma correlação inversa as variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa).

Em relação ao número de ocorrências de pneumonia, observou-se números altos de casos registrados no município. No geral mostrou ter uma correlação, apesar de não serem consideradas representativas sob o ponto de vista estatístico, quando comparadas as variáveis meteorológicas. Exceto a umidade relativa que no geral mostrou ser inversa ao número de ocorrências de pneumonia. As temperaturas máximas e mínimas apresentaram correlações acima de 39%, consideradas um resultado satisfatório.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 10. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

DATASUS-Base de dados do Sistema Único de Saúde. Extraído de FAÇANHA, M. C. **Doenças respiratórias agudas em serviços de saúde entre 1996 e 2001**, Fortaleza. Revista Saúde Pública 2004;38(3):346-50.

GOMES, A.C.S. **Estudo Bioclimatológico entre as condições do tempo e a malária na Amazônia legal**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió-Alagoas, 2011.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=am>>. Acesso em: 06 Mai. 2017.

PNEUMONIA, **Tudo sobre pneumonia**. Disponível em: <<http://www.bancodesaude.com.br/pneumonia/pneumonia>>. Acesso em: 16 out. 2012.

SMELTZER, S. C. et al. **Tratado de enfermagem Médico-cirúrgico**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

SOUZA, N. M. N. **Influência de variáveis meteorológicas sobre a incidência da dengue, meningite e pneumonia em João Pessoa-PB**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, n.2, 183-192, 2007.

STIRBULOV, R; BERND, L. A. G.; SOLE D. **IV Diretrizes brasileiras para o manejo da Asma**. Jornal Brasileiro de Pneumologia, São Paulo, v. 32, n. 5, p. 447, jan./fev. 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Chronic respiratory diseases**. 2008. Disponível em: <<http://www.who.int/respiratory/asthma/en/>>. Acesso: 15 out. 2012.

ÉPOCAS DE SEMEADURA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Erythrina velutina* Willd.

JOYCE NAIARA DA SILVA¹, MONALISA ALVES DINIZ CAMARGO PINTO²,
ANA KARLLA PENNA ROCHA³, ANDRESSA DOS SANTOS FREIRE⁴, LARISSA
DE SÁ GOMES LEAL⁵

¹Graduanda em agronomia, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, joicenaiara@hotmail.com; ² Professora Doutora Adjunta IV, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, monallyssa@yahoo.com.br; ³ Graduanda em agronomia, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, karllapenna@hotmail.com; ⁴ Graduanda em agronomia, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, andressa-freire@outlook.com; ⁵ Graduanda em agronomia, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, larissa.leal04@hotmail.com;

RESUMO: Esse trabalho teve como objetivo avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas de mulungu em três épocas de semeadura. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x5, ou seja, três épocas de semeadura e cinco métodos de superação de dormência. Adotou-se as seguintes épocas de semeadura: 22 de fevereiro, 08 de março e 29 de março de 2017. Para a realização da superação da dormência, as sementes foram submetidas aos seguintes tratamentos: testemunha – sementes intactas (T₁); escarificação manual com lixa de ferro nº 150 no lado oposto a micrópila (T₂); imersão em água sanitária (2,5% de cloro ativo) por 24 horas (T₃); imersão em ácido em ácido sulfúrico concentrado por 60 minutos (T₄); imersão em água fervente por 2 minutos com posterior acondicionamento em freezer por 12 horas (T₅). Foram avaliados parâmetros relacionados à germinação e ao desenvolvimento inicial das plântulas. Quanto aos métodos de superação de dormência, considerando as características relacionadas à germinação, a escarificação manual com lixa de ferro nº 150 no lado oposto a micrópila e a imersão em ácido sulfúrico por 60 minutos proporcionaram os melhores resultados. De forma geral, as épocas de semeadura cujas temperaturas médias foram maiores, propiciaram os melhores resultados para as características relacionadas à germinação, enquanto que para as características relacionadas ao crescimento inicial das plântulas, a última época de semeadura, em que as temperaturas foram menores, proporcionou um melhor desenvolvimento das plântulas.

PALAVRAS-CHAVE: Germinação, dormência, temperatura

SEED SEQUENCES IN SEED GERMINATION OF *Erythrina velutina* Willd

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the germination and initial development of mulungu seedlings at three sowing times. The design was completely randomized in factorial scheme 3x5, that is, three sowing times and five methods of overcoming dormancy. The following sowing dates were adopted: February 22, March 08 and March 29, 2017. In order to overcome dormancy, the seeds were submitted to the following treatments: control - intact seeds (T₁); Manual scarification with iron sandpaper nº150 on the side opposite to micropyle (T₂); Immersion in sanitary water (2.5% active chlorine) for 24 hours (T₃); Immersion in acid in concentrated sulfuric acid for 60 minutes (T₄); Immersion in boiling water for 2 minutes and then stored in a freezer for 12 hours (T₅). Parameters related to germination and initial seedling development were evaluated. As for the methods of overcoming dormancy, considering the characteristics related to germination, manual scarification with iron sandpaper # 150 on the side opposite to micropyle and immersion in sulfuric acid for 60 minutes provided the best results. In general, sowing times with higher average temperatures

provided the best results for germination characteristics, while for the characteristics related to initial seedling growth, the last sowing season, when temperatures were lower, Provided a better development of the seedlings.

KEY-WORDS: Germination, dormancy, temperature

INTRODUÇÃO

A degradação das florestas nativas no Brasil além de favorecer à extinção de muitas espécies vegetais, contribui com prejuízos à população, predispondo à desequilíbrios ecológicos (SILVA et al., 2007). Dentre as espécies arbóreas utilizadas para a recuperação de áreas degradadas, as leguminosas têm se destacado, o motivo disso é que elas possuem sistema radicular profundo, crescimento rápido, tolerância à acidez do solo e estresse de temperatura (FRANCO et al., 1992).

O mulungu (*Erythrina velutina* Willd.) pertence à família Fabaceae, é uma árvore de grande resistência à seca, apresentando rusticidade e rápido crescimento (LORENZI; MATOS, 2002). Com relação ao processo germinativo das sementes dessa espécie pouco se sabe, sendo de grande importância esse conhecimento para o auxílio de vários programas, como o de produção de mudas para reflorestamento (SILVA et al., 2007).

As sementes de mulungu quando colocadas para germinar em condições de disponibilidade de água, oxigênio e temperatura adequada, não germinam por apresentarem impermeabilidade do tegumento à água. Apenas após a eliminação deste bloqueio à germinação é que as sementes poderão iniciar o processo germinativo, o qual possui como primeira etapa a embebição de água pelas sementes. Para que o processo de germinação transcorra de forma satisfatória, torna-se necessário que as sementes além de terem a disposição uma quantidade de água satisfatória, sejam expostas à uma temperatura ótima (MARCOS FILHO, 2005).

O desenvolvimento dos vegetais depende de vários fatores ambientais, sendo que a temperatura do ar é o principal elemento meteorológico que afeta esse desenvolvimento (STRECK, 2002; GRAMIG; STOLTENBERG, 2007). A temperatura ao afetar a velocidade de embebição, a digestão das substâncias de reserva e a mobilização das respectivas substâncias dos tecidos de reserva para os pontos de crescimento do eixo embrionário, interfere na velocidade, na porcentagem e na uniformidade do processo de germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas de sementes de mulungu, submetidas à diferentes métodos de superação de dormência e semeadas em três épocas de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, no município de Serra Talhada – PE no período de fevereiro a abril de 2017. O material vegetal utilizado consistiu de sementes de mulungu (*Erythrina velutina* Willd.).

As sementes foram submetidas à diferentes métodos de superação de dormência e semeadas em três épocas do ano de 2017. Anteriormente a cada época de semeadura as sementes foram tratadas utilizando-se os seguintes procedimentos: testemunha – sementes intactas (T₁); escarificação manual com lixa de ferro nº 150 no lado oposto a

micrópila (T₂); imersão em água sanitária (2,5% de cloro ativo) por 24 horas (T₃); imersão em ácido sulfúrico concentrado por 60 minutos (T₄); imersão em água fervente por 2 minutos e posterior acondicionamento em freezer por 12 horas (T₅).

Após os procedimentos de superação de dormência efetuou-se a semeadura, tendo-se como substrato uma mistura de solo e areia na proporção de 1:2 (v/v), o qual foi colocado no interior de copos plásticos descartáveis de 200 mL. As sementes foram semeadas nas seguintes datas: 22 de fevereiro, 08 e 29 de março de 2017.

As temperaturas médias do ar a 1,5 m da superfície do solo gramado, durante os três períodos experimentais, foram medidas em uma estação meteorológica convencional pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 290 metros da área experimental.

As avaliações foram realizadas diariamente até a estabilização da emergência das plântulas, o que ocorreu 15 dias após a semeadura, sendo avaliadas a porcentagem de emergência (PE), utilizando como critério de avaliação, plântulas que apresentavam os cotilédones acima da superfície do substrato (CARDOSO et al., 2008), índice de velocidade de emergência (IVE) conforme Maguire (1962) e tempo médio de emergência (TME) segundo Labouriau (1983).

Posteriormente foram avaliados os comprimentos da parte aérea (CPA) à partir do coleto até a gema apical, do sistema radicular (CSR) à partir do coleto até o ápice da raiz, as plântulas normais de cada repetição foram medidas com o auxílio de uma régua graduada em mm, sendo os resultados expressos em cm.plântula⁻¹; diâmetro do coleto (DC) - mensurado com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, e os valores expressos em cm.plântula⁻¹; massa seca da parte aérea (MSPA); massa seca do sistema radicular (MSR), sendo a massa seca obtida por meio da secagem em estufa regulada a 80°C por 24 horas, conforme recomendações de Nakagawa (1999). Após a secagem se procedeu com a pesagem da parte aérea e do sistema radicular em balança analítica com precisão de 0,001 g e os resultados foram expressos em g.plântula⁻¹; massa seca total (MST) - obtida através do somatório dos valores de massa seca da parte aérea e do sistema radicular; relação comprimento da parte aérea e diâmetro do coleto (RAD); relação da massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz (RMSPAR); relação do comprimento da parte aérea e a massa seca da parte aérea (RPAMSPA); índice de qualidade de Dickson (IQD), obtido pela fórmula $IQD = [massa\ seca\ total / (RAD + RPAR)]$ (Dickson et al., 1960).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x5, ou seja, três períodos de semeadura e cinco métodos de superação de dormência, com cinco repetições de 20 sementes por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico Assisat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados da estação meteorológica obteve-se as seguintes médias de temperatura durante o período de germinação de 15 dias, quando a semeadura foi realizada nos dias 22/02, 08/03 e 29/03 de 2017, as médias foram de 27,8°C; 26,9 °C e 25,5 °C, respectivamente (Figura 1).



Figura 1. Média diária da temperatura durante as três épocas de semeadura das sementes de *Erythrina velutina* Willd., no ano de 2017 em Serra Talhada – PE. (A) 23 de fevereiro, (B) 08 de março e (C) 29 de março.

De acordo com a análise de variância, observa-se interação significativa a 1% de probabilidade para as datas de semeadura e os métodos de superação de dormência, para todas as características avaliadas (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância. PE- Porcentagem de emergência (%); TME – Tempo médio de emergência (dias); IVE – Índice de velocidade de emergência; CPA – Comprimento da parte aérea (cm); CSR – Comprimento do sistema radicular (cm); MSPA – Massa seca da parte aérea (g); MSSR – Massa seca do sistema radicular (g); MST – Massa seca total (g); RAD – Relação comprimento da parte aérea altura e diâmetro do coleto; IQD – Índice de qualidade de Dickson; RMSPAR – Relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz; RPAMSPA – Relação comprimento da parte aérea e massa seca da parte aérea. ES – Época de semeadura; SD – Método de superação de dormência

QUADRADO MÉDIO	FONTE DE VARIAÇÃO					
	ES	SD	ESxSD	Tratamento	Resíduo	CV (%)
GL	2	4	8	14	60	
PE	4413**	9450,3**	1761,3**	4337**	57	10,85
TME	1,29**	4,24**	1,63**	2,33**	0,14	20,34
IVE	2,35**	17,91**	1,05**	6,05**	0,04	11,34

CPA	0,47 ^{ns}	67,4**	54,82**	50,65**	0,86	9,10
CSR	4,6 ^{ns}	62,19**	50,19**	47,11**	2,78	16,08
DC	0,009**	0,049**	0,055**	0,048**	0,0007	7,78
MSPA	4,28**	31,82**	10,03**	15,44**	0,55	20,4
MSSR	0,24 ^{ns}	7,6**	2,18**	3,45**	0,17	25,87
MST	2,60 ^{ns}	70,09**	21,12**	32,47**	0,94	18,51
RAD	97,68**	459,61**	339,9**	339,5**	10,06	11,15
IQD	0,003 ^{ns}	0,067**	0,023**	0,033**	0,001	21,46
RMSPAR	4,85**	2,49**	2,75**	2,98**	0,53	31,58
RPAMSPA	6,899**	37,784**	23,789**	25,789**	1,296	35,76

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo;

Para as sementes escarificadas com lixa e imersas em ácido sulfúrico por 1 hora não houve diferença estatística na porcentagem de emergência entre as datas de semeadura (Tabela 2), já as sementes intactas na primeira e na última data de semeadura apresentaram os melhores resultados, embora a 3^a data não tenha diferido estatisticamente da 2^a data de semeadura. Nas sementes imersas por 24 horas em água sanitária (2,5% de cloro ativo) e em água fervente por 2 minutos e posteriormente acondicionadas no freezer por 12 horas, as duas primeiras datas propiciaram melhores resultados de germinação. Já para a última data, cuja temperatura média reduziu 2,3°C quando comparada a primeira data, não houve germinação nas sementes submetidas ao choque térmico, sendo que as sementes apodreceram. De acordo com Borges & Rena (1993), grande número de espécies florestais subtropicais e tropicais apresentam potencial máximo de germinação na faixa de temperatura entre 20 e 30°C. A temperatura ideal de germinação, geralmente, varia dentro da faixa de temperatura encontrada no local e na época ideal para a emergência e estabelecimento das plântulas (RAMOS & VARELA, 2003).

Em trabalho realizado por Demuner et al. (2008), as sementes de *Erythrina verna* germinaram satisfatoriamente nas três temperaturas avaliadas (15, 20 e 25°C). No entanto, a faixa entre 20 a 25°C pode ser considerada ótima, uma vez que propiciou uma germinabilidade alta e menor tempo médio de germinação.

Quando a semeadura ocorreu em fevereiro, as sementes que foram submetidas a escarificação com lixa e imersão em ácido sulfúrico por 1 hora, apresentaram as maiores médias de emergência, o mesmo ocorreu nas outras duas épocas de semeadura, enquanto que nos demais tratamentos a emergência sofreu uma redução de mais de 30%, em comparação aos melhores tratamentos. Por ocasião da semeadura na primeira quinzena de março, as sementes intactas e as que foram imersas em água fervente por 2 minutos e em seguida armazenadas no freezer por 12 horas, apresentaram a menor porcentagem de emergência. Na última época de semeadura, 29 de março, as sementes imersas tanto por 24 horas em água sanitária como em água fervente por 2 minutos com

posterior acondicionamento em freezer por 12 horas, apresentaram os piores resultados, com 19 e 0% de emergência, respectivamente.

As sementes de mulungu quando submetidas à escarificação manual com lixa d'água n.80, proporcionou as maiores porcentagens de emergência, enquanto que os tratamentos de imersão em ácido sulfúrico concentrado por períodos de 10, 20, 30 e 40 minutos não foram eficientes na superação da dormência das sementes de mulungu, pois não conseguiram aumentar nem uniformizar a emergência das plântulas (SILVA et al., 2007). Em trabalho realizado por Nassif & Perez (1997) utilizando sementes de *Pterogyne nitens* foi observado que a imersão em água à 100°C por dois minutos, proporcionou aumento significativo da germinação das sementes, em relação aos períodos de imersão de cinco e 10 minutos

Tabela 2- Porcentagem de emergência – PE, tempo médio de emergência – TME e índice de velocidade de emergência – IVE, de plântulas oriundas de sementes de *Erythrina velutina* Willd, submetidas a diferentes métodos de superação de dormência e épocas de semeadura.

PE (%)					
Métodos de superação de dormência					
Épocas de semeadura	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	69 Ab	100 Aa	59Ab	98 Aa	69 Ab
08/03	55 Bc	98 Aa	69 Ab	89 Aa	66 Abc
29/03	61 ABb	99 Aa	19 Bc	93 Aa	0 Bd
CV%	10,85				
TME (dias)					
Métodos de superação de dormência					
Épocas de semeadura	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	2,31 Aa	1,21 Ab	1,89 Aab	1,22 Ab	1,87 Aab
08/03	2,3 Aa	1,42 Ac	2,25 Aa	1,55 Abc	2,2 Aab
29/03	2,77 Aa	1,23Ab	2,15 Aa	1,32 Ab	0 Bc
CV%	22,34				
IVE					
Métodos de superação de dormência					
Épocas de semeadura	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	1,45 Ab	3,32 Aa	1,36 Ab	3,28 Aa	1,52 Ab

08/03	1,14 ABb	2,8 Ba	1,49 Ab	2,5 Ba	1,24 Ab
29/03	1,06 Bc	3,43 Aa	0,41 Bd	2,98 Ab	0 Be
CV%	11,34				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si, em nível de 5% de probabilidade.

Legenda: Testemunha – sementes intactas (T₁); escarificação manual com lixa de ferro nº 150 no lado oposto a micrópila (T₂); imersão em água sanitária por 24 horas (T₃); imersão em ácido sulfúrico concentrado por 60 minutos (T₄); imersão em água fervente por 2 minutos com posterior acondicionamento em freezer por 12 horas (T₅).

O tempo médio de germinação é importante para se avaliar a rapidez de ocupação de uma espécie em uma comunidade (FERREIRA et al., 2001). Para esta variável não houve diferença para os tratamentos de superação de dormência em relação a data de semeadura, com exceção da imersão em água fervente por 2 minutos com posterior acondicionamento em freezer por 12 horas, em que pelo fato de não ter ocorrido a formação das plântulas quando as sementes foram semeadas no dia 29 de março, não foram obtidos resultados para esta característica.

Os resultados do tempo médio e do índice de velocidade de emergência (Tabela 2) mostram que para todas as épocas de semeadura foi observado que tanto as sementes escarificadas com lixa de ferro nº 150 no lado oposto a micrópila como aquelas imersas em ácido sulfúrico concentrado por 60 minutos necessitaram de menos dias para formarem plântulas normais, em relação as sementes que não receberam nenhum tratamento. Em sementes de *Bumelia obtusifolia* Roem. & Schult., Nascimento (2013) verificou o maior IVG (índice de velocidade de germinação) com o uso da escarificação mecânica com lixa. Comportamento semelhante também foi obtido para *Bixa orellana* L. (Bixaceae), onde a escarificação com lixa resultou em elevado IVG, o que permitiu melhor a expressão do vigor das sementes (PICOLOTTO et al., 2013).

De um modo geral, para todos os métodos de superação de dormência não houve diferença estatística entre as épocas de semeadura para a característica tempo médio de emergência. Por sua vez, o índice de velocidade de emergência foi maior, de um modo geral, quando os métodos de superação de dormência foram empregados na primeira época de semeadura (Tabela 2), cuja temperatura média durante o período experimental foi maior do que nas demais épocas (Figura 1). Estes resultados podem ser explicados devido à influência da temperatura no processo germinativo, pois as temperaturas mais elevadas podem aumentar o metabolismo das sementes, acelerando assim a germinação (GUEDES et al., 2011).

Para o comprimento da parte aérea, tabela 3, observa-se que para as sementes intactas, escarificadas manualmente com lixa e imersas em água sanitária por 24 horas a última data de semeadura, cuja temperatura foi mais amena em relação as demais épocas (Figura 1), propiciou um melhor desenvolvimento aéreo, de acordo com Nakagawa (1999) a diferença de 1°C na temperatura, durante o teste de germinação, provavelmente pode ter efeito desprezível na porcentagem de germinação, mas essa diferença na temperatura poderá proporcionar efeitos consideráveis no crescimento das plântulas, alterando seu comprimento e/ou sua massa seca. Durante a primeira e segunda épocas de semeadura não houve diferenças do comprimento da parte aérea entre os cinco métodos de superação de dormência. Já na última época, as sementes intactas resultaram em plântulas com maior comprimento médio, em relação as sementes submetidas aos demais tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3- Comprimento da parte aérea – CPA; comprimento do sistema radicular – CSR e diâmetro do coleto – DC de plântulas oriundas de sementes de *Erythrina velutina* Willd, submetidas a diferentes métodos de superação de dormência e épocas de semeadura.

CPA (cm)					
Épocas de semeadura	Métodos de superação de dormência				
	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	9,89 Ba	10,42 Ba	10,37 Ba	10,57ABa	9,76 Aa
08/03	10,08 Ba	10,85 Ba	10,31 Ba	9,25 Ba	9,70 Aa
29/03	14,86 Aa	13,09 Ab	12,28Abc	11,33 Ac	0 Bd
CV%	9,10				

CSR (cm)					
Épocas de semeadura	Métodos de superação de dormência				
	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	10,96 Aa	11,45ABa	10,46 Aa	11,21 Aa	10,2 Aa
08/03	10,78 Aa	9,09 Ba	10,37 Aa	10,82 Aa	9,99 Aa
29/03	12,55 Aa	13,17 Aa	12,68 Aa	11,81 Aa	0 Bb
CV%	16,08				

DC (cm)					
Épocas de semeadura	Métodos de superação de dormência				
	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	0,34 Ba	0,34 Ba	0,33 Aa	0,34 ABa	0,33 Aa
08/03	0,36 Ba	0,35 Ba	0,35 Aa	0,33 Ba	0,37 Aa
29/03	0,41 Aab	0,43 Aa	0,37 Ab	0,37 Ab	0 Bc
CV%	7,78				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si, em nível de 5% de probabilidade.

Legenda: Testemunha – sementes intactas (T₁); escarificação manual com lixa de ferro nº 150 no lado oposto a micrópila (T₂); imersão em água sanitária por 24 horas (T₃); imersão em ácido em ácido sulfúrico concentrado por 60 minutos (T₄); imersão em água fervente por 2 minutos com posterior acondicionamento em freezer por 12 horas (T₅).

Quanto ao comprimento do sistema radicular, para as três épocas de semeadura não houve diferença significativa entre os métodos de superação da dormência (Tabela 3). Também foi verificada ausência de diferença estatística entre as épocas de semeadura para os diferentes métodos de superação de dormência, apenas para as sementes escarificadas manualmente com lixa de ferro nº 150 no lado oposto a micrópila, a última época de semeadura proporcionou um maior comprimento do sistema radicular do que a segunda época.

Com relação ao diâmetro do coleto, as sementes intactas e as que foram escarificadas com lixa apresentaram maior diâmetro na última época de semeio em relação as demais épocas, já as sementes imersas em ácido sulfúrico resultaram em plântulas de maior diâmetro na última época de semeadura em relação à segunda, mas sem diferir estatisticamente da primeira época. Para as duas primeiras épocas de semeadura não houve diferença estatística entre os métodos de superação de dormência, já para a última época as sementes escarificadas manualmente com lixa de ferro nº 150 no lado oposto a micrópila, originaram plântulas com maior diâmetro do coleto em relação aos demais métodos, com exceção das sementes intactas. Para as sementes intactas não houve diferença estatística entre as três épocas de semeadura para o acúmulo de massa seca da parte aérea (Tabela 4). Para as que foram escarificadas com lixa a última época foi a que apresentou melhor resultado (7,55 g). Nos tratamentos que se utilizou a imersão em água sanitária e em água fervente por dois minutos, as duas primeiras épocas foram a que propiciaram melhor acúmulo de massa seca, já para as sementes imersas em ácido sulfúrico não houve diferença entre a primeira e última época de semeadura, por sua vez a segunda foi a que propiciou menor média. Quando as sementes foram semeadas no dia 22/02, os tratamentos com escarificação utilizando lixa e imersão em ácido sulfúrico apresentaram os melhores resultados de MSPA, seguidos pelos demais tratamentos (Tabela 4). Quando a semeadura ocorreu no dia 08/03 as sementes escarificadas com lixa, proporcionaram plântulas com maior acúmulo de massa seca em relação as sementes intactas e aquelas imersas em água sanitária por 24 horas, entretanto não diferiram dos demais tratamentos.

Tabela 4- Massa seca da parte aérea (MSPA); massa seca do sistema radicular (MSSR) e massa seca total (MST) de plântulas oriundas de sementes de *Erythrina velutina* Willd, submetidas a diferentes métodos de superação de dormência e épocas de semeadura

Épocas de semeadura	MSPA (g)				
	Métodos de superação de dormência				
	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	3,46 Ab	5,17 Ba	3,35 Ab	4,92 Aa	3,51 Ab
08/03	2,70 Ab	4,29 Ba	2,88 Ab	3,40 Bab	3,02 Aab
29/03	3,70 Ac	7,55 Aa	1,36 Bd	5,38 Ab	0 Be
CV%	20,40				
	MSR (g)				

Métodos de superação de dormência

Épocas de semeadura	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	1,27 Bb	2,11 Ba	1,21 Ab	1,69 Aab	1,25 Ab
08/03	1,9 Aab	2,17 Ba	1,28 Ab	1,67 Aab	1,47 Aab
29/03	1,41 ABc	3,69 Aa	0,51 Bd	2,19 Ab	0 Bd
CV%	25,87				

MST

Métodos de superação de dormência

Épocas de semeadura	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	4,72 Ab	7,29 Ba	4,56 Ab	6,61 Aa	4,75 Ab
08/03	4,59Ab	6,46 Ba	4,16 Ab	5,07 Bab	4,49 Ab
29/03	5,11Ac	11,23Aa	1,87 Bd	7,57 Ab	0 Be
CV%	18,51				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si, em nível de 5% de probabilidade.

Legenda: Testemunha – sementes intactas (T₁); escarificação manual com lixa de ferro nº 150 no lado oposto a micrópila (T₂); imersão em água sanitária por 24 horas (T₃); imersão em ácido sulfúrico concentrado por 60 minutos (T₄); imersão em água fervente por 2 minutos com posterior acondicionamento em freezer por 12 horas (T₅).

Quando avaliada a massa seca do sistema radicular (Tabela 4), as sementes intactas resultaram em plântulas com maior acúmulo de massa seca na segunda época de semeadura em relação à primeira, entretanto não diferiu da terceira. Já para as sementes escarificadas manualmente com lixa, a última época foi a que proporcionou os resultados mais significativos. Para as sementes imersas tanto em água sanitária como em água fervente com posterior acondicionamento em freezer, resultaram em plântulas com acúmulo de massa seca nas raízes quando a semeadura ocorreu nas duas primeiras épocas. Houve ausência de diferença estatística entre as três épocas de semeadura, quando se empregou a imersão em ácido sulfúrico. Por ocasião da primeira época de semeadura, as sementes escarificadas manualmente com lixa resultaram em plântulas com maior acúmulo de massa seca em relação as sementes não tratadas e aquelas imersas tanto em água sanitária por 24 horas como em água fervente por 2 minutos com posterior acondicionamento em freezer por 12 horas. Já para a segunda época de semeadura as sementes escarificadas manualmente com lixa, mostraram-se superiores apenas em relação aquelas que foram imersas em água sanitária por 24 horas. Por sua vez, a superioridade das sementes escarificadas manualmente com lixa em originarem plântulas com maior acúmulo de massa seca do sistema radicular, foi verificada por ocasião da última época de semeadura.

Com relação a massa seca total (Tabela 4), para as sementes intactas não houve diferença entre as três épocas de semeadura; já para as escarificadas com lixa a última época, cuja temperatura foi mais amena (Figura 1), resultou em um maior acúmulo de massa seca total das plântulas em relação as demais épocas. Por sua vez, tanto as sementes imersas em água sanitária por 24 horas como em água fervente por 2 min. e posteriormente acondicionadas em freezer, nas duas primeiras épocas de semeadura propiciaram plântulas com maiores valores de massa seca total. As sementes imersas em ácido sulfúrico por 60 min., e semeadas tanto na primeira como na última época de semeadura, originou plântulas com maior massa seca total. Avaliando o acúmulo de massa seca total na primeira época de semeadura, observa-se que as sementes escarificadas manualmente com lixa e aquelas imersas em ácido sulfúrico, proporcionaram plântulas com maiores valores; já na segunda época de semeadura valores significativos foram encontrados nas plântulas oriundas das sementes escarificadas manualmente com lixa, em relação aquelas provenientes das sementes dos demais tratamentos, apenas não diferindo das sementes imersas em ácido sulfúrico. Comportamento semelhante foi encontrado na última época de semeadura, sendo que as sementes escarificadas com lixa mostraram-se superiores a todos os outros tratamentos, quanto ao acúmulo de massa seca total nas plântulas. Sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* submetidas a tratamentos pré-germinativos com ácido sulfúrico concentrado por 10 ou 13 min., originaram plântulas com maior conteúdo de massa seca (BRUNO et al., 2001).

Para a relação comprimento da parte aérea altura e diâmetro do coleto (RAD) (Tabela 5), as sementes intactas proporcionaram plântulas de melhor relação na última época de semeadura, para os demais tratamentos não houve diferença entre as épocas de semeadura; exceto para as sementes imersas em água fervente e posteriormente acondicionadas em freezer, as quais apresentaram os melhores resultados nas duas primeiras épocas, já que não houve formação de plântulas na última época. Tanto para a primeira época quanto para a segunda não houve diferença na relação altura da plântula e diâmetro do coleto entre os cinco tratamentos, já na última época as sementes intactas foram as que apresentaram maior RAD, não diferindo das que foram escarificadas manualmente com lixa e imersas em água sanitária por 24 horas, salienta-se que todas as médias foram superiores à 10, padrão recomendado por Birchler et al. (1998).

Tabela 5- Relação comprimento da parte aérea altura e diâmetro do coleto (RAD); índice de qualidade de Dickson (IQD); relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (RMSPAR); relação parte aérea e massa seca da parte aérea (RPAMSPA) de plântulas oriundas de sementes de *Erythrina velutina* Willd, submetidas a diferentes métodos de superação de dormência e épocas de semeadura.

Épocas de semeadura	RAD				
	Métodos de superação de dormência				
	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	29,24 Ba	30,98 Aa	31,12 Aa	31,12 Aa	29,39 Aa
08/03	27,96 Ba	30,84 Aa	29,19 Aa	28,36 Aa	26,42 Aa
28/03	36,71 Aa	31,13 Aab	33,87 Aab	30,37 Ab	0 Bc

CV% 11,15

IQD

Métodos de superação de dormência

Épocas de semeadura	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	0,16 Abc	0,23 Ba	0,14 Ac	0,2ABab	0,16 Abc
08/03	0,16 Aab	0,20 Ba	0,14 Ab	0,17 Bab	0,17 Aab
29/03	0,13 Ac	0,36 Aa	0,05 Bd	0,24 Ab	0 Bd
CV%	21,46				

RMSPAR

Métodos de superação de dormência

Épocas de semeadura	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	2,76 Aa	2,52 Aa	2,89 Aa	2,95 Aa	2,96 Aa
08/03	1,63 Ba	1,98 Aa	2,26 Aa	2,17 Aa	2,06 Aa
29/03	2,79 Aa	2,08 Aa	3,11 Aa	2,46 Aa	0 Bb
CV%	31,58				

RPAMSPA

Métodos de superação de dormência

Épocas de semeadura	T1	T2	T3	T4	T5
22/02	2,89 Aa	2,08 Aa	3,26 Ba	2,16 Aa	2,83 Aa
08/03	3,75 Aa	2,57 Aa	3,65 Ba	2,16 Aa	3,29 Aa
29/03	4,04 Ab	1,78 Acd	10,50 Aa	2,16 Abc	0 Bd
CV%	35,76				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si, em nível de 5% de probabilidade.

Legenda: Testemunha – sementes intactas (T₁); escarificação manual com lixa de ferro nº 150 no lado oposto a micrópila (T₂); imersão em água sanitária por 24 horas (T₃); imersão em ácido em ácido sulfúrico concentrado por 60 minutos (T₄); imersão em água fervente por 2 minutos com posterior acondicionamento em freezer por 12 horas (T₅).

Quando avaliado o IQD, não houve diferença estatística para as sementes intactas nas três datas de semeadura, para as sementes escarificadas manualmente com

lixa, as duas primeiras épocas resultaram nos piores resultados. Já para os tratamentos em que as sementes foram imersas em água sanitária por 24 horas e em água fervente por 2 minutos com posterior acondicionamento em freezer por 12 horas, ocorreu o contrário, ou seja, as duas primeiras épocas cujas médias da temperatura foram maiores, proporcionaram os melhores resultados, porém mesmo sendo os melhores não foi atingido o valor recomendado correspondente a 0,2, preconizado por Dickson et al. (1960) e Melo et al. (2008). E para as sementes imersas em ácido sulfúrico, só houve diferença estatística entre a segunda e a terceira época de semeadura, com esta proporcionando os melhores resultados.

Na primeira época de semeadura, as sementes escarificadas manualmente com lixa originaram plântulas com maior IQD, em relação as sementes intactas e as imersas tanto em água sanitária por 24 horas como em água fervente e posteriormente acondicionada em freezer, as quais apresentaram valores de IQD abaixo do recomendado. Na segunda época de semeadura as sementes escarificadas manualmente com lixa resultaram em plântulas com IQD estatisticamente superior apenas ao das plântulas provenientes das sementes imersas em água sanitária por 24 horas. Na última época o IQD das plântulas oriundas das sementes escarificadas com lixa apresentou uma média de 0,36, diferindo estatisticamente de todos os demais tratamentos, sendo que as plântulas provenientes das sementes imersas em ácido sulfúrico por 60 min., apresentaram um IQD de 0,24, os demais tratamentos apresentaram médias inferiores a recomendada.

Para a relação parte aérea e massa seca da parte aérea (RMSPAR), nos tratamentos nos quais as sementes foram escarificadas manualmente com lixa ou imersas tanto na água sanitária por 24 horas como no ácido sulfúrico por 60 min. não houve diferença entre as três épocas de semeadura. Já para as sementes intactas, quando as mesmas foram semeadas nos dias 22 de fevereiro ou 29 de março, as plântulas resultantes apresentaram as maiores médias. Tanto para a primeira como para a segunda época de semeadura não houve diferença entre os métodos de superação de dormência. Por ocasião da última época como não ocorreu a germinação das sementes, previamente imersas em água fervente por 2 minutos com posterior acondicionamento em freezer por 12 horas, não foi possível a avaliação das mesmas. De acordo com Caldeira et al. (2008) a relação parte aérea e raiz nas mudas deve ser de 2:1; entretanto a parte aérea das mudas não deve ser muito superior à da raiz, caso contrário poderão ocorrer problemas relacionados à absorção de água para a parte aérea.

Ainda na tabela 5, para a relação parte aérea e massa seca da parte aérea (RPAMSPA) não houve diferença entre as três épocas de semeadura para as sementes intactas, as escarificadas com lixa e as imersas em ácido sulfúrico por 60 min., para as que foram imersas em água sanitária por 24 horas, a última época resultou na maior média.

Para as duas primeiras épocas de semeadura não houve diferença estatística entre os métodos de superação de dormência, já na última época as sementes que foram imersas na água sanitária por 24 horas originaram plântulas com o maior valor RPAMSPA, em relação as sementes dos demais tratamentos. Quanto menor for a relação altura/peso da parte aérea, mais lignificada estará a muda e maior a sua sobrevivência em campo (GOMES et al., 2003); conforme Brissete & Barnett (1991) os valores apresentados por essas mudas estão acima do considerado ideal para este índice, aproximadamente 2,00 sem definição de espécie, exceto para as plântulas oriundas tanto das sementes escarificadas com lixa como daquelas imersas em água fervente com posterior acondicionamento em freezer, quando as mesmas foram semeadas em 29 de março.

CONCLUSÕES

Para os métodos de superação de dormência, considerando as características relacionadas a germinação, de forma geral as sementes que foram escarificadas com lixa e as que foram imersas em ácido sulfúrico por 60 minutos apresentaram os melhores resultados.

De forma geral, as épocas de semeadura cujas temperaturas médias foram maiores, propiciaram melhores resultados para as características relacionadas a germinação. Já para as características relacionadas ao desenvolvimento inicial das plântulas, como comprimento da parte aérea e do sistema radicular e diâmetro do coleto, a última época de semeadura, cujas temperaturas foram menores, apresentaram melhor desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, v.76, p.682-692, 1960.

BORGES, E. E.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Ed.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília, DF: ABRATES, 1993. p.137-174.

BRISSETTE, J. C; BARNETT, T. D. **Container Seedlings**. In: Duryea, M. L.; Dougherty, P. M. (ed.) **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p.117-141.

BRUNO, R. L. A. et al. Tratamentos pré-germinativos para superar a dormência de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.136-143, 2001.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

DEMUNER, V. G. et al. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Erythrina verna* (Leguminosae, Papilionoideae). **Museu de Biologia Professor Mello Leitão**, n. 24, p. 101-110, 2008.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of White spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36, p.10-13, 1960.

FERREIRA, A. G.; CASSOL, B.; ROSA, S. G. T.; SILVEIRA, T. S.; STIVAL, A. L.; SILVA, A. A. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 231-242, 2001.

- FRANCO, A.A.; et al. **Revegetação de solos degradados**. Seropédica: EMBRAPA-CNPBS, 1992. 11p. (EMBRAPA-CNPB. Comunicado Técnico, 9).
- GOMES, J. M.; et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v.23, p.113–127, 2003.
- GUEDES, R. S. et al. Estresse salino e temperaturas na germinação e vigor de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2 p. 279 - 288, 2011.
- GRAMIG, G.G.; STOLTENBERG, D.E. Leaf appearance base temperature and phyllochron for common grass and broad leaf weed species. **Weed Technology**, n.21, p.249-254, 2007.
- LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. 2002. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 512.
- MELO, R. R.; et al. Crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. sob diferentes níveis de Luminosidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.138-144, 2008
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.49-85, 1994.
- NASCIMENTO, I.L. Determinação de metodologias para teste de germinação e vigor de sementes de quixabeira (*Bumelia obtusifolia* Roem et Schult. var. excelsa (DC) Mig.). **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 701-706, 2013.
- NASSIF, S.M.L.; PEREZ, S.C.J.G.A. Germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.): influência dos tratamentos para superar a dormência e profundidade de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.171-178. 1997.
- PICOLOTTO, D.R.N.; THEODORO, J.V.C.; DIAS, A.R.; THEODORO, G.F.; ALVES, C.Z. Germinação de sementes de urucum em função de métodos de superação de dormência e temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 232-238, 2013.
- RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P. Efeito da temperatura e do substrato sobre a germinação de sementes de visgueiro do igapó (*Parkia discolor* Benth) Leguminosae, Mimosoideae. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 39, p. 123-133, 2003.
- SILVA, K.B. et al. Quebra de Dormência em Sementes de *Erythrina velutina* Willd. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl.2, p. 180-182, 2007.
- STRECK, N.A. A generalized non linear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumis melo* L.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.105-111, 2002.

INFLUÊNCIA MICROCLIMÁTICA NO COMPORTAMENTO DO FOGO EM QUEIMAS CONTROLADAS EM FLORESTAS PLANTADAS

Werner Felipe Becker Demartini¹, Bruno Henrique Casavecchia², Luana Bouvié², Daniela Roberta Borella², Adilson Pacheco de Souza²

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, Campus, Sinop, werner.agr@gmail.com; ²Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato, Cuiabá, Mato Grosso, e-mail: brunohcasavecchiaef@gmail.com; bouvieluana@gmail.com; drborella@gmail.com; pachecoufmt@gmail.com

RESUMO: O clima é um dos principais condicionadores dos incêndios florestais. O objetivo deste trabalho é avaliar a influência microclimática no comportamento do fogo em queimas controladas no plantio de *Eucalyptus urograndis*. O estudo foi realizado na Fazenda Santo Antonio, no município de Sorriso, localizada em uma região de transição entre Cerrado-Amazônia. As queimas controladas foram feitas em parcelas de 3 x 20 metros (largura x comprimento), subdivididas em parcelas de 2 metros, nas quais foram coletado altura de chama, velocidade de propagação e estimado pelo método de Byram (1959) a intensidade do fogo. Os dados microclimáticos foram coletados no intervalo de 1 minuto, e foram feito médias no intervalo de queima de cada subparcela. As correlações dos dados microclimáticos com as variáveis do fogo foram todas significativas a 5% de probabilidade de erro. As regressões entre as variáveis microclimáticas e as variáveis do fogo apresentaram maior coeficiente de determinação com a temperatura do ar, seguida de umidade relativa do ar e velocidade do vento. As variáveis microclimáticas temperatura e umidade relativa do ar apresentaram potencial para uso em modelos de simulação do comportamento do fogo.

PALAVRAS-CHAVE: Incêndios florestais; agrometeorologia; proteção florestal

MICROCLIMATIC INFLUENCE ON FIRE BEHAVIOR IN CONTROLLED BURNINGS IN PLANTED FORESTS

ABSTRACT: Climate is one of the main conditioners of forest fires. The objective of this work is to evaluate the microclimatic influence on fire behavior in controlled burning of *Eucalyptus urograndis*. The study was carried out at Fazenda Santo Antonio, in the municipality of Sorriso, located in a transition region between Cerrado-Amazônia. The controlled burnings were done in plots of 3 x 20 meters (width x length), subdivided into 2 meter, in was collected flame velocity, propagation velocity and estimated by the Byram (1959) method the fire intensity. The microclimatic data were collected in the interval of 1 minute, and averages were made in the interval of burning of each subplot. The correlations of the microclimatic data with the fire variables were all significant at a 5% probability of error. The regressions between the microclimatic variables and the fire variables presented higher coefficient of determination with the air temperature, followed by relative air humidity and wind speed. The microclimatic variables temperature and relative humidity of the air presented potential for use in models of fire behavior simulation.

KEY-WORDS: Forest fires; agrometeorology; forest protection.

INTRODUÇÃO

Os processos que desencadeiam os incêndios florestais são de natureza complexa, e estão associados a fatores como o tipo de vegetação, atividades humanas, clima e tempo, causando perdas significativas nos âmbitos econômico, ambiental e social. Nos últimos anos tem-se aumentado a demanda pelo conhecimento do papel do fogo na interação ambiente e atmosfera (Alves et al., 2017), pois existe uma contribuição dos incêndios na variabilidade interanual das concentrações de gases e aerossóis em suspensão na atmosfera, dentre os quais se destacam o dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) (Reddington et al., 2015).

Estudar o comportamento do fogo é importante para entender quais os fatores que interferem no início, na propagação e aumentam as dificuldades para extinção do mesmo. Torres et al. (2009) analisando as variáveis meteorológicas e a ocorrência de incêndios na região de Juiz de Fora - MG, encontraram maior correlação da umidade relativa com a ocorrência de incêndios, tendo 96% dos incêndios ocorrido quando a evaporação foi maior que a precipitação. Já Batista et al. (2013) estudando o comportamento do fogo em florestas de *Pinus elliottii* encontrou correlação significativa para a temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, mostrando a viabilidade do uso dessas variáveis meteorológicas em modelos que simulam a propagação e comportamento dos incêndios. Com isso, o objetivo deste trabalho é analisar a influência microclimática na queima controlada, em uma área com plantio de *Eucalyptus urugrandis* na região médio norte de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

As queimas controladas foram realizadas na Fazenda Santo Antonio (pertencente a Empresa Brasil Foods – Unidade de Lucas do Rio Verde), no município de Sorriso, região Centro-Oeste, mesorregião geográfica Médio-Norte do estado de Mato Grosso, considerada como transição Cerrado-Amazônia. As parcelas foram inseridas entre as latitudes 12°32'43"S e as longitudes 55°42'41"W, com altitude média de 365 metros e topografia plana. A área experimental possui plantio de *Eucalyptus urograndis* (Clone H13) com 5,5 anos de idade, com árvores plantadas no espaçamento de 3,0 x 3,0 metros (linha x entrelinha). A área experimental é margeada na face Oeste por uma área de lavoura (soja/milho/algodão) e na face Leste por um remanescente de floresta com altura média de 15 m. O estabelecimento das parcelas objetivou avaliar a influência dessas interfaces (bordaduras) sobre o comportamento do fogo.

Os dados foram obtidos por meio de uma estação meteorológica automática modelo ITWH1080 da Instrutemp, instalada a 20 metros das parcelas de queima, embaixo do plantio de eucalipto. Os dados de temperatura média do ar (°C), umidade relativa média do ar (%), e velocidade do vento (m s⁻¹), foram coleados no intervalo de 1 minuto, e foram feitas médias no intervalo de cada repetição da queima.

Para análise de consistência dos dados aplicou-se boxplots e regressão linear, excluindo os valores discrepantes.

As queimas foram realizadas em parcelas de 3,0 x 20,0 m (largura x comprimento) subdividas em intervalos de 2,0 m, totalizando 10 subparcelas (Figura 1).

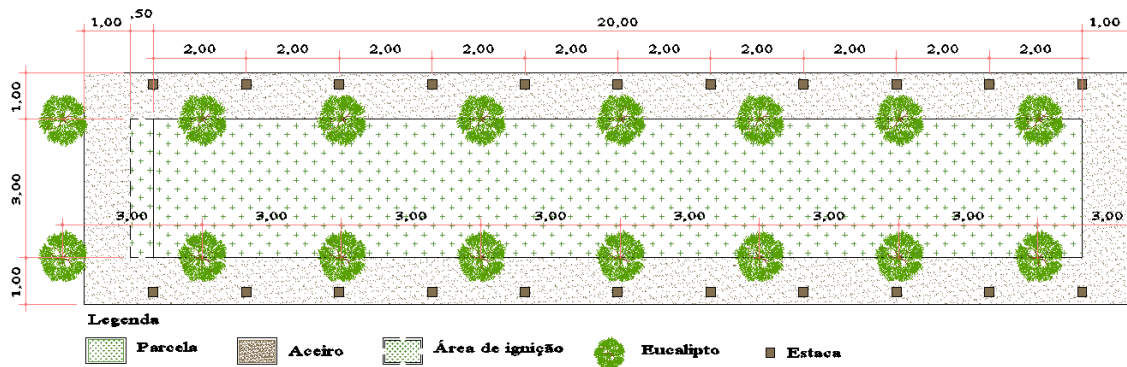


Figura 1. Croqui das parcelas utilizadas para queima controlada.

Em cada subparcelas foram amostrados o comprimento de chama, velocidade de propagação e estimado a intensidade da linha do fogo pela formula de Byram (1959) (Equação 1).

$$I = H \cdot w \cdot r \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

I = intensidade do fogo (kW s^{-1})

H = poder calorífico em (kJ kg^{-1}) = 21000 kJ kg^{-1} (para massa seca de acordo com Fernades et al. (2011)

w = peso do material combustível (kg m^{-2})

r = velocidade de propagação do fogo (m s^{-1})

A cada uma hora foi acionada uma parcela, começando as 8 horas da manha e terminando as 16 horas, dando um total de 9 parcelas e 90 subparcelas. Esse procedimento foi realizado em três diferentes posições no talhão: EL (parcelas à 30 m de distância de bordaduras com lavoura – soja/algodão), EE (parcelas no centro do talhão) e EM (parcelas à 30m de distância de uma floresta) (Figura 3).

Os dados do comprimento de chama, velocidade de propagação do fogo e intensidade foram correlacionados com as variáveis microclimáticas, através do coeficiente de correlação de Pearson e regressões de polinômios de segundo grau.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentadas as correlações das variáveis microclimáticas com as características do fogo. Todas as variáveis microclimáticas analisadas apresentaram correlações significativa com o comportamento do fogo, ressaltando a temperatura e umidade relativa do ar, que apresentaram correlação significativa a 1% de probabilidade de erro, para todas as variáveis do comportamento do fogo.

Tabela 1. Correlações entre as variáveis microclimáticas e as variáveis do comportamento do fogo durante a realização das queimas controladas sob os plantios de *Eucalyptus urograndis*.

Característica do fogo	Variáveis Meteorológicas		
	Temperatura do Ar	Umidade Relativa do Ar	Velocidade do Vento
Altura de Chama	0,38 *	-0,24 *	0,19 **
Velocidade de Propagação	0,51 *	-0,41 *	0,46 *
Intensidade do Fogo	0,41 *	-0,27 *	0,41 *

Na Figura 1 as regressões das variáveis do microclimáticas com as variáveis do fogo, demonstram que a temperatura do ar apresenta maior correlação com o comprimento de chama, intensidade e velocidade de propagação do fogo.

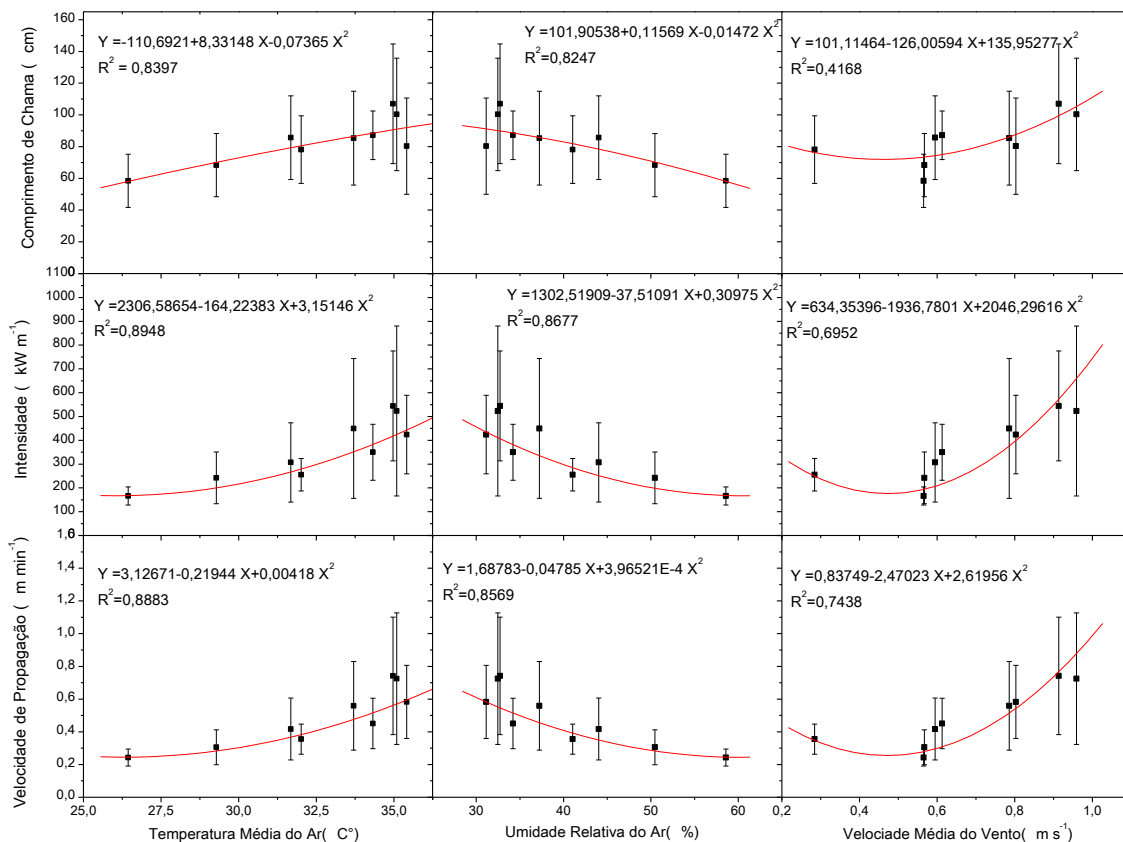


Figura 2. Regressões polinomiais de segundo grau entre as variáveis microclimáticas e as variáveis do comportamento do fogo.

As regressões com umidade relativa do ar apresentaram coeficiente de determinação bem próximo as encontrados para as regressões com a temperatura do ar. Batista et al., (2013) depois de realizar estudos de queima controlado em *Pinnus elliottii*, encontrou maior coeficiente de determinação em modelos lineares que utilizavam a temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

CONCLUSÕES

As variáveis microclimáticas temperatura e umidade relativa do ar, apresentaram maior correlação com as variáveis do fogo, demonstrando o potencial uso dessas variáveis em modelos de simulação do comportamento do fogo.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. J. S.; SOUZA, A. P.; STANGERLIN, D. M.; CASAVECCHIA B, H.; CARMO, F. H. D. J.; BOUVIÉ, L.; BORELLA, D. R.; DIAS, T. K. R.; SILVA, C. C.; MARTIM, C. C.; FERNEDA, B. G. Fire behavior in *Eucalyptus urograndis* (Clone H13) Forest in Cerrado-Amazon Transition, Brazil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 11, n. 4, p. 60-71, 2017.

BATISTA, A. C.; BEUTLING, A.; PEREIRA, J. F. Estimativa do comportamento do fogo em queimas experimentais sob povoamento de *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 779-787, 2013.

BYRAM, G.M. Combustion of Forest Fuels. In: Davis, K.P. (ed.) **Forest Fire: Control and Use**. McGraw-Hill, New York, USA. 1959. p. 61-89.

FERNANDES, P. A. M.; LOUREIRO, C.; PALHEIRO, P.; CRUZ, M. G. Fuels and fire hazard in blue gum (*Eucalyptus globulus*) stands in Portugal. **Boletín del CIDEU**, v. 10, p. 53-61, 2011.

REDDINGTON, C. L.; BUTT, E. W.; RIDLEY, D. A.; ARTAXO, P.; MORGAN, W. T.; COE, H.; SPRACKLEN, D.V. Air quality and human health improvements from reductions in deforestation-related fire in Brazil. **Nature Geoscience**, v. 8, n. 9, p. 1-6, 2015.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; LIMA, G. S. Relações entre incêndios em vegetação e elementos meteorológicos na cidade de Juiz de Fora, MG. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 4, p. 379-389, 2009.

SOMBREAMENTO E LIMITAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR NO CRESCIMENTO INICIAL DE CASTANHEIRA-DO-BRASIL

Andréa Carvalho da Silva¹, Luana Bouvié², Catia Cardoso da Silva³,
Daniela Roberta Borella², Aisy Botega Baldoni Tardin⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato, Sinop, Mato Grosso, e-mail: andcar1007@gmail.com;

²Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato, Cuiabá, Mato Grosso, e-mail: bouvieluana@gmail.com; drborella@gmail.com

³Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato, Sinop, Mato Grosso, e-mail: catiasilvaflorestal@gmail.com;

⁴Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Agrossilvipastoril, Sinop, Mato Grosso, e-mail: aisybaldoni@embrapa.br.

RESUMO: Avaliar os efeitos do sombreamento e das limitações do sistema radicular sobre o crescimento inicial *Bertholletia excelsa* (Castanheira-do-Brasil). Após germinadas e mantidas por aproximadamente 290 dias sob 35% de sombreamento, mudas de *B. excelsa* foram transplantadas em recipientes de volumes distintos (2 e 20L) e alocadas sob diferentes condições de sombreamento: telas pretas (Sombrite) com 30%, 50%, 60%, 80% de atenuação da radiação, Luminet e à pleno sol; e nos níveis coloridos: tela azul (polioefina), vermelha (Chromatinet) e verde (Frontinet) com 50% de atenuação da radiação global. Aferiu-se o número de folhas; diâmetro do coleto e altura da muda quinzenalmente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 9 x 2 (sombreamento x volume do recipiente) com 8 repetições. A partir das mensurações gerou-se regressões, ANOVA e teste de Tukey (5%). Os diâmetros, alturas e números de folhas não foram significativos entre os níveis de radiação, mas foram diferentes quando comparados os volumes de recipientes. Mudas de castanheira com idade acima de 9 meses podem têm seu crescimento pausado com limitação física do sistema radicular inferior à 20 l, independente da condição de luz. Mudas de *Bertholletia excelsa* com idade não apresentam médias de diâmetro, altura e número de folhas alteradas quando expostas à diferentes níveis de radiação transcorridos 290 dias da germinação.

PALAVRAS-CHAVE: *Bertholletia excelsa*; volume radicular; luminosidade.

SHADING AND ROOT SYSTEM LIMITATION ON THE INITIAL GROWTH OF CASTANHEIRA-DO-BRASIL

ABSTRACT: To evaluate the effects of shading and root system limitations on initial growth *Bertholletia excelsa* (Castanheira-do-Brasil). After being sprouted and maintained for approximately 290 days under 35% shading, *B. excelsa* seedlings were transplanted into containers of different volumes (2 and 20L) and allocated under different shading conditions: black (Sombrite) screens with 30%, 50%, 60%, 80% radiation attenuation, Luminet and full sun; And at the colored levels: blue screen (polyolefin), red (Chromatinet) and green (Frontinet) with 50% global radiation attenuation. The number of leaves was checked; Collecting diameter and seedling height biweekly. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme 9 x 2 (shading x container volume) with 8 replications. From the measurements, regressions, ANOVA and Tukey's test (5%) were generated. The diameters, heights and leaf numbers were not significant between the radiation levels, but were different when

comparing the volumes of containers. Chestnut seedlings older than 9 months may have their growth paused with physical limitation of the root system below 20 l, regardless of the light condition. Saplings of *Bertholletia excelsa* with age do not present averages of diameter, height and number of leaves altered when exposed to different radiation levels after 290 days of germination.

KEY-WORDS: *Bertholletia excelsa*; Root volume; Luminosity.

INTRODUÇÃO

A *Bertholletia excelsa* (Castanha do Brasil) é símbolo do extrativismo sustentável na Amazônia, a germinação de suas sementes pode demorar de 6 a 18 dificultando a produção de mudas. O crescimento inicial é crucial no processo de produção e condiciona o melhor estabelecimento de plantios (CHAGAS *et al.*, 2012). A radiação solar é preponderante no controle do metabolismo das plantas de qualquer idade, e juntamente com o volume disponível para o desenvolvimento do sistema radicular, influencia o crescimento e desenvolvimento vegetal. Assim, objetivou-se avaliar, através de análises de crescimento não destrutiva, os efeitos de diferentes sombreamentos e limitações do sistema radicular sobre o crescimento inicial de *Bertholletia excelsa* (Castanha do Brasil).

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental localiza-se na Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Campus de Sinop, onde o clima é classificado como Aw (tropical quente e úmido) (SOUZA *et al.*, 2012). A sementeira foi feita em caixas com areia, e as mudas foram transplantadas para sacos de polietileno contendo 2Kg de substrato comercial HS-Florestal® e mantidas em casa de vegetação com sombreamento de 35%. Aproximadamente 290 dias após a protusão do caulículo, 50% das plantas das plantas foram transplantadas para vasos com volume de 20 litros contendo uma proporção de substrato comercial e solo de floresta (Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico) fertilizado com 500 g.m⁻³ de adubo granular NPK (4-14-8) na proporção de 3,1:1;. Então foram transferidas para diferentes condições de sombreamento: telas pretas (Sombrite) com 30%, 50%, 60%, 80% de atenuação da radiação, Luminet e à pleno sol; e nos níveis coloridos: tela azul (polioefina), vermelha (Chromatinet) e verde (Frontinet) com 50% de atenuação da radiação global, com o manejo da irrigação baseado na saturação da capacidade de campo dos recipientes

Quinzenalmente aferiu-se o número de folhas; diâmetro do coleto e altura da muda. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 9 x 2 (sombreamento x volume do recipiente) com 8 repetições compostas por uma planta cada. A partir das mensurações gerou-se regressões em representações gráficas, Análise de variância e teste de Tukey, à 5 % de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de folhas das mudas de Castanheira mantidas em recipiente de 2L reduziu sob pleno sol e sob as telas Luminet, Azul e Verde, o contrário ocorreu nas mudas mantidas sob todas as telas pretas. Quanto ao telado vermelho, a quantidade de folhas diminuiu inicialmente e após as mudas atingirem idade média de 550 dias foi crescente. A altura das plantas foi crescente em todos os tratamentos exceto sob 80% de sombreamento, neste a altura aumentou somente aos 550 DAG (Figura 1).

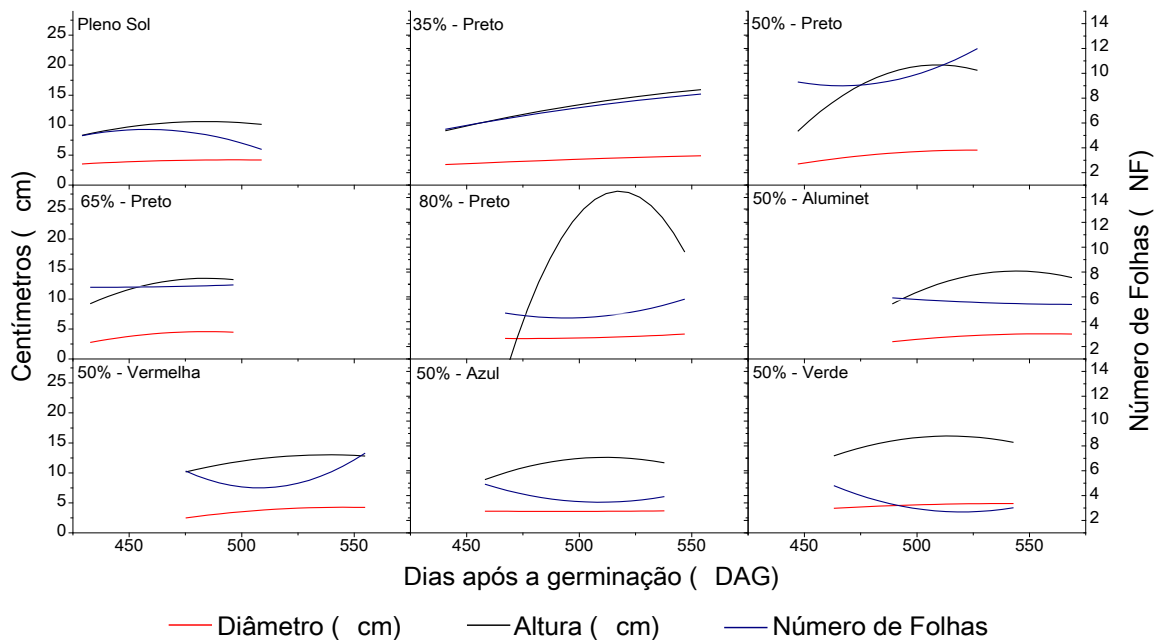


Figura 1. Regressões polinomiais de grau 2 ajustadas para a altura (cm), diâmetro (cm) e número de folhas para mudas de *Bertholletia excelsa* mantidas em sacos plásticos de 2 L sob diferentes níveis de radiação. Sinop, MT, 2016.

Nas plantas com menor restrição do sistema radicular (recipiente de 20L) os menores números de folhas foram encontrados nas telas vermelha e verde, não ultrapassando 19 e 21 folhas. Também nesses tratamentos e na tela luminet houve uma diminuição na altura em função da dessecação da ponteira. O crescimento de altura, diâmetro e NF foi mais acentuado sob 80% de sombreamento (Figura 2). Em todos os níveis de radiação, diâmetro, altura e número de folhas foram numericamente superiores em plantas com menor limitação física do sistema radículas. As plantas mantidas em recipiente de 20 L apresentaram numericamente maior número de folhas sob a tela azul (51), valores intermediários nas telas pretas de 35% (31,25); 50% (30,75); 65% (32,25) e 80% (38,00) e menores NF nos tratamentos: Pleno sol (25,5); Luminet (27,); vermelha (18,25) e verde (21,00) (Figura 2).

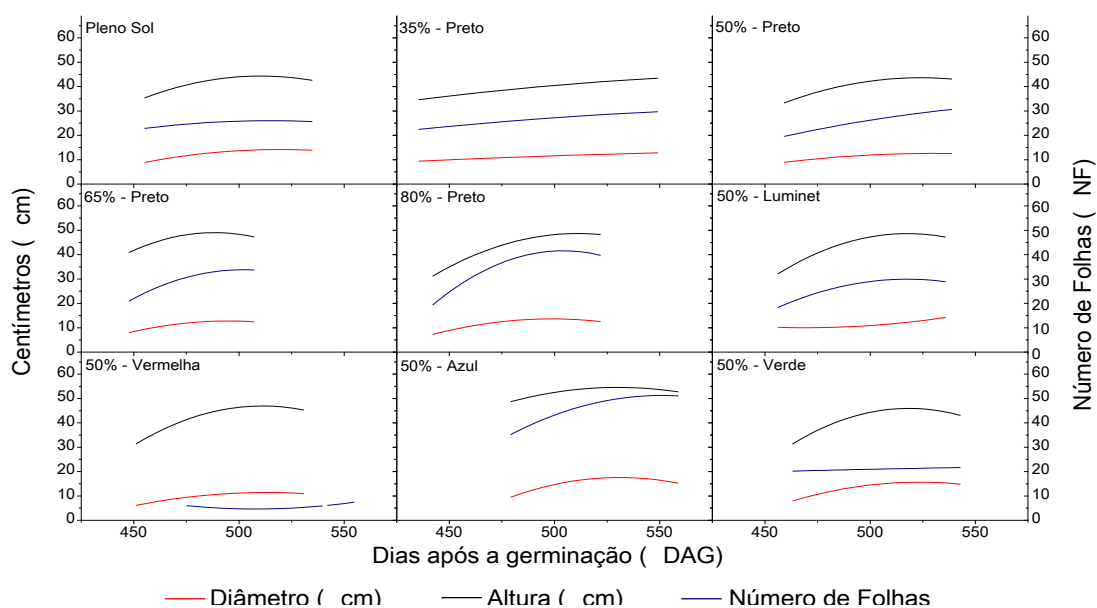


Figura 2. Regressões polinomiais de grau 2 ajustadas para a altura (cm), diâmetro (cm) e número de folhas para mudas de *Bertholletia excelsa* mantidas em sacos plásticos de 2 L sob diferentes níveis de radiação. Sinop, MT, 2016.

Tabela 1. Médias da altura (cm), diâmetro (cm) e número de folhas de mudas de *Bertholletia excelsa* mantidas em vasos plásticos de 2 e 20 L sob diferentes níveis de radiação durante 70 dias. Sinop, MT, 2016.

	Diâmetro (cm)		Altura (cm)		Número de Folha	
	2 L	20 L	2 L	20 L	2 L	20 L
Pleno sol	4,03 b	12,02 a	10,04 b	41,40 a	3,60 b	25,25 a
Preta - 35%	5,36 b	13,48 a	15,97 b	44,88 a	9,17 b	31,25 a
Preta - 50%	5,69 b	12,26 a	18,03 b	42,50 a	10,17 b	30,75 a
Preta - 65%	5,69 b	12,26 a	13,00 b	45,25 a	7,00 b	32,25 a
Preta - 80%	4,22 b	11,45 a	10,46 b	47,62 a	6,17 b	38,00 a
Luminet - 50%	3,53 b	13,65 a	12,55 b	45,50 a	5,37 b	27,50 a
Vermelha - 50%	4,85 b	14,18 a	12,75 b	44,00 a	8,50 b	18,25 b
Azul - 50%	4,24 b	11,48 a	11,10 b	51,75 a	4,20 b	51,00 a
Verde - 50%	4,15 b	13,35 a	14,50 b	41,87 a	3,20 b	21,00 a

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo ANOVA.

Não houve diferença estatística do diâmetro, altura e número de folhas entre os níveis de radiação para o teste de tukey a 5% de probabilidade, no entanto para todos os parâmetros as diferenças no crescimento foram significativas quanto as limitações do sistema radicular (Tabela 1). Na tabela dois estão os coeficientes angulares e de determinação encontrados a partir dos polinômios ajustados para as médias de diâmetro, altura e número de folha.

Tabela 2. Modelos polinomiais ($y = a + b1.x + b2.x^2$) e coeficientes de determinação (R^2) para o diâmetro (cm), altura (cm) e número de folhas em função do tempo (dias, x) de mudas de *Bertholletia excelsa* mantidas em recipientes plásticos de 2 e 20L sob diferentes níveis de radiação durante 70 dias. Sinop, MT, 2016.

		2L				20L			
		r ²	a	b1	b2	r ²	a	b1	b2
Pleno Sol	D	0,857	-33,08	0,150	-0,0002	0,889	-333,55	1,339	-0,0013
	A	0,309	-167,52	0,736	-0,0008	0,996	-725,82	3,018	-0,0030
	NF	0,515	-123,42	0,563	-0,0006	0,913	-211,32	0,922	-0,0009
35% - Preta	D	0,851	-10,85	0,048	0	0,663	-24,37	0,115	-0,0001
	A	0,948	-75,16	0,295	-0,0002	0,995	-63,02	0,340	-0,0003
	NF	0,853	-25,41	0,106	-0,0001	1,000	-55,97	0,272	-0,0002
50% - Preta	D	0,802	-100,01	0,403	-0,0004	0,880	-191,89	0,771	-0,0007
	A	0,918	-723,75	2,921	-0,0029	0,991	-633,20	2,584	-0,0025
	NF	0,970	188,47	-0,769	0,0008	0,815	-196,05	0,751	-0,0006
65% - Preta	D	0,814	-154,50	0,657	-0,0007	0,864	-513,92	2,128	-0,0022
	A	0,989	-359,88	1,542	-0,0016	0,927	-1134,08	4,845	-0,0050
	NF	0,905	15,61	-0,041	0	0,913	-1072,90	4,410	-0,0044
85% - Preta	D	0,727	36,30	-0,139	0,0001	0,722	-482,20	1,988	-0,0020
	A	0,586	-3166,1	12,338	-0,0119	0,991	-914,04	3,767	-0,0037
	NF	0,862	136,53	-0,535	0,0005	0,999	-1432,17	5,847	-0,0058
50% - Aluminet	D	0,719	-82,96	0,313	-0,0003	0,936	216,67	-0,881	0,0009
	A	0,640	-518,97	1,961	-0,0018	0,906	-1117,06	4,502	-0,0044
	NF	0,970	28,86	-0,082	0,0001	0,799	-791,77	3,175	-0,0031
50% - Vermelha	D	0,764	-101,43	0,387	-0,0004	0,949	-353,59	1,424	-0,0014
	A	0,676	-191,87	0,761	-0,0007	0,970	-1081,42	4,415	-0,0043
	NF	0,812	331,99	-1,289	0,0013	0,905	-38,65	0,202	-0,0002
50% - Azul	D	0,997	13,38	-0,040	0	0,898	-831,24	3,197	-0,0030
	A	0,998	-328,93	1,335	-0,0013	0,978	-577,95	2,385	-0,0023
	NF	0,835	146,66	-0,562	0,0006	0,891	-894,22	3,431	-0,0031
50% - Verde	D	0,928	-32,92	0,140	-0,0001	0,991	-565,90	2,222	-0,0021
	A	0,996	-318,38	1,301	-0,0013	0,633	-1243,41	4,975	-0,0048
	NF	0,824	180,23	-0,683	0,0007	0,914	-1,52	0,071	-0,0001

CONCLUSÕES

Mudas de castanheira com idade acima de 9 meses podem ser vegetadas em viveiro com seu crescimento pausado a partir da inibição física do sistema radicular entre 2 à 20 L, independente da condição de luz. Mudas de *Bertholletia excelsa* não apresentam médias de diâmetro, altura e número de folhas alteradas quando expostas à diferentes níveis de sombreamento quando expostas à diferentes níveis de radiação transcorridos 290 dias da germinação.

REFERÊNCIAS **revisar normas.**

CHAGAS, E, A.; et al. Propagação do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H,B,K.) Mcvaugh), **Revista Agro@mbiente**, v, 6, p, 67, 2012.

SOUZA, A. P.; et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de mato grosso. **Nativa**, v.1, n.1, p.34-43. 2013.

EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE DUAS CULTIVARES DE ABOBRINHAS EM DIFERENTES COBERTURAS DO SOLO EM SINOP-MT

Andréa Carvalho da Silva¹, Adilson Pacheco de Souza¹, Charles Campoe Martim²,
Suzana Grassi da Silva², Alan Gabriel²

¹Prof.(a) Adjunto, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, andcar1007@gmail.com, pachecoufnt@gmail.com; ²Bolsista de Iniciação Científica, Graduando(a), ICAA, UFMT, Sinop, MT, charleschp2011@hotmail.com, suzanagrassi@live.com.br, alangabrielstc@outlook.com

RESUMO: Em regiões de escassez de recursos hídricos ou energéticos, torna-se a busca por métodos que otimizam a aplicação e uso eficiente de água às plantas necessária para a produção agrícola. Objetivou-se avaliar as influências de diferentes coberturas vegetais no crescimento, soma térmica acumulada e produtividade de duas cultivares de abobrinha “Italiana” e “Menina Brasileira”, (*Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*). Empregou-se um sistema de irrigação (gotejamento), com manejo por tensiometria. Foram avaliados os resíduos vegetais de milheto (*Pennisetum americanum* L.) e crotalária (*Crotalaria juncea* cv. Comum) e sem cobertura (solo descoberto). A soma térmica acumulada foi obtida pela metodologia de Ometto. No período experimental, as temperaturas médias diárias foram superiores a temperatura ótima da cultura (18-24°C). A cv. Menina Brasileira apresenta maior demanda de soma térmica para alteração das fenofases. Independentemente da cultivar, cultivos sem cobertura do solo propiciam redução das características morfométricas e da produtividade da abobrinha, indicando que na região de Sinop-MT, o cultivo de hortaliças é dependente da manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Condições de cultivo, soma térmica, desempenho agrônômico.

THERMAL REQUIREMENTS OF TWO PUMPKIN CULTIVARS IN DIFFERENT DEAD VEGETABLE MULCHING IN SINOP-MT

ABSTRACT: In areas where water or energy resources are scarce, there is a search for methods that optimize the application and efficient use of water to the plants necessary for agricultural production. The objective of this study was to evaluate the influence of different plant cover on growth, thermal accumulation and yield of two cultivars of "Italian" and "Brazilian Girl" (*Cucurbita pepo*; *Cucurbita moschata*). An irrigation system (drip) was used, with tensiometry management. Plant residues of millet (*Pennisetum americanum* L.) and crotalaria (*Crotalaria juncea* cv. Common) were evaluated and without mulch. The accumulated thermal sum was obtained by the Ometto methodology. In the experimental period, the average daily temperatures were higher than the optimum temperature of the culture (18-24°C). The cv. Brazilian girl presents greater demand of thermal sum for alteration of the phenophases. Regardless of the cultivar, crops without soil cover reduce the morphometric and productivity characteristics of zucchini, indicating that in the Sinop-MT region, vegetable cultivation is dependent on the maintenance of vegetal residues on the soil surface.

KEY-WORDS: Culture conditions, thermal sum, agronomic performance.

INTRODUÇÃO

No Estado de Mato Grosso existe grande demanda por produtos hortícolas, uma vez que a produção no Estado não é capaz de suprir o mercado interno. Existem poucas informações quanto ao desempenho dos cultivos frente às variações edafoclimáticas da região, assim como, a adequação de sistemas de produção que propiciem condições ideais de culturas exigentes quanto ao clima. Dentre as principais barreiras para o cultivo de hortaliças em regiões tropicais, como o norte do Mato Grosso, encontram-se o excesso de radiação solar e as altas temperaturas (com grandes amplitudes térmicas) e baixos níveis de umidade relativa do ar no período seco (maio a setembro) (SANTOS et al., 2013). Aliado a isso, as chuvas são concentradas entre outubro e abril (em torno de 1970 mm ano⁻¹) (SOUZA et al., 2013), que por sua vez, prejudicam a produção de hortaliças em função de problemas fitossanitários.

Ao longo do cultivo da abóbora, dependendo do hábito de crescimento da planta, podem ocorrer variações micrometeorológicas que influenciam diretamente nas taxas de crescimento e na produtividade. O uso de resíduos vegetais (cobertura morta) dispostos sobre o solo modifica a demanda evapotranspirométrica e permite reduzir a frequência de irrigação e os custos de operação de reposição de água (STONE et al., 2006), minimizando a exposição direta do solo nas fases iniciais de desenvolvimento em função do espaçamento adotado. Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de coberturas do solo com resíduos vegetais, no cultivo das abobrinhas cv. Italiana e cv. Menina Brasileira, em cultivos de inverno, na região de Sinop-MT.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na UFMT campus de Sinop de 04/07 a 20/10/2016. O clima da região é classificado segundo Köppen como Aw (Tropical), com temperatura média mensal variando de 22,96 a 25,76 °C, precipitação de 4,88 a 348,39 mm e evapotranspiração potencial de 83,66 a 131,02 mm (SOUZA et al., 2013).

O referido experimento foi desenvolvido em duas etapas onde na primeira, foi realizado o plantio dos pré-cultivos (milheto e crotalária) em sulco, com linhas de 0,15 m entre si e antes do florescimento foi realizado o corte, trituração e secagem do material vegetal, já na segunda etapa teve a abertura de covas e adubação, instalação do sistema de irrigação (gotejamento), dos tensiômetros, distribuição da palhada com densidade de 2,5 kg m⁻² na área e posteriormente o plantio das sementes. Foram utilizadas duas cultivares de abóbora no experimento, a Italiana (*Cucurbita pepo*) e Menina Brasileira (*Cucurbita moschata*). O manejo da irrigação foi baseado nas leituras realizadas em baterias, de três tensiômetros em cada bloco, com 10, 20 e 30 cm de profundidade.

O delineamento utilizado no experimento foi de blocos casualizados com quatro blocos e dez repetições em cada tratamento. Os tratamentos consistiram em diferentes condições de cultivo, que foram, cobertura morta do solo utilizando palhada de milheto e crotalária e solo descoberto.

Para o cálculo da soma térmica acumulada (°C dia⁻¹) utilizou-se a metodologia proposta por Ometto (1981) conforme a situação 1, 2, 3, 4 e 5 (SOUZA et al., 2011) e as temperaturas basais inferior e superior (T_b e T_B) de 12 e 35 °C (SOUZA et al., 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de crescimento e desenvolvimento das plantas da abóbora no experimento, as temperaturas mínimas registradas no período foram maiores que a T_b da cultura (12°C) e as temperaturas média foram superiores a temperatura ótima da

cultura (18 - 24°C), assim como as máximas ultrapassaram a temperatura limite superior da abóbora (35°C) (SOUZA et al., 2015). Em função das precipitações que ocorreram, observaram-se oscilações nos fatores temperatura, umidade relativa do ar e radiação global.

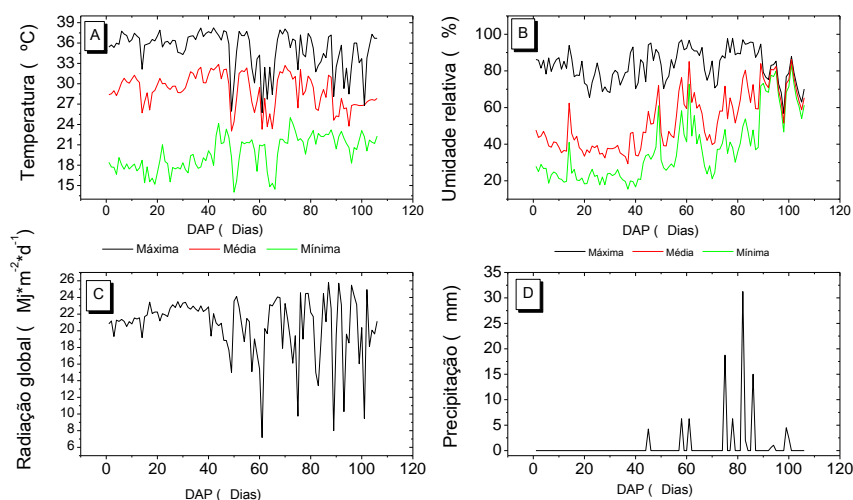


Figura 1. Variações da temperatura do ar (A), umidade relativa do ar (B), radiação global (C) e evapotranspiração/precipitação (D), em Sinop-MT, no período de 04/07 a 20/10/2016 (0 a 106 DAP, respectivamente).

Foram observadas diferenças significativas no crescimento com influência dos tipos de cobertura morta do solo a partir de 838 GDA para cv. Menina Brasileira e 1170 GDA para cv. Italiana. As duas cultivares apresentam hábitos de crescimento em ramas e moitas, respectivamente, justificando assim as diferenças entre altura e comprimento da planta (Tabela 1). Independentemente da cultivar, a condição de cultivo sem cobertura apresentou redução de todas as características morfométricas avaliadas, indicando que na região de Sinop-MT, o cultivo de hortaliças é dependente da manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo.

Em geral, ocorre uma variação da exigência térmica para uma mesma fenofase no desenvolvimento das plantas. Esse decorre do fato que o método dos graus-dia acumulado pressupor um comportamento linear entre temperatura e grau de desenvolvimento do vegetal, no entanto, dada pressuposição só é verdadeira tratando-se de cultivo no intervalo de temperatura cardinal da planta (T_b , T_o e T_B) (FAGUNDES et al., 2010).

O lançamento de primeiro botão floral masculino ocorreu de 922,5 a 882,7 (59-62 dias) GDA nas diferentes coberturas, para a cv. Menina Brasileira, ainda que submetida a cobertura morta de crotalária apresentou menor exigência térmica. Constata-se que o lançamento do primeiro botão floral feminino na cv. Menina brasileira sob a influência da cobertura de milho requer menor soma térmica (Tabela 2).

Tabela 1. Variáveis morfométricas de crescimento de duas cultivares de abobrinha em diferentes somas térmicas acumuladas (GDA) e diferentes condições de cultivo, em Sinop-MT, entre 04/07 e 20/10/2016.

Cobertura do solo	cv. Italiana				cv. Menina Brasileira				
	429	838	1170	1441	429	838	1170	1483	1676
	Altura da planta (m)				Comprimento da planta (m)				
MIL	7,50 a	23,25 a	45,41 a	53,13 a	15,53 a	233,75 a	485,35 a	557,32 a	623,03 a
CROT	6,77 a	19,87 ab	33,58 b	37,61 b	13,93 a	203,17 ab	393,67 b	415,43 b	485,46 b
SC	5,33 a	17,46 b	26,83 c	30,16 c	17,09 a	152,81 b	246,25 c	259,53 c	303,47 c

Diâmetro do caule (mm)									
MIL	6,78 a	10,69 a	12,77 a	11,83 a	6,38 a	9,99 a	14,62 a	15,59 a	13,62 a
CROT	7,38 a	10,55 a	13,18 a	11,79 a	6,69 a	8,89 ab	12,07 b	12,73 b	11,42 b
SC	6,67 a	9,92 a	12,09 a	10,72 a	6,55 a	8,03 b	10,41 c	10,68 c	9,80 c
Número de folhas (folhas/planta)									
MIL	6,37 a	17,84 a	21,41 a	8,65 a	5,85 a	57,57 a	63,29 a	61,25 a	28,07 a
CROT	6,81 a	17,58 a	19,03 ab	9,48 a	5,73 a	38,30 b	48,50 b	39,40 b	19,23 ab
SC	6,13 a	14,10 b	16,83 b	9,60 a	6,06 a	30,50 b	30,44 c	20,50 c	11,0 b
Área foliar (cm)									
MIL	392,9 a	3420,6 a	3981,2 a	1791,9 a	277,7 a	6151,0 a	7699,2 a	7833,9 a	3352,2 a
CROT	426,6 a	2836,2 a	3097,2 b	1380,3 a	308,0 a	2817,4 b	4095,1 b	4218,5 b	1909,6 b
SC	328,8 a	1767,6 b	1629,8 c	1038,5 a	300,3 a	1828,2 b	1791,2 c	1422,1 c	703,3 b

MIL, CROT e SC, correspondem a cobertura morta com resíduos vegetais de milho, crotalária e sem cobertura, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Exigências térmicas para as diferentes fenofases do florescimento e frutificação de duas cultivares de abobrinha em diferentes condições de cultivo, em Sinop-MT, entre 04/07 e 20/10/16.

Cultivar	Cobertura do Solo		
	Milheto	Crotalária	Sem Cobertura
Lançamento do primeiro botão floral masculino			
Italiana	610,6 (41) a	605,6 (40) a	603,6 (40) a
Menina Brasileira	922,5 (62) a	882,7 (59) b	895,1 (60) ab
Lançamento do primeiro botão floral feminino			
Italiana	697,3 (46) a	699,5 (47) a	734,3 (49) a
Menina Brasileira	1020,0 (68) c	1149,3 (77) b	1327,7 (89) a
Abertura da flor feminina			
Italiana	140,6 (9) a	127,6 (8) a	137,3 (9) a
Menina Brasileira	223,7 (15) a	193,6 (13) b	154,2 (10) b
Duração da flor masculina			
Italiana	191,2 (13) b	234,8 (16) a	214,1 (15) ab
Menina Brasileira	299,2 (20) a	218,4 (16) a	286,5 (19) a
Lançamento do primeiro fruto			
Italiana	704,3 (47) a	728,9 (49) a	736,4 (49) a
Menina Brasileira	1026,8 (68) b	1091,8 (73) b	1217,5 (81) a
Crescimento do fruto até a colheita			
Italiana	220,7 (15) a	196,6 (13) a	158,2 (10) b
Menina Brasileira	222,7 (15) a	191,6 (13) a	153,2 (10) b

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores entre parênteses representam a média do número de dias para a soma térmica ser atingida.

Na fenofase de abertura de flor feminina apenas a cv. Menina brasileira apresentou significativa variação para milho em relação a crotalária e sem cobertura, cuja exigência térmica foi de 223,7 GDA. Entretanto a cv. Italiana nota-se que na cobertura do solo com crotalária a soma térmica acumulada na duração da flor masculina foi de 234,8 GDA. Observa-se a precocidade da abobrinha Italiana em todas as fenofases de desenvolvimento, exceto no crescimento de fruto cuja exigência térmica variou entre 158,2 a 220,7 GDA.

CONCLUSÃO

As coberturas mortas avaliadas influenciam nas exigências térmicas em todas as fenofases reprodutivas da abobrinha a cv. Menina Brasileira, enquanto que na cv. Italiana, ocorrem influencias apenas na duração da flor masculina. A cobertura morta com Milheto propiciou maiores áreas foliares a partir de 1170 GDA.

REFERÊNCIAS

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

SANTOS, R. B.; et al. Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop – MT. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 06, n. 01, p.72 – 88, 2013.

SOUZA, A. P.; et al.; Comparison of methodologies for degree-day estimation using numerical methods. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 391-400, 2011.

SOUZA, A. P.; et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 01, n. 01, p.34-43, out./dez., 2013.

SOUZA, A. P.; et al. Estimates of Leaf Area of *Curcubita moschata* Duch. Based on Linear Measures and Degree-days in Planting of Winter in the Central-Western Region of Brazil, **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 5, p. 562-572, 2015.

STONE, L. F.; et al. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 577-582, 2006.

INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE CASTANHEIRA-DO-BRASIL DE DIFERENTES IDADES

Andréa Carvalho da Silva¹, Luana Bouvié², Mariana Pizzatto³,
Giovana da Silva Wanderlei de Lima⁴, Aisy Botega Baldoni Tardin⁵

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato, Sinop, Mato Grosso, e-mail: andcar1007@gmail.com; ²Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato, Cuiabá, Mato Grosso, e-mail: bouvieluana@gmail.com; ³Técnica Agrícola, ICAA, UFMT, Sinop, Mato Grosso, e-mail: marianapizzatto23@gmail.com; ⁴Bolsista PIBIC CNPq, ICAA, UFMT, Sinop, e-mail: giovanawanderleiagro@gmail.com; ⁵Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Agrossilvipastoril, Sinop, Mato Grosso, e-mail: aisybaldoni@embrapa.br.

RESUMO: Avaliou-se os efeitos do sombreamento no crescimento inicial de *Bertholletia excelsa* (Castanheira-do-Brasil) de diferentes idades. As plantas foram agrupadas em três classes de idade, em função da distribuição de frequência do DAG – Dias após transplântio, de forma que a Classe I correspondeu à 200 à 350; Classe II: 300 à 450 e a Classe III: 400 à 550 DAG. As mudas foram mantidas sob diferentes condições de sombreamento: telas pretas (Sombríte) com 30%, 50%, 60%, 80% de atenuação da radiação, Luminet e à pleno sol; e nos níveis coloridos: tela azul (polioefina), vermelha (Chromatinet) e verde (Frontinet) com 50% de atenuação da radiação global. Foi realizada a contagem do número de folhas; diâmetro do coleto e altura da muda quinzenalmente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (9 sombreamentos x 3 classes de idade). As telas de sombreamento não influenciaram no desenvolvimento vegetativo de mudas de castanheira-do-Brasil entre 5 e 12 meses de idade. O incremento em altura, diâmetro do coleto e número de folhas de mudas de castanheira é baixo na escala quinzenal, independentemente da condição de luminosidade.

PALAVRAS-CHAVE: *Bertholletia excelsa*; radiação solar; ambientes protegidos.

INFLUENCE OF SHADING ON THE GROWTH OF CASTANHEIRA-DO-BRASIL SEEDLINGS OF DIFFERENT AGES

ABSTRACT: The effects of shading on the initial growth of *Bertholletia excelsa* (Castanheira-do-Brazil) of different ages were evaluated. The plants were grouped into three age classes, depending on the frequency distribution of DAG - Days after transplanting, so that Class I corresponded to 200 to 350; Class II: 300 to 450 and Class III: 400 to 550 DAG. The seedlings were kept under different shading conditions: black (Sombríte) screens with 30%, 50%, 60%, 80% of attenuation of the radiation, Luminet and in full sun; And at the colored levels: blue screen (polyolefin), red (Chromatinet) and green (Frontinet) with 50% global radiation attenuation. The number of leaves was counted; Collecting diameter and seedling height biweekly. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme (9 shadings x 3 age classes). The shading screens did not influence the vegetative development of Brazil nut tree seedlings between 5 and 12 months of age. The increase in height, collection diameter

and number of leaves of chestnut tree seedlings is low on the biweekly scale, regardless of the luminosity condition.

KEY-WORDS: *Bertholletia excelsa*; solar radiation; Protected conditions.

INTRODUÇÃO

A *Bertholletia excelsa* (Castanha do Brasil) produz sementes apreciadas pelo sabor e aroma, conhecidas internacionalmente como “Brazil nuts”, que são símbolo da produção florestal não madeireira e do desenvolvimento sustentável e estratégico para a conservação da floresta (DUCHELLE et al., 2011). *B. excelsa* tornou-se alvo de estudo no âmbito de seu recrutamento e regeneração de plântulas, mediante a preocupação com a sustentabilidade das áreas de coleta e com a certificação do produto para o mercado internacional (WADT et al., 2008).

A regeneração de castanheiras é limitada pela recalitrância das sementes, pela alta predação dos roedores e pelo extrativismo. Além disso, o estabelecimento de novos indivíduos é condicionado por fatores abióticos como disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, temperatura e radiação solar. É notório que as plantas possuem uma evoluída matriz de receptores para monitorar a luminosidade do ambiente (da qual fazem parte os fitocromos) pois além de converter a energia solar fluida em energia química para produzir compostos de carbono, percebem a quantidade, qualidade e direção da luz, e através de sua plasticidade fenotípica, adaptam seu crescimento e arquitetura para lidar com condições ambientais específicas (BRACHER et al., 2017).

Nesse sentido, pretende-se estudar os efeitos de diferentes sombreamentos sobre o crescimento inicial de mudas de diferentes idades de *Bertholletia excelsa* (Castanha do Brasil), através de análises de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental localiza-se na Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Campus de Sinop, onde o clima é classificado como Aw (tropical quente e úmido) (SOUZA et al., 2012). A semeadura foi feita em caixas com areia, e as mudas foram transplantadas para sacos de polietileno contendo 2Kg de substrato comercial HS-Florestal® e mantidas em casa de vegetação com sombreamento de 35%. Aproximadamente 290 dias após a protusão do caulículo, 50% das plantas foram transplantadas para vasos com volume de 20 litros contendo uma proporção de substrato comercial e solo de floresta (Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico) fertilizado com 500 g.m⁻³ de adubo granular NPK (4-14-8) na proporção de 3,1:1. Após 13 meses transcorridos da semeadura em caixas de areia, as plantas foram agrupadas em três classes Classe I; Classe II e Classe III em função da distribuição de frequência do tempo transcorrido após a protusão do caulículo (DAG – Dias após Germinação).

Então foram transferidas para diferentes condições de sombreamento: à pleno sol; telas pretas (Sombrite) com 30%, 50%, 60%, 80% de atenuação da radiação, telado termo refletor do tipo Luminet; tela azul (poliefina), vermelha (Chromatinet) e verde (Frontinet) com 50% de atenuação da radiação global. O manejo da irrigação foi baseado na saturação da capacidade de campo dos recipientes. Quinzenalmente aferiu-se o número de folhas; diâmetro do coleto e altura da muda. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 9 x 2 (sombreamento x idade) com 8 repetições compostas por uma planta cada. A partir dos dados procedeu-se a análise de variância, gerou-se regressões em representações gráficas, e teste de Tukey, a 5 % de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a distribuição de frequência do tempo transcorrido após a protusão do caulículo, o intervalo de cada classe de idade foi definido como, Classe I: 200 à 350; Classe II: 300 à 450 dias e Classe III: 400 à 550 dias. Como resposta da mudança de disponibilidade de luz, as castanheiras mais velhas (Classe III) o NF reduziu sob pleno sol e sob as telas luminet, azul e verde, o contrário ocorreu nas mudas mantidas sob todas as telas pretas.

Para o teste de Tukey a 5% de significância não houve diferença de diâmetro do coleto, altura e número de folhas entre as condições de radiação. No entanto, no que concerne as diferentes classes de idade, sob 35% de sombreamento na tela preta, o diâmetro e o número de folhas foi superior para mudas mais velhas (5,36 mm; 9,17) e inferior nas mais jovens (3,20 mm; 3,5). Houve diferenças na altura das plantas em função da idade sob 35% e 50% de sombreamento no preto, sendo 15,92 cm e 18,03 para as classes 3 e 9,24 e 10,00 cm para as classes 1.

Tabela 3. Valores médios de diâmetro (cm), altura (cm), e número de folhas para mudas de *Bertholletia excelsa*, em diferentes classes de idades (Classe I: 150-220 dias; Classe II: 220-290 dias e Classe III: 290-360 dias), em Sinop-MT, 2016.

	Diâmetro (mm)			Altura (cm)			Número de Folhas		
	Idade 1	Idade 2	Idade 3	Idade 1	Idade 2	Idade 3	Idade 1	Idade 2	Idade 3
Pleno Sol	3,08 a	4,03 a	4,15 a	9,30 a	13,38 a	10,04 a	3,25 a	3,00 a	3,60 a
35% - Preta	3,20 b	3,94 ab	5,36 a	9,24 b	10,25 ab	15,92 a	3,50 b	5,62 ab	9,17 a
50% - Preta	3,86 a	4,35 a	5,69 a	10,00 b	13,01 ab	18,03 a	6,13 a	7,38 a	10,17 a
65% - Preta	3,12 a	4,22 a	4,28 a	10,01 a	10,54 a	13,00 a	6,10 a	3,38 a	7,00 a
80% - Preta	3,95 a	4,24 a	4,39 a	13,41 a	8,44 a	10,46 a	8,25 a	5,75 a	6,17 a
50% - Aluminet	2,77 a	3,20 a	4,03 a	8,75 a	8,65 a	12,55 a	4,50 a	4,90 a	5,38 a
50% - Vermelha	3,81 a	3,91 a	4,08 a	10,44 a	11,43 a	12,75 a	9,00 a	6,00 a	8,50 a
50% - Azul	3,14 a	3,52 a	3,53 a	10,75 a	11,10 a	12,12 a	5,13 a	6,13 a	4,20 a
50% - Verde	3,45 a	3,77 a	4,85 a	11,22 a	10,19 a	14,50 a	7,25 a	7,00 a	3,20 a

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade

As mudas de idade intermediária (Classe 2) cessaram o crescimento quando transferidas para tela preta de 35% de interceptação. Sob a tela azul as 3 variáveis de crescimento mantiveram-se aumentando. O número de folhas diminuiu após a transferência das mudas para pleno sol, e telas: luminet, vermelha e pretas de 65% e 80% de sombreamento. Houve dessecação do meristema apical e consequentemente redução na altura das plantas sob pleno sol, telado vermelho, verde e preto de 50%; 65% e 80% de interceptação da luz.

Tabela 2. Regressões polinomiais de grau 2 ajustadas para a altura (cm), diâmetro (cm) e número de folhas para mudas de *Bertholletia excelsa*, em diferentes classes de idades (Classe I: 150-220 dias; Classe II: 220-290 dias e Classe III: 290-360 dias), em Sinop-MT, 2016. (A variável independente é o tempo de avaliação a cada 15 dias)

		Idade 1				Idade 2				Idade 3			
		R ²	A	B1	B2	R ²	A	B1	B2	R ²	A	B1	B2
Pleno Sol	D	0,849	-5,65	0,046	-0,0001	0,600	-40,74	0,189	-2E-04	0,857	-33,08	0,150	-2E-04
	A	0,646	-77,07	0,521	-0,0008	0,988	-107,3	0,5053	-5E-04	0,309	-167,52	0,736	-8E-04
	NF	0,903	126,40	-0,724	0,0011	0,982	128,44	-0,518	0,0005	0,515	-123,42	0,563	-6E-04
35% - Preta	D	0,645	3,16	-0,006		0,965	-2,794	0,0213	0	0,851	-10,85	0,048	0
	A	0,930	-65,51	0,408	-0,0006	0,570	0,8915	0,0303	0	0,948	-75,16	0,295	-2E-04
	NF	0,944	107,40	-0,573	0,0008	0,597	20,451	-0,057	0,0001	0,853	-25,41	0,106	-1E-04
50% - Preta	D	0,754	-16,79	0,106	-0,0001	0,964	-73,02	0,3244	-3E-04	0,802	-100,01	0,403	-4E-04
	A	0,980	-40,42	0,291	-0,0004	0,836	-286,8	1,2967	-0,001	0,918	-723,75	2,921	-0,003
	NF	0,995	33,97	-0,175	0,0003	0,811	35,411	-0,127	0,0001	0,970	188,47	-0,769	0,0008
65% - Preta	D	0,855	29,80	-0,154	0,0002	0,887	74,748	-0,326	0,0004	0,814	-154,50	0,657	-7E-04
	A	0,963	-56,71	0,387	-0,0006	0,807	-180,1	0,87	-0,001	0,989	-359,88	1,542	-0,002
	NF	0,957	123,95	-0,640	0,0009	0,798	-21,58	0,1248	-2E-04	0,905	15,61	-0,041	0
85% - Preta	D	0,999	37,13	-0,214	0,0003	0,651	-53,91	0,2585	-3E-04	0,727	36,30	-0,139	0,0001
	A	0,919	10,06	-0,061	0,0002	0,999	-670,3	3,1395	-0,004	0,586	-3166,18	12,338	-0,012
	NF	0,998	164,91	-0,937	0,0014	0,823	-194,9	0,9425	-0,001	0,862	136,53	-0,535	0,0005
50% - Luminet	D	0,705	-19,00	0,119	-0,0002	1,000	-8,718	0,0504	-1E-04	0,719	-82,96	0,313	-3E-04
	A	0,970	64,49	-0,342	0,0005	0,722	-9,138	0,0853	-1E-04	0,640	-518,97	1,961	-0,002
	NF	0,906	50,73	-0,262	0,0004	0,850	93,12	-0,391	0,0004	0,970	28,86	-0,082	0,0001
50% - Vermelha	D	0,626	-9,26	0,068	-0,0001	0,850	-85,39	0,3742	-4E-04	0,764	-101,43	0,387	-4E-04
	A	0,974	-105,8	0,680	-0,001	0,805	-337,3	1,496	-0,002	0,676	-191,87	0,761	-7E-04
	NF	0,993	-5,18	0,057	-0,0001	0,958	130,2	-0,546	0,0006	0,812	331,99	-1,289	0,0013
50% - Azul	D	0,964	-56,22	0,337	-0,0005	0,930	-54,02	0,2451	-3E-04	0,997	13,38	-0,040	0
	A	0,875	-128,2	0,792	-0,0011	1,000	-138	0,6347	-7E-04	0,998	-328,93	1,335	-0,001
	NF	0,990	105,31	-0,589	0,0009	1,000	-52,77	0,2381	-2E-04	0,835	146,66	-0,562	0,0006
50% - Verde	D	1,000	-43,17	0,244	-0,0003	0,713	124,78	-0,511	0,0005	0,928	-32,92	0,140	-1E-04
	A	0,989	-246,2	1,363	-0,0018	0,829	-309,9	1,3629	-0,001	0,996	-318,38	1,301	-0,001
	NF	0,977	-15,66	0,108	-0,0001	0,744	-71	0,32	-3E-04	0,824	180,23	-0,683	0,0007

* coeficientes significativos a 1% de probabilidade.

Para tukey 5% as médias finais de diâmetro do coleto, altura e número de folhas não diferiram significativamente ao final das análises. Isso se deve ao alto desvio padrão dentro dos tratamentos, que reflete a alta variabilidade genética entre mudas produzidas através de sementes e a falta de homogeneidade e controle sobre o tempo de viveiro da amostragem, que é consequência da baixa velocidade e alta desuniformidade da germinação de *Bertholletia excelsa*. Dessa forma, tais parâmetros de crescimento são muito diferentes mesmo dentro da amostragem mantida sob as mesmas condições ambientais. No entanto, as curvas geradas pelos polinômios de grau dois (Figura 1) evidenciam diferença no crescimento das mudas em função do tempo entre os tratamentos. Ficou evidente que o simples contraste entre as médias de parâmetros não

destrutivos, não são eficientes para análise ecofisiológica do crescimento inicial da Castanheira-do-Brasil.

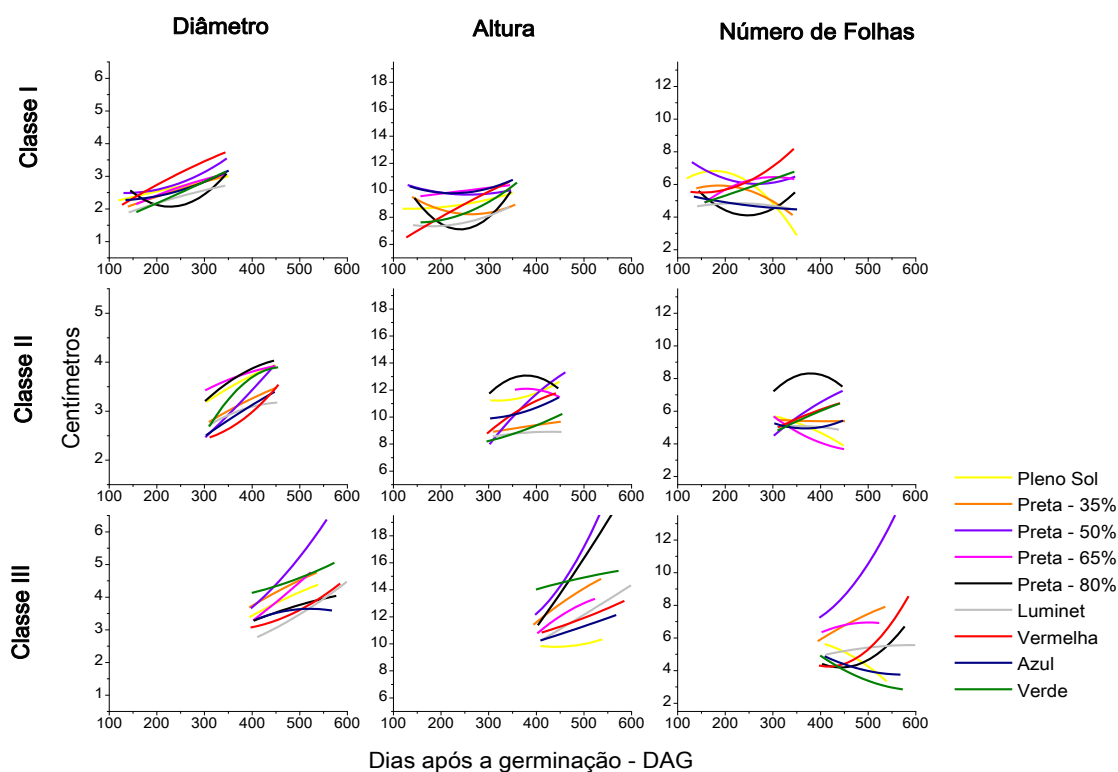


Figura 4. Regressões polinomiais de grau 2 ajustadas para a altura (cm), diâmetro (cm) e número de folhas para mudas de *Bertholletia excelsa*, em diferentes classes de idades (Classe I: 150-220 dias; Classe II: 220-290 dias e Classe III: 290-360 dias), em Sinop-MT, 2016. (A variável independente é o tempo de avaliação a cada 15 dias).

CONCLUSÃO

As telas de sombreamento não influenciaram no desenvolvimento vegetativo de mudas de castanheira-do-Brasil entre 5 e 12 meses de idade. O incremento das variáveis morfométricas de mudas de castanheira-do-Brasil é muito baixo na escala quinzenal.

REFERÊNCIAS

DUCHELLE, A. E.; CRONKLETON, P.; KAINER, K. A.; GUANACOMA, G.; GEZAN, S. Resource theft in tropical forest communities: implications for non-timber management, livelihoods, and conservation. *Ecology. Society*. v. 16, n. 1, 2011.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de mato grosso. *Nativa*, v.1, n.1, p.34-43. 2013.

BRACHER, A.; WHITNEY, S. M.; HARTL, F. U.; HAYER-HARTL, M. Biogenesis and Metabolic Maintenance of Rubisco. *Annual Review of Plant Biology*, v. 68, n. 6, p. 1-6, 2017.

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE 13 VARIEDADES VINÍFERAS NO SUBMÉDIO DO VALE SÃO FRANCISCO

Helder Henrique Duarte Santos¹, Magna Soelma Beserra de Moura², Thieres George Freire da Silva³, Luiza Suely Semen Martins⁴, Patrícia Coelho de Souza Leão²

¹Doutorando em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas (UFRPE), Recife, Pernambuco, helder_hds19@hotmail.com; ²Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, magna.moura@embrapa.br, patricia.leao@embrapa.br; ³Professor, UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, thigeoprofissional@hotmail.com; ⁴Professora, UFRPE, Recife, PE, luizasemen@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo determinar o índice de área foliar de treze cultivares de uvas viníferas produzidas no Submédio do Vale São Francisco. O experimento foi realizado no Campo Experimental de Bebedouro, da Embrapa Semiárido em Petrolina, PE, durante os ciclos de produção do 1º e 2º semestres de 2016. Os tratamentos foram representados por treze cultivares de *Vitis vinifera* para elaboração de vinhos: Syrah, Tempranillo, Malbec, Cabernet Sauvignon, Merlot, Petit Verdot, Grenache, Chenin Blanc, Sauvignon Blanc, Chardonnay e as seleções de melhoramento CNPUV 14, CNPUV 46 e CNPUV 47. As determinações do índice de área foliar (IAF) foram realizadas semanalmente, a partir da data de poda (dias após a poda-DAP) até a colheita, utilizando-se o ceptômetro Accupar. Os resultados mostraram que no 1º semestre de 2016, as cultivares apresentaram-se mais precoces, com IAF máximo ocorrendo por volta dos 67 DAP, enquanto no ciclo seguinte isto ocorreu aos 104 DAP. Os genótipos que apresentaram maior IAF foram as seleções de melhoramento CNPUV 47 e CNPUV 14, respectivamente nos ciclos do 1º e 2º semestres de 2016, enquanto os menores valores foram observados para 'Chardonnay' e 'Syrah'. Estes resultados demonstram a influência do genótipo associado ao clima no desenvolvimento vegetativo das videiras.

PALAVRAS-CHAVE: uva, vinho, desenvolvimento da videira, vitivinicultura tropical;

LEAF AREA INDEX FOR 13 WINE GRAPES CULTIVARS IN THE LOWMIDDLE SAN FRANCISCO RIVER VALLEY

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the leaf area index (LAI) of thirteen grapevine cultivars produced in the Lowmiddle San Francisco River Valley. The experiment was carried out in the Experimental Field of Bebedouro, Embrapa Semiárido in Petrolina, PE, during the production cycles of the 1st and 2nd half of 2016. The treatments were represented by thirteen winegrape cultivars (*Vitis vinifera* L.): Syrah, Tempranillo, Malbec and the breeding selections CNPUV 14, CNPUV 46 and CNPUV 47. The IAF determinations were performed weekly, from the pruning date (days after pruning-DAP) until harvest using the Accupar ceptometer. The results showed that in the first half of 2016, the cultivars were earlier, with a maximum LAI occurring around 67 DAP, while in the next cycle this occurred at 104 DAP. The genotypes with the highest LAI were the breeding selections CNPUV 47 and CNPUV 14, respectively, in the 1st and 2nd half of 2016, while the lowest values were observed for 'Chardonnay' and 'Syrah'. The results showed the influence of the genotype associated with the climate in the vegetative development of vines.

KEYWORDS: grape, wine, grapevine development, tropical viticulture.

INTRODUÇÃO

O cultivo da videira é diretamente influenciado por fatores climáticos como radiação solar, temperatura, precipitação, dentre outros elementos climáticos, que interferem no ciclo fenológico da cultura e, conseqüentemente, na produtividade e qualidade da uva produzida (MOURA; TEIXEIRA; SOARES, 2009). No Submédio do Vale São Francisco as videiras podem produzir continuamente, podendo serem submetidas a até duas safras em um mesmo ano.

Uma das maneiras de avaliar o desenvolvimento vegetativo da videira é por meio da área foliar que é um indicador de grande importância usado para investigar a adaptação ecológica, competição entre espécies e efeitos do manejo, permitindo também a determinação do índice de área foliar, crescimento e desenvolvimento das folhas (MONTEIRO et al., 2005). A determinação da área foliar da videira tem sido estimada por diferentes métodos indiretos, tais como imagens digitais (KLODT et al., 2015) e aplicativos em smartphones (CONFALONIERI et al., 2013). Estudos têm sido realizados em diferentes cultivares de videira (CARDOSO et al., 2010; COMIRAN et al. 2012; FUENTES et al. 2014; ORLANDO et al. 2016).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi determinar o índice de área foliar (IAF) durante o ciclo fenológico de treze cultivares de uvas viníferas no Submédio do Vale São Francisco, nos ciclos produtivos do primeiro e segundo semestre de 2016.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro (9°09'S, 40°22'W, 365,5 m de altitude), pertencente a Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE, durante dois ciclos de produção no 1° e 2° semestres de 2016. Os tratamentos foram representados por treze cultivares para elaboração de vinhos: Syrah, Tempranillo, Malbec, Cabernet Sauvignon, Merlot, Petit Verdot, Grenache para vinhos tintos e Chenin Blanc, Sauvignon Blanc, Chardonnay e as seleções do programa de melhoramento da Embrapa CNPUV 14, CNPUV 46 e CNPUV 47, para vinhos brancos. As videiras foram conduzidas em espaldeira e as plantas foram podadas em cordão bilateral esporonado com crescimento ascendente dos ramos, no espaçamento de 3,0 x 1,0 m e irrigadas por gotejamento. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, e parcelas constituídas por 10 plantas.

As podas foram realizadas nos dias 15 de fevereiro e 14 de julho de 2016, mantendo-se 12 esporões com duas a três gemas por planta. Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados conforme as necessidades e as recomendações para o cultivo da videira no Submédio do Vale São Francisco (SOARES; LEÃO, 2009).

Para estimativa do índice de área foliar (IAF) foram realizadas medições semanais da radiação fotossinteticamente acima (PART) e abaixo (PARb) do dossel das videiras utilizando o ceptômetro modelo AccuPAR LP-80 (Decagon), a partir da data de poda (dias após apoda, DAP) até a colheita.

Os dados apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk e foram submetidos a análise de variância e teste de médias pelo método da Diferença Mínima Significativa (DMS) para os dias em que ocorreram os máximos valores do IAF no primeiro e segundo semestre de 2016, utilizando-se o XLSTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, as temperaturas médias ($T_{\text{méd}}$), máximas (T_x) e mínimas (T_n), assim como a radiação solar incidente (R_g) apresentaram pouca variação entre os ciclos do 1º e 2º semestres de 2016, enquanto maiores diferenças ocorreram na umidade relativa do ar (UR), cujos valores foram da ordem de $56,9 \pm 7,25$ no 1º semestre e $50,4 \pm 5,3\%$ no 2º semestre. O total de chuva durante o ciclo do 1º semestre foi de 65,0 mm, enquanto no segundo, que ocorreu no período seco da região, a precipitação total foi de 44,7 mm.

Tabela 1. Temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar incidente e precipitação média para os ciclos produtivos e período de repouso de uvas viníferas no ano de 2016 no Campo Experimental de Bebedouro, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE¹.

Período	$T_{\text{méd}}$ (C°)	T_x (C°)	T_n (C°)	UR (%)	R_g (MJ)	P (mm)
Ciclo 2016.1	$27,2 \pm 1,6$	$33,8 \pm 1,9$	$21,3 \pm 2,0$	$56,9 \pm 7,2$	$15,4 \pm 2,8$	65,0
Ciclo 2016.2	$26,9 \pm 1,7$	$33,9 \pm 1,9$	$20,3 \pm 2,4$	$50,4 \pm 5,3$	$16,6 \pm 2,4$	44,7
Média	$27,0 \pm 2,0$	$33,7 \pm 2,4$	$20,9 \pm 2,3$	$55,7 \pm 10,1$	$15,7 \pm 3,3$	301,2

¹($T_{\text{méd}}$) temperatura média do ar; (T_x) temperatura máxima do ar; (T_n) temperatura mínima do ar; (UR) umidade relativa do ar; (R_g) radiação solar incidente; (P) precipitação.

Observou-se que no ciclo do 1º semestre de 2016 (2016.1) as cultivares Tempranillo e Chardonnay apresentaram IAF máximo aos 52 dias e Cabernet Sauvignon aos 58 dias, enquanto que todas as demais cultivares atingiram o IAF máximo aos 67 dias após a poda (Figura 1A), sendo esta data definida para análises estatísticas. Percebe-se ainda que após os 80 DAP houve redução no IAF, em função de práticas de poda verde como desfolha para melhorar a aeração dos cachos e facilitar o controle fitossanitário.

Na Figura 1b, observa-se que no ciclo de produção do 2º semestre de 2016, a maioria das cultivares atingiu o IAF máximo aos 104 DAP, ou seja, quarenta dias além do que foi observado no ciclo de produção anterior, isto ocorreu em função da fase de crescimento vegetativo rápido que compreende os 50 DAP coincidiu com os meses de julho e agosto quando são observadas temperaturas mais amenas na região que resultam no crescimento mais lento do dossel.

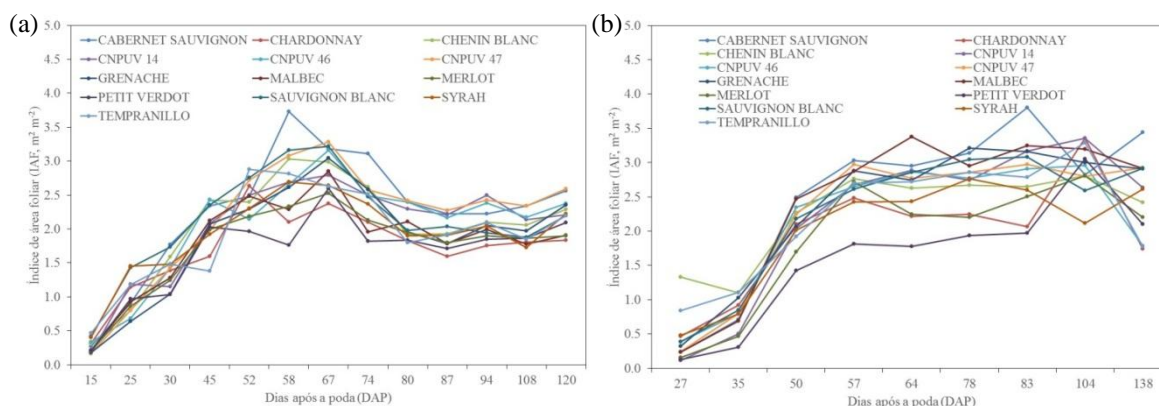


Figura 1. Índice de área foliar (IAF, $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) para uvas viníferas durante os ciclos produtivos do 1º (a) e 2º semestres (b) de 2016, Petrolina, PE.

Por outro lado, a seleção CNPUV 47 e a cultivar Chenin Blanc atingiram IAF máximo aos 57 DAP, seguidas por ‘Malbec’, ‘Syrah’ e ‘Cabernet Sauvignon’ com 64, 78 e 83 DAP, se antecipando as demais cultivares neste ciclo de produção.

Conforme Tabela 2, o comportamento do IAF entre as cultivares foi diferente em função da época do ano. No 1º semestre, a seleção CNPUV 47 destacou-se com maior IAF, diferindo da ‘Syrah’, ‘Tempranillo’, ‘Petit Verdot’, ‘Merlot’ e ‘Chardonnay’, que apresentaram menor IAF. Por sua vez, no 2º semestre do ano, as cultivares se agruparam mais, com destaque para seleção CNPUV 14 e cultivares Chardonnay, Tempranillo e Malbec que foram superiores a Syrah.

Tabela 2. Índice de área foliar de cultivares de uva viníferas produzidas no primeiro (2016.1) e segundo (2016.2) semestres de 2016, no Submédio do Vale São Francisco.

Cultivares	Ciclo 2016.1	Ciclo 2016.2
Chardonnay	2,38 e	3,35a
Merlot	2,53 de	2,81 ab
Petit Verdot	2,60 cde	3,05 ab
Tempranillo	2,63 bcde	3,29 a
Syrah	2,64 bcde	2,12 b
CNPUV 14	2,80 abcde	3,36 a
Malbec	2,85 abcde	3,20 a
Chenin Blanc	2,99 abcd	2,81 ab
Grenache	3,05 abcd	3,00 ab
CNPUV 46	3,16 abc	2,96 ab
Cabernet Sauvignon	3,18 abc	2,82 ab
Sauvignon Blanc	3,22 ab	2,59 ab
CNPUV 47	3,29 a	2,80 ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Diferença Mínima Significativa (DMS) ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

As cultivares de uvas *Vitis vinifera* para elaboração de vinhos apresentam variações no seu desenvolvimento vegetativo mensurado pelo índice de área foliar, respondendo de forma diferenciada aos estímulos do ambiente, especialmente da temperatura do ar. O ciclo iniciado em janeiro de 2016 apresentou condições climáticas que anteciparam os valores máximos do índice de área foliar para a maioria das cultivares em relação ao ciclo seguinte iniciado em julho de 2016.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão da bolsa de doutorado do primeiro autor, a Universidade Federal Rural de Pernambuco e a Embrapa Semiárido pelo apoio financeiro, físico e de recursos humanos para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; CHAVARRIA, G.; MARODIN, G. A. B.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P.; MANDELLI, F. Padrões

de interceptação de radiação solar em vinhedos com e sem cobertura plástica. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 161-171, 2010.

COMIRAN, F. et al. Microclimas e produção de videiras ‘Niágara Rosada’ em cultivo orgânico sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 152-159, 2012.

FUENTES, S. et al. Automated estimation of leaf area index from grapevine canopies using cover photography, video and computational analysis methods. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 20, n. 3, p. 465-473, 2014.

MONTEIRO, J. E. B. A. et al. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 15-24., 2005.

MOURA, M. S. B.; TEIXEIRA, A. H. C; SOARES, J. M.. Exigências climáticas. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. de S. (Ed.). **A Vitivinicultura no Semiárido Brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009. p. 36-69.

ORLANDO, F. et al. Estimating Leaf Area Index (LAI) vineyards using the pockhetLAI smart-app. **Sensors** (Basel Switerland), v. 16, n. 12, p. 2-12, 2016.

ANÁLISES TERMOGRÁFICAS DA INSTALAÇÃO DE SUÍNOS SOBRE O EFEITO DA PINTURA NA COBERTURA EM PERNAMBUCANO.

Amélia Carvalho Faustino¹, Sílvia Helena Nogueira Turco², Clovis Manoel Carvalho Ramos³, Ana Carolina de Sá Lins⁴, Miguel Ângelo de Oliveira Shaw⁵

¹ Graduanda em Eng. Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Juazeiro, BA, E-mail: ameliacar28@gmail.com

² Prof.^a Doutora em Zootecnia, UNIVASF - CENAMB, Juazeiro, BA, E-mail: shnturco@gmail.com ; ³

Prof.^a Doutor em Agronomia, UNIVASF - CENAMB, Juazeiro, BA, E-mail;

clovis.ramos@univasf.edu.br; ⁴ Graduanda em Eng. Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Juazeiro, BA, E-mail; ana_carolina_lins@hotmail.com; ⁵ Pós - Graduanda em Eng. Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, BA, E-mail: eng.miguel.shaw@gmail.com

RESUMO: A pesquisa teve como objetivo avaliar a temperatura do ar proporcionada pela pintura branca do telhado na estação mais quente, o verão, através das imagens termográficas em uma instalação de suínos no semiárido pernambucano. As instalações foram fotografadas através de uma câmara térmica obtendo-se as imagens e estimativas das temperaturas superficiais, além de analisar o comportamento da temperatura pela manhã e tarde. Verificou-se através das fotos termográficas, que a pintura branca proporcionou uma pequena redução da temperatura das telhas no tratamento GTCP em comparação ao MTSP, nos dois horários (9h e 15 h), mas devido a influencia de outras características construtivas que melhorem o desempenho térmico das instalações, este procedimento por si só não favorece um ambiente melhor para os suínos, apesar da pintura apresentar uma redução térmica na telha.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiência. Conforto térmico. Telhado. Suinocultura.

THERMOGRAPHIC ANALYSIS OF PIG INSTALLATION ON THE EFFECT OF PAINTING IN PERNAMBUCANO COVERAGE.

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate the temperature of the air provided by the white painting of the roof in the hottest season, the summer, through the thermographic images in a pig installation in the semi - arid Pernambuco. The facilities were photographed through a thermal chamber, obtaining as images and estimates of surface temperatures, besides analyzing the behavior of the temperature in the morning and afternoon. It was verified on the thermographic pictures that the white paint provided a small reduction of the temperature of the tiles without treatment GTCP in emissions to the MTSP, in both schedules (9h and 15 h), but due to the influence of other constructive characteristics that improve the thermal performance Of the installations, this procedure alone does not favor a better environment for the pigs, although the paint presents a thermal reduction in the tile.

KEYWORDS: Ambience. Thermal comfort. Roof. Swine industry

INTRODUÇÃO

No Brasil, país de clima tropical com temperaturas elevadas de verão e intensa radiação, os materiais utilizados para a confecção das coberturas devem permitir bom isolamento térmico para que o ambiente interno das instalações seja menos influenciável pela variação climática (ABREU, P.G.; ABREU, V.M. N; COSTA, O. A. D, 2001).

Os altos índices zootécnicos decorrem do alojamento em ambientes com clima quente, de animais geneticamente desenvolvidos em climas mais amenos, em conceitos provenientes deste clima; daí a necessidade de se ter instalações adaptadas com características construtivas que garantam o máximo possível de conforto permitindo, ao animal abrigado, desenvolver todo o seu potencial genético (FIORELLI et al., 2009).

O telhado das instalações tem sido o elemento relevante a ser considerado para se promover o conforto térmico dos animais em regiões de clima quente sendo utilizado em algumas regiões do mundo como elemento para reduzir o ganho de calor total da telha, provendo efeito refrescante para as instalações (FAGHIIH; BAHADORI, 2009). O telhado dispõe de condições para minimizar a radiação dentro das instalações, mas se não executar bem esta função poderá apresentar problemas de conforto ambiental aos animais alojados nessas instalações (TANGA; ETZIONB, 2005).

A pesquisa teve como objetivo avaliar através das imagens termográficas as condições microclimáticas proporcionadas pela pintura externa do telhado no verão em uma instalação de suínos.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada no setor de suinocultura nas instalações localizadas no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), no município de Petrolina, estado de Pernambuco. A cidade segundo a classificação climática de Köppen-Geiger tem clima tropical semiárido, seco e quente tem altitude média de 365 m e índice pluviométrico anual de 300 mm. O experimento foi realizado nos meses de dezembro de 2016 e janeiro de 2017, durante o verão. O setor de suinocultura é constituído dois galpões, um destinado os suínos na fase de crescimento, terminação e reprodução, estágio de crescimento e terminação, e o outro destinado os suínos no período de gestação, creche e maternidade. As instalações são de alvenaria, coberta com telhas de cerâmica, sem forro, piso de concreto, com orientação Leste-Oeste.

O galpão destinado à gestação, creche e maternidade possui 25,45 m de comprimento, 8,1 m de largura, beiral de 0,6 m e pé direito de 3,3 m de altura, e possui doze aberturas (3,44 x 2 m) em alumínio anodizado, cobertas por telas galvanizadas em malha 1x1 cm. O galpão de gestação tem telhas cerâmicas pintadas de branco.

As instalações foram fotografadas através de uma câmara térmica Flir, Modelo 420, (Empresa Termovisor Brasil, Campinas SP, Brasil) para obterem-se imagens térmicas e estimativas das temperaturas superficiais, além de analisar o comportamento da temperatura pela manhã e tarde.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se através das fotos termográficas, que a pintura branca proporcionou uma pequena redução da temperatura das telhas no tratamento GTCP em comparação ao MTSP (Figuras 1A e 1B), nos dois horários, mas devido à influência de outras

características construtivas que melhorem o desempenho térmico das instalações, este procedimento por si só não favorece um ambiente melhor para os suínos.

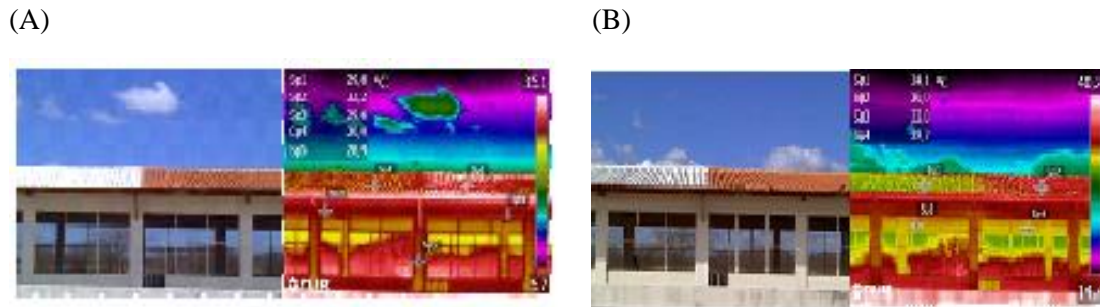


Figura 5– (A) Telhado GTCP e MTSP, manhã; (B) Telhado GTCP e MTSP, à tarde

Algumas características construtivas para a climatização por meios naturais é a orientação correta no sentido Leste-Oeste para que no verão tenha menor incidência de radiação solar no interior da instalação, inclinações do telhado entre 20 e 30° visando mudar o coeficiente de forma correspondente às trocas de calor por radiação entre o animal e o telhado e modificando a altura entre as aberturas de entrada e saída de ar (lanternim).

Pode ser observado ainda que as paredes próximas do tratamento com pintura de telhado receberam alta carga térmica, durante todo o dia. Outra solução é arborização, ela ajuda a reduzir e controlar a radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento. Em relação à radiação solar, a vegetação tem um comportamento seletivo em relação aos comprimentos de ondas. Absorve cerca de 90% da radiação visível e 60% da infravermelha. Tem-se assim uma atenuação da radiação de onda curta, evitando o aquecimento das superfícies. Também, a evapotranspiração dos vegetais contribui para o rebaixamento da temperatura, mas deve-se evitar que as árvores dificultem a ventilação natural (BRIDI, 2006).

Nas Figuras 2C e 2D mostra o interior da instalação e a influencia da radiação nas elevadas temperaturas não só nas paredes, com também nas gaiolas individuais feitas de barras de ferro que contribuíram para o desconforto térmico no tratamento GTCP, nos dois horários 9h e 15h chegando às gaiolas às temperaturas de 29 °C a 34,4 °C respectivamente.

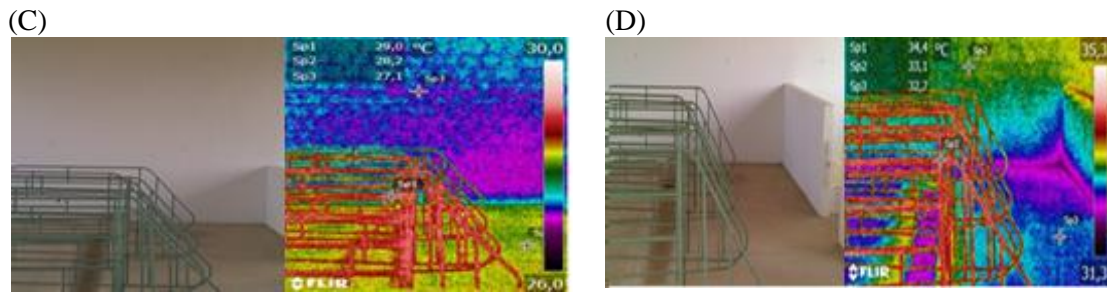


Figura 2 – (C) Galpão de gestação manhã; (D) Galpão de Gestação à tarde.

Assim também pode ser observado no tratamento MTSP, que o aquecimento das gaiolas de maternidade com temperaturas de 29,1 °C e 34,2 °C nos horários 9 hs e 15 hs respectivamente, evidenciado nas Figuras 3E e 3F, isso ocorreu devido à incidência direta da radiação, como pode ser examinado nas Figuras 4G e 4H, que os beirais da instalação são inapropriados. De acordo com Cavalcanti (1984) o beiral da maternidade deverá variar de 1,2 a 1,5 m de largura, para que se evite a insolação direta sobre as gaiolas.

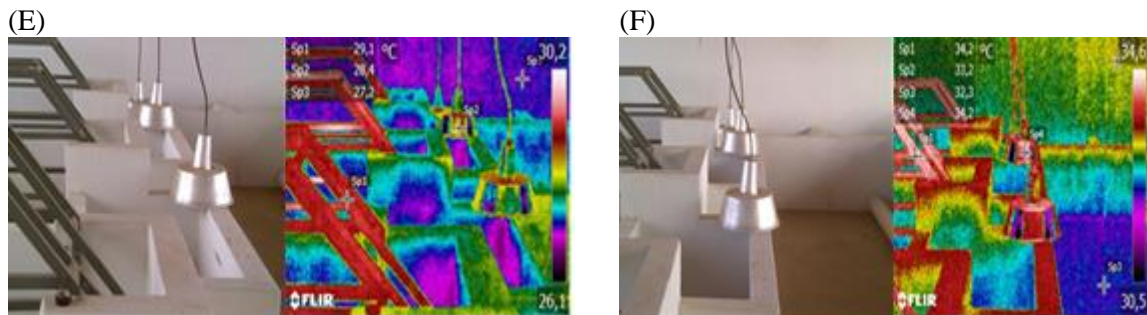


Figura 3 – (E) Galpão de maternidade manhã; (F) Galpão de maternidade à tarde.

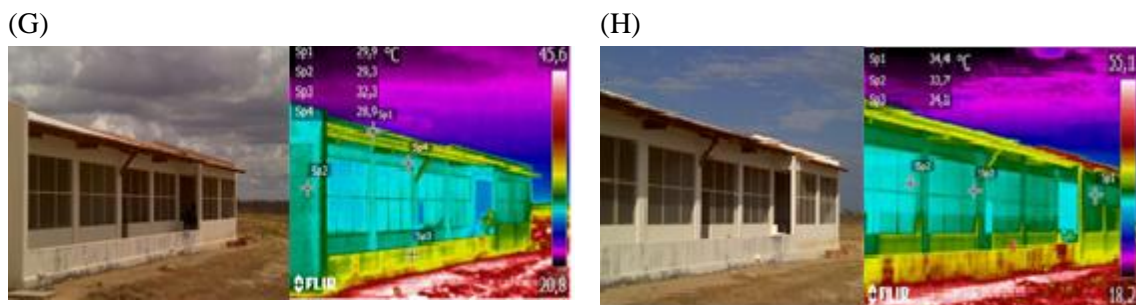


Figura 4 – (G) Lateral sul da instalação manhã; (H) Lateral sul da instalação à tarde.

CONCLUSÕES

Apesar da pintura apresentar uma redução térmica na telha com pintura branca, não foi possível proporcionar condições microclimáticas adequadas para o acondicionamento dos suínos, devido a influência de outras características construtivas, como por exemplo, beiral pequeno, ausência de arborização e sombreamento, construção de lanternim.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COSTA, O. A. D. Avaliação de coberturas de cabanas de maternidade em sistema intensivo de suínos criados ao ar livre (Siscal), no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, p. 1728-1734, 2001.

BRIDI, A. M. **Instalações e ambiência na produção animal**. In: 2º CURSO SOBRE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA. Universidade Estadual de Londrina. Anais. Londrina, 2006.

CAVALCANTI, S. S. **Produção de Suínos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1984. 453p.

FAGHIH, A. K.; BAHADORI, M. N. Solar radiation on domed roofs. **Energy and Buildings**. v.41, p.1238-1245, 2009.

FIGLIOLI, J. et al. Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada à base de embalagens longa vida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.204-209, 2009.

TANGA, R.; ETZION, Y. Cooling performance of roof ponds with gunny bags floating on water surface as compared with a movable insulation. **Renewable Energy**, v.30, p.1373-1385, 2005.

EFEITO DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

Artur Gustavo Muller¹; Alexandra Duarte de Oliveira²; Fernando Antônio Macena da Silva³; Ivanete de Fatima Nascimento⁴; Wênia S. dos Reis Dias⁵

¹ Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, artur.muller@embrapa.br

² Pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, alexandra.duarte@embrapa.br

³ Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, fernando.macena@embrapa.br

⁴ Estudante de graduação em Biologia, no IFB, Planaltina, DF, ivanete.fatima@gmail.com

⁵ Estudante de graduação em Geografia, UEG, Formosa, GO, wenia.dias@colaborador.embrapa.br

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho identificar desempenho de híbridos precoces de milho cultivados em sistema de cultivo direto e convencional. Foram monitorados o acúmulo de matéria seca aérea em área de plantio direto e convencional, para servir de referência para simulação de comportamento da cultura em locais ainda não avaliados. O acompanhamento do desenvolvimento da cultura foi realizado em três dias por semana, as amostragens, para determinação de área foliar e acúmulo de matéria seca aérea, a cada 14 dias e o monitoramento horário e diário dos elementos meteorológicos. As alterações no microclima devido à cobertura de palha no plantio direto não foram suficientes para alterar o ciclo do milho. Foram necessários 1375 graus dia após a emergência para atingir a maturação fisiológica nos dois genótipos e ciclos de cultivo avaliados, porém para o período entre a emergência e o pendoamento ocorreu diferença de 130 graus dia entre estes genótipos e ciclos, o que correspondeu ao período de cinco dias de diferença.

PALAVRAS-CHAVE: graus dia, biomassa, índice de área foliar

EFFECT OF THERMAL CONDITIONS ON CORN GROWTH AND DEVELOPMENT NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL PLANTS SYSTEM

ABSTRACT: The objective of this work was identifying in no-tillage and conventional plants system the thermal needs of corn and its response in biomass accumulation and plants development. This reference can made behavior for simulation models of corn grow. Corn plants developments were monitored in three days a week and samples for determination of leaf area and shoot dry matter accumulation were done every 14 days, in an experiment with no-tillage and conventional system. The weather elements was monitored and registered every time. Changes in microclimate due no-tillage were not sufficient to alter the corn cycle. Corn needed 1375 degrees day after emergence to achieve physiological maturation in the two genotypes and crop cycles evaluated, but the difference between them grow up to 130 degree day or five days between emergence and Male flowering.

KEY-WORDS: degree day, biomass and leaf area index

INTRODUÇÃO

O Cerrado tem um papel significativo para a economia do país, produzindo cerca de 56% da safra de grãos do país (CONAB, 2016), sendo a soja e o milho os principais produtos cultivados. O Distrito Federal tem realidade semelhante ao restante do Cerrado, sendo que somados soja e milho representam cerca de 86% da área plantada com grãos, sendo 65,2 mil

ha cultivados com milho (47,7% da área de grãos), somados a safra e a safrinha (CONAB, 2017).

O milho é cultivado em várias áreas do globo, desde regiões de clima temperado-frio, até regiões quentes, porém, o sucesso da cultura está na dependência de se utilizar períodos mais quentes e com maior incidência de radiação solar na região. A temperatura, a precipitação e a radiação solar são os elementos meteorológicos diretamente relacionados à adaptação, desenvolvimento e a produção eficiente da cultura (EMBRAPA, 2010). Em qualquer vegetal são observados limites de tolerância em relação às temperaturas cardeais (BONHOMME, 2000). Apesar das limitações do fator térmico, muitos trabalhos justificam que a temperatura é a variável que melhor explica estatisticamente a duração fenológica do ciclo das plantas (YANG et al., 1995; SETIYONO et al. 2007).

O plantio direto é prática generalizada na agricultura no Cerrado brasileiro e a cobertura mantida sobre o solo por esta prática altera o albedo da superfície podendo alterar a temperatura local e a velocidade de crescimento e desenvolvimento da cultura. Com base no exposto, o presente trabalho teve por objetivo determinar as necessidades térmicas do milho precoce, a formação de área foliar e o acúmulo de biomassa sob sistema de plantio direto e convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no campo experimental da Embrapa Cerrados, localizado em Planaltina, DF (15°35'33,99" S e 47°44'12,32" W e altitude de 1.035 m). O clima da região é estacional e corresponde ao tipo Aw-tropical chuvoso (Köppen), com presença de verões chuvosos de outubro a março e invernos secos de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1345,8 mm e temperatura média mensal variando de 19,9°C a 23,2°C durante o ano, segundo Silva et al. (2017). O solo da área experimental é classificado como um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2011).

Foram avaliados dois tratamentos com três blocos cada, sendo um plantio direto e outro com preparo convencional. A área experimental foi cultivada com milho 30F53H Pioneer em 2014/15 e 20A55 Agromen em 2015/16, ambos de ciclo precoce. Foram realizadas amostragens destrutivas de 1,5 m², dentro de cada parcela para determinação da área foliar (AF) e acúmulo de matéria seca da parte aérea (MS). A área foliar específica foi estimada a partir das sub-amostragens de uma planta por parcela. O estágio fenológico foi monitorado de acordo com a escala proposta por Fancelli et al. (1997) em dois dias por semana.

Foram retiradas sub amostras, com uma planta cuja área foliar foi determinada em integrador de área foliar para estimativa da área foliar específica, bem como pesadas a matéria seca das folhas da sub amostra e da amostra, para estimativa da área foliar da amostra. Com base na área foliar específica estimada e na superfície de solo ocupada pelas plantas, sendo estimado o índice de área foliar seguindo à equação:

$$IAF = \frac{MSf \cdot AFE}{S} \quad (1)$$

sendo: *IAF* - índice de área foliar

MSf - massa seca de folhas da amostra, g

AFE - área foliar específica em cm².g⁻¹, sendo obtido pela divisão da área de folhas da sub amostra e a massa seca desta.

A estimativa dos graus-dia acumulados (°C.dia⁻¹) após a emergência foi realizada a partir da equação:

$$GDA = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{Tmáx_i - Tmín_i}{2} \right) - Tb \right] \quad (2)$$

sendo: GDA - total de graus-dia acumulados ao longo da fase ou ciclo; n - número de dias da emergência até a fase fenológica considerada; $Tmáx_i$ - temperatura máxima registrada no dia i , °C; $Tmín_i$ - temperatura mínima registrada no dia i , °C e Tb - temperatura base da cultura do milho de 10 °C, de acordo com Pereira et al. (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por estarem nas mesmas condições ambientais, as datas de ocorrência das fases fenológicas no plantio direto e convencional foram idênticas durante os dois anos monitorados; portanto, os resultados da Tabela 1 são representativos dos dois sistemas avaliados. O início da instalação do índice de área foliar foi mais eficiente no segundo ano quando foram necessários apenas 19 dias (253 °dia); já no primeiro ano foram necessários 27 dias (306 °dia), contudo o pendoamento ocorreu antes no primeiro ano de cultivo o que reduziu o período de rápido crescimento da área foliar neste ano. A exigência térmica da cultura para atingir a maturação fisiológica foi semelhante para os dois híbridos plantados em diferentes anos, sendo necessárias apenas 115 e 108 dias o que correspondeu ao acúmulo 1377 e 1372 graus dia (Tabela 1).

Tabela 1. Datas de ocorrência, dias após a emergência (DAE) e graus dia transcorridos em milho 30F53H Pioneer (A) no ciclo de 2014-15 e 20A55 Agromen (B) no ciclo de 2015-2016 em Planaltina - DF.

Fase fenológica	Data		DAE		Soma térmica (°dia)	
	2014-15	2015-16	2014-15	2015-16	2014-15	2015-16
Emergência	04/11	24/11	0	0	0	0
Área foliar 0.5	30/11	12/12	27	19	306	253
Pendoamento	29/12	22/01	55	60	632	762
Início senescência	16/02	28/02	105	97	1239	1235
Maturação fisiológica	27/02	9/03	115	108	1377	1372

A evolução do índice de área foliar durante o ciclo do milho apresenta, inicialmente, tendência de aumento exponencial, aumentando a taxa de instalação da área foliar durante o início do ciclo até atingir a máxima velocidade de instalação. Segue após o período de aumento linear da área foliar que foi maior no primeiro ciclo de cultivo e, conseqüentemente, definiu área foliar máxima superior a definida no ciclo da cultura no ano seguinte. Em seguida, ocorreu o período de manutenção da área foliar do milho até o período de rápida senescência das folhas, que foi semelhante nos dois ciclos seguida da fase de estabilidade no seu valor máximo e finaliza numa abrupta redução após a maturação (Figura 1). Apesar do sistema de plantio convencional apresentar maior velocidade de instalação da área foliar no primeiro ciclo de cultivo, o índice de área foliar máximo instalado não foi significativamente superior ao produzido em plantio direto.

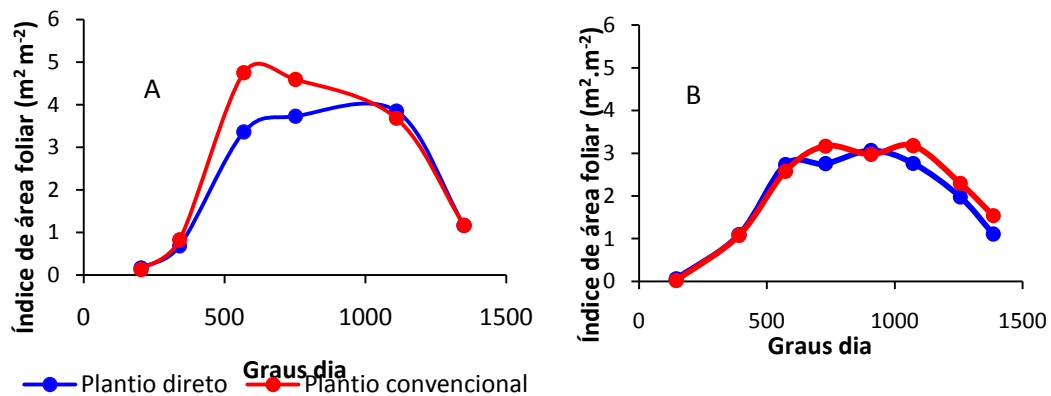


Figura 1. Evolução do Índice de Área Foliar (IAF) com os graus dia transcorridos durante o ciclo do milho 30F53H Pioneer (A) no ciclo de 2014-15 e 20A55 Agromen (B) no ciclo de 2015-2016 em Planaltina - DF.

A Figura 2 apresenta a evolução da matéria seca dos cultivos de milho, nos sistemas de plantio direto e convencional, nos dois ciclos acompanhados. Não foram observadas diferenças significativas de acúmulo de matéria seca aérea entre os sistemas de plantio e os dois ciclos acompanhados. O acúmulo de matéria seca aérea durante o ciclo do milho seguiu uma tendência sigmoide tendo, contudo, suas inflexões antecipadas no primeiro ciclo monitorado.

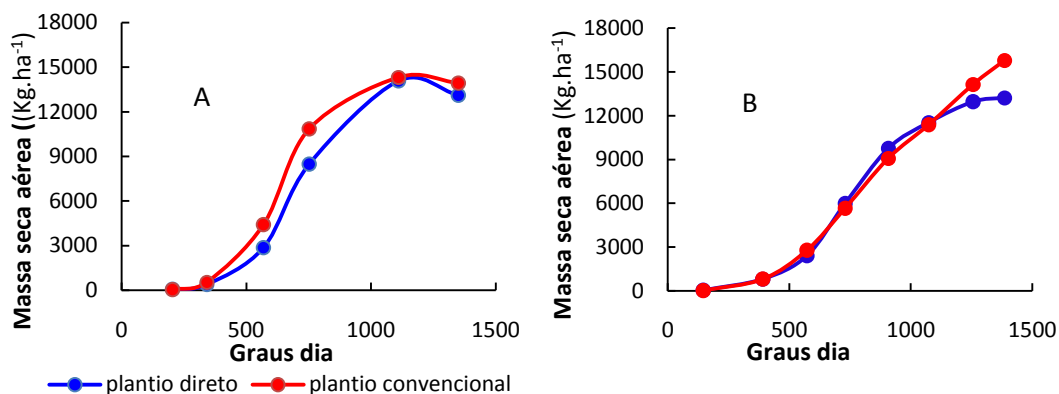


Figura 2. Evolução da massa seca aérea com os graus dia transcorridos em milho 30F53H Pioneer (A) no ciclo de 2014-15 e 20A55 Agromen (B) no ciclo de 2015-2016 em Planaltina - DF.

Por não ter diferença significativa na matéria seca entre os sistemas de preparo e plantio, são apresentados as médias destas para cada ciclo da cultura (Figura 3). A cultura priorizou a produção de folhas e caule do início do ciclo até o pendoamento, quando ocorreu o início da formação da espiga e dos grãos. Após o pendoamento a formação de folhas e caule é estagnada, ocorre sua lenta senescência e o rápido acúmulo de biomassa nos grãos. Ao final do ciclo a senescência aumenta e os grãos reduzem a velocidade de acúmulo de biomassa. Apesar da biomassa total ser semelhante nos dois anos acompanhados a distribuição desta biomassa nos tecidos produzidos foi diferenciada, sendo no primeiro ano agrícola o índice de colheita foi de 50% e no ano seguinte de 39%.

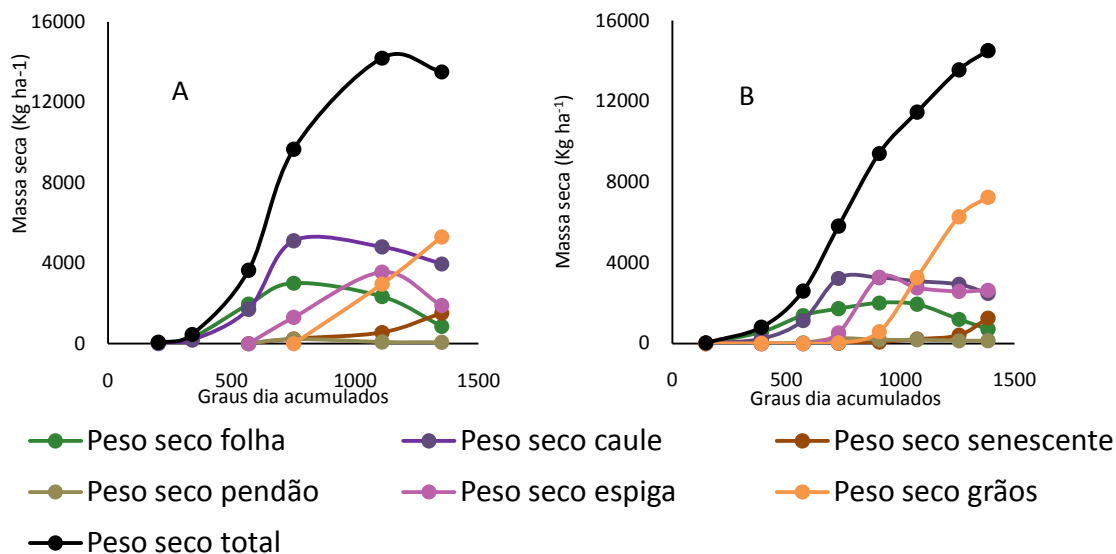


Figura 3. Evolução da massa seca acumulada nas partes que compõe a parte aérea com o transcorrer dos graus dia em milho 30F53H Pioneer (A) no ciclo de 2014-15 e 20A55 Agromen (B) no ciclo de 2015-2016 em Planaltina - DF.

CONCLUSÕES

No presente trabalho as alterações no microclima devido à cobertura de palha no plantio direto não foram suficientes para alterar o ciclo do milho, sendo o desenvolvimento e crescimento da cultura inalterados em relação ao plantio com revolvimento do solo.

A referência de 1375 graus dia após a emergência para atingir a maturação fisiológica foi semelhante para os dois genótipos e ciclos de cultivo, porém o período entre emergência e o pendoamento teve diferença de 130 graus dia entre os genótipos e ciclos de cultivo, o que correspondeu ao período de cinco dias de diferença.

REFERÊNCIAS

BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree day' units. **European Journal of Agronomy**, v.13, n.1, p.1-10, 2000.

CONAB – Companhia Nacional de abastecimento. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_09_00_00_boletim_graos_junho_2016_-_final.pdf. Acesso em: 17 de maio. 2017.

CONAB – Companhia Nacional de abastecimento. https://www.google.com.br/search?q=%C3%A1rea+milho+df&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b&gws_rd=cr&ei=1VccWfnYMcGuwASE16DoAw#safe=off&q=%C3%A1rea+milho+df+conab Acesso em: 17 de maio. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. O cultivo do Milho. Sistemas de Produção, n. 2. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso em: 17 maio 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA–EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

SETIYONO, T. D.; WEISS, A.; SPECHT, J.; BASTIDAS, A. M.; CASSMAN, K. G.; DOBERMANN, A. Understand and modeling the effect of temperature and daylength on soybean phenology under high-yield conditions. **Field Crops Research**, v. 100, p. 257-271, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.011>

YANG, S.; LOGAN, J.; COFFEY, D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree-days. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.74, p.61-74, 1995.

SILVA, F. M. A.da; EVANGELISTA, B. A.; MALAQUIAS, J. V.; MULLER, A. G.; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise temporal de variáveis climáticas monitoradas entre 1974 e 2013 na Estação Principal da Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2017. 340 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 340). No prelo.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, Durval . Fenologia do milho. In: Antonio Luiz Fancelli; Durval Dourado Neto. (Org.). **Tecnologia da Produção de Milho**. 1ed.Piracicaba, SP: Publique, 1997, v. 1, p. 131-140.

ALVIM, K. R. de T. et al. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. **Cienc. Rural** [online]. 2010, vol.40, n.5, pp.1017-1022. ISSN 1678-4596. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010000500003>. Acesso em: 17 maio 2017.

ALTERAÇÕES NO CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES JUREMA BRANCA E ANGICO DEVIDO A EXPOSIÇÃO A PLENO SOL

Fabiana da Conceição Sabino¹, Jéssica Vanessa Góis de Siqueira¹, João Paulo Alves de Barros¹, Thieres George Freire da Silva², Luciana Sandra Bastos de Souza²

¹Graduando na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 59300-000, Serra Talhada-Pernambuco, Brasil, e-mail:fabianasabino1996@gmail.com; jessicasiqueira@hotmail.com; ² Docente na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada/UFRPE-UAST, Serra Talhada-Pernambuco, Brasil, e-mail:sanddrbastos@yahoo.com.br; thigeoprofissional@hotmail.com

RESUMO: Objetivou-se analisar com dados biométricos e de biomassa as alterações no crescimento de plântulas da *Piptadenia stipulacea* (Beth) Duck e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) em decorrência da exposição a pleno sol. O experimento foi conduzido em uma área experimental situada em Serra Talhada, PE. Utilizaram-se sementes da jurema-branca (*Piptadenia stipulacea* (Beth) e angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.)), as quais foram inicialmente semeadas em bandejas sob condições protegidas, dentro de um viveiro coberto com sombrite 70%, sendo posteriormente as mudas expostas ao pleno sol. Para a formação de mudas foram aplicados quatro tratamentos pré-germinativos: Testemunha – T1, escarificação mecânica – T2, escarificação e imersão 24 horas – T3, tratamento térmico com imersão em água a 80°C por 2 minutos – T4. As plantas foram dispostas no delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições, com 15 plantas cada. Para analisar a influência da exposição das plantas ao pleno sol, foram avaliados em três momentos distintos (20, 31 e 49 dias após a semeadura – DAS) os seguintes parâmetros: diâmetro do coleto, número de folhas e altura das plantas. Adicionalmente, aos 49 DAS foi realizada amostragem de biomassa da parte aérea e raízes as quais foram utilizadas para determinação da razão raiz/parte aérea. Sendo considerados nestes casos, 2 plantas por repetição e 8 por tratamento. Foi possível constatar que o crescimento das espécies foi alterado em decorrência da exposição ao pleno sol, sendo os melhores resultados observados para as plântulas formadas a partir dos tratamentos pré-germinativos de escarificação e imersão em água a 80°C por um período de 2 minutos.

PALAVRAS-CHAVE: Crescimento, *Piptadenia stipulacea* (Beth) Duck, *Anadenanthera colubrina* (Vell), pleno sol.

CHANGES IN THE GROWTH OF THE SPECIES JUREMA AND ANGICO DUE TO EXPOSURE TO THE SUN

ABSTRACT: The aims to analyze through biometric data and biomass the changes in seedling growth of *Piptadenia stipulacea* (Beth) Duck and *Anadenanthera colubrina* (Vell.) as a result of exposure to the full sun. The experiment was developed in an experimental area located in Serra Talhada, State of Pernambuco. Seeds of the Jurema were used (*Piptadenia stipulacea* (Beth) and Angico (*Anadenanthera culverin* (Vell)), which were initially sown in trays under protected conditions, within a covered nursery with shade of 70%, subsequently the seedlings exposed to the full sun. For the formation of seedlings were applied four treatments: witness – T1, mechanical scarification – T2, rip and immersion 24 hours – T3, thermal treatment with water immersion at 80 °c for 2 minutes – T4. The plants were arranged in the experimental

design entirely randomized design with four repetitions, with 15 plants each. To analyze the influence of the exposure of plants to the full sun, they were evaluated at three distinct moments (20, 31 and 49 days after sowing – DAS) The following parameters: the diameter of the collected, number of sheets and height of the plants. Additionally, the 49 DAS of the carried out biomass sampling and roots which were used to determine the root/aerial ratio. Being considered in these cases, 2 plants per repetition and 8 per treatment. It was possible to observe that the growth of species was altered as a result of exposure to the full sun and the best results observed for the seedlings formed from the treatments and immersion in water at 80 °c for a period of 2 minutes.

KEY-WORDS: Growth, *Piptadenia stipulace* (Beth) Duck , *Anadenanthera colubrina* (Vell) Brenan.

INTRODUÇÃO

O Semiárido Brasileiro é recoberto pela vegetação de Caatinga e apresenta características climáticas marcantes, como: baixa precipitação, alta insolação e evaporação, que frequentemente culminam em disponibilidade hídrica reduzida (REDDY, 1983; LOIOLA; ROQUE; OLIVEIRA, 2012). Para suportar estas condições os vegetais da caatinga desenvolveram mecanismos de resistência, como a caducifólia, com queda de folhas nos períodos secos (LOIOLA; ROQUE; OLIVEIRA, 2012), e apresentam alta produção de biomassa. Além disso, alguns autores têm destacado a resistência destas em solos degradados, e a possibilidade de configurar-se como alternativa econômica para agricultores (DRUMOND et al., 2008). As espécies *Anadenanthera colubrina* (Vell). Brenan (Angico) e *Piptadenia stipulacea* (Beth) Duck (Jurema branca) são pertencentes à família fabaceae tendo sido utilizadas com as mais diversas finalidades, onde podem se destacar: potencial para paisagismo, silvicultura, recomposição de áreas degradadas por meio de atividades de reflorestamento, dentre outras (FARIAS et al., 2012; FERREIRA et al., 2012). Na formação de mudas, inúmeros trabalhos têm citado a dormência tegumentar destas espécies (FARIAS, 2012), e relatado o uso de diferentes métodos utilizados na quebra de dormência, apesar disso, estas literaturas na maioria das vezes, utilizam apenas informações obtidas em ambientes protegidos. No ambiente natural, no entanto, a exposição à níveis de radiação elevados podem prejudicar a viabilidade destas mudas. Assim, objetivou-se analisar com dados biométricos e de biomassa as alterações no crescimento de plântulas da *Piptadenia stipulacea* (Beth) Duck e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em decorrência da exposição a pleno sol.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada/UAST, localizada no município de Serra Talhada, Pernambuco. O clima da região de acordo com a classificação de Köopen é do tipo Semiárido, com baixos volumes pluviométricos, em torno de 642 mm anuais, temperaturas altas, em torno de 27°C, além de baixa umidade do ar (60%). Analisaram-se as espécies *Piptadenia stipulace* e *Anadenanthera colubrina* (Vell.), cujas sementes foram obtidas por meio de doações da Embrapa Semiárido, do NEMA (Núcleo de Ecologia e Meio Ambiente da UNIVASF) e de coletas em torno do experimento. Estas estiveram inicialmente submetidas a

diferentes tratamentos pré-germinativos: testemunha – T1, escarificação mecânica oposta ao hilo – T2, escarificação e imersão em água por 24 horas – T3, tratamento térmico com imersão em água a 80°C por 2 minutos – T4. Sendo posteriormente, semeadas em bandejas de polipropileno, contendo solo e vermiculita, e conduzidas em ambiente protegido com sombrite 70%. As mudas foram expostas em condições naturais aos 31 dias após a semeadura, para tanto, sendo realizado um período de adaptação onde as plantas passavam parte do dia a pleno sol e eram conduzidas de volta para o viveiro. Após este período as mudas permaneceram durante todo o dia ao pleno sol. Para analisar a interferência desta nova condição no desenvolvimento das plantas, foram realizadas análises biométricas (aos 20, 31 e 49 dias após a semeadura, correspondendo neste caso, as condições anterior e posterior à exposição das plantas à pleno sol) e de biomassa da planta para obtenção de valores de matéria seca (aos 49 dias após a semeadura). Em cada situação, foram consideradas quatro repetições com duas plantas por repetição, totalizando oito indivíduos. Na biometria, foram efetuadas medições do diâmetro do coleto, altura da planta e número de folhas completamente expandidas. Já para a biomassa, as plantas foram alocadas dentro de sacos de papel e levados a estufa com ventilação forçada por 48 horas, sendo pesadas com uma balança analítica para obtenção dos dados de matéria seca. Foi realizada análise estatística dos dados além da aplicação do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados biométricos para as duas espécies permite inferir que o angico apresentou resistência à exposição à pleno sol, apresentando incremento tanto na altura (Figura 1 a) quanto no número de folhas (Figura 1 c), para todas as plantas formadas a partir dos diferentes tratamentos pré-germinativos. Neste caso foi observada interação entre os fatores (tratamentos pré-germinativos e espécies) para a altura e o número de folhas. No caso do diâmetro do coleto não foi verificada significância para espécie. Para a jurema e o angico foi observado que as plântulas formadas a partir dos tratamentos pré-germinativos T2 e T4 se sobressaíram em relação aos demais, neste caso (Figura 1), mesmo tendo sido observadas as maiores magnitudes dos valores para todos os parâmetros analisados nas plântulas formadas a partir do tratamento T4 estas não se diferiram do T2 ($p < 0,05$). A jurema apesar de ter demonstrado incremento do seu crescimento, por meio da altura (Figura 1b) e diâmetro do coleto (Figura 1f), mostrou uma sensibilidade à exposição inicial a pleno sol, notada pela senescência foliar (Figura 1d), o que está possivelmente associada a uma menor exposição das suas estruturas à atmosfera como um mecanismo de reduzir as perdas de água por transpiração. Além disso, as folhas compreendem o principal órgão para realização da fotossíntese e ganho de carbono pela planta, de modo que em condições protegidas sua quantidade pode ser alterada para maximização do processo (OSUNKOYA et al., 1994). Estes resultados estão de acordo com o observado por FERREIRA et al. (2012), que estudando o crescimento da *Piptadenia stipulacea* sob diferentes condições de luminosidade apresentou aumento da altura e diâmetro em função do incremento da radiação. E podem ser explicados devido ao fato de esta espécie ser exigente em luminosidade.

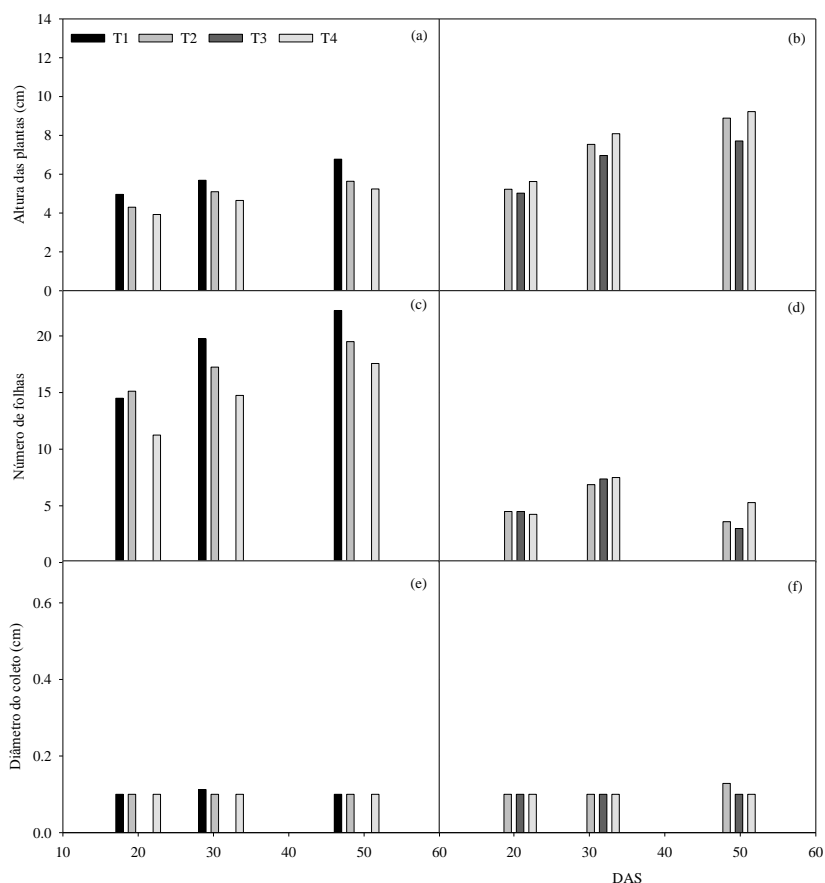


Figura 1. Comportamento da altura da planta (a e b), número de folhas (c e d) e diâmetro do coleto (e e f) para as espécies angico (a, c e e), jurema (b, d e f) em decorrência da exposição ao pleno sol de mudas formadas a partir de diferentes tratamentos pré-germinativos, Serra Talhada – PE, 2016.

Quando se analisaram os efeitos na biomassa das espécies, pode-se constatar maior acúmulo de biomassa para o angico (T1 = 0,18g, T2 = 0,25g e T4 = 0,19g) em detrimento a jurema (T2 = 0,27g, T3 = 0,21g e T4 = 0,22g). Neste último caso, maior alocação de biomassa foi observada para a parte aérea especialmente nos tratamentos T2 e T4 (relação raiz/parte aérea: T2 = 0,59, T3 = 0,91 e T4 = 0,57. Já o angico destinou maior biomassa para as raízes em detrimento da parte aérea (relação raiz/parte aérea: T1 = 1,29, T2 = 1,27 e T4 = 0,9), isto se deve ao fato de esta espécie apresentar acúmulo de substâncias no seu sistema radicular com formação de pequenos tubérculos (SAMOR et al., 2002).

CONCLUSÃO

A exposição ao pleno sol alterou o crescimento de plântulas de jurema e angico formadas a partir dos diferentes tratamentos pré-germinativos; Os melhores desempenhos da exposição às condições naturais foram observados para as plântulas formadas a partir dos tratamentos pré-germinativos de escarificação e imersão em água a 80°C por um período de 2 minutos.

REFERÊNCIAS

DRUMOND, M. A; PIRES, I. E; OLIVEIRA, V. R; OLIVEIRA, A. R; ALVAREZ, I. A. Produção e distribuição de biomassa de espécies arbóreas no semiárido brasileiro. **Revista árvore**, v.32, n.4, p. 665-667, 2008.

FARIAS, R. M.de.; FREITAS, R. M. O.de.; NOQUEIRA, N. W.; BOMBROSKI, J. L. Superação de dormência em sementes de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*). **Revista de Ciências Agrária**, Mossoró, v.56, n.2, p. 160-165, 2013.

FERREIRA, N. W.; ZANDAVALLI. B. R.; BEZERRA, E. M. A.; FILHO, M. S. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botânica Brasilica**, v.26, n.2, p.408-414, 2012.

LOIOLA, B. I. M.; ROQUE, A. de. A.; OLIVEIRA, P. de. Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro. **Ecologia**, p.14-19, 2012.

OSUNKOYA, O.O.; ASH, J.E.; HOPKINS, M.S.; GRAHAM, A.W. Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance in northern Queensland. **Journal of Ecology**, v. 82, p. 149-163, 1994.

SÂMOR, J. M; CARNEIRO, J. G. DE ARAÚJO; BARROSO, D. G; LELES; P. S. DOS SANTOS. Qualidade de mudas de angico e sesbânia, produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v. 26, n. 2, p. 209-215, 2002.

MODELAGEM DE MATEMÁTICA PARA A ESTIMATIVA DA FREQUENCIA GERMINAÇÃO DE *Piptadenia stipulacea* E *Anadenanthera colubrina*

Maiara Tatiane Lima Silva¹, Jéssica Vanessa Góis de Siqueira¹, João Paulo Alves de Barros¹, Thieres George Freire da Silva², Luciana Sandra Bastos Souza²

¹ Graduando na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada/UFRPE-UAST, 59300-000, Serra Talhada-Pernambuco, Brasil, e-mail: maiaralima309@gmail.com; ² Docente na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada/UFRPE-UAST, 59300-000, Serra Talhada-Pernambuco, Brasil, e-mail: thigeoprofissional@hotmail.com; sanddrabastos@yahoo.com.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi analisar o ajuste de modelos matemáticos aos dados de frequência de germinação das espécies Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) (Benth.) Ducke e Angico (*Anadenanthera colubrina*) (Vell.) Brenan. O estudo foi conduzido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, sendo utilizadas as espécies Angico (*Anadenanthera colubrina*) (Vell.) Brenan e Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) (Benth.) Ducke. As mesmas foram semeadas no segundo semestre de 2016, em bandejas contendo solo e vermiculita, com reposições de água realizadas diariamente. Após a semeadura realizaram-se contagens diárias do número de sementes germinadas para contabilização da frequência. Adicionalmente, estas informações foram utilizadas como dados de entrada em consonância dos dias após a semeadura para averiguação de seu ajuste ao modelo Gaussiano de três parâmetros. Este por sua vez foi analisado por meio da aplicabilidade dos índices estatísticos: coeficientes de correlação e de determinação, índice de Wilmont (d) e o coeficiente de desempenho (c). Constatou-se que o modelo Gaussiano de três parâmetros apresentou excelente desempenho quando ajustado aos dados de frequência de germinação das espécies angico e jurema-branca.

PALAVRAS-CHAVE: Jurema-branca, Angico, Modelos de ajuste.

MATHEMATICAL MODELING FOR THE FREQUENCY ESTIMATION GERMINATION OF *Piptadenia stipulacea* E *Anadenanthera colubrina*

ABSTRACT: The objective of this work was to analyze the fit of mathematical models to the frequency data of germination of the species Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) (Benth.) Ducke and Angico (*Anadenanthera colubrina*) (Vell.) Brenan. The study was conducted at the Serra Talhada Academic Unit, using Angico (*Anadenanthera colubrina*) (Vell.) Brenan and Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) (Benth.) Ducke. They were sown in the second half of 2016, in trays containing soil and vermiculite, with daily water replenishment. After sowing, daily counts of germinated seeds were counted for frequency counting. In addition, this information was used as input data in the consonance of the days after sowing to verify its fit to the three parameter Gaussian model. This in turn was analyzed through the applicability of the statistical indices: correlation coefficients and determination, Wilmont index (d) and coefficient of performance (c). It was verified that the three-parameter Gaussian model presented excellent performance when adjusted to the germination frequency data of the angico and jurema-branca species.

KEY-WORDS: Jurema-branca, Angico, Adjustment models.

INTRODUÇÃO

As espécies Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) (Benth.) Ducke e Angico (*Anadenanthera colubrina*) (Vell.) Brenan são nativas da Caatinga e apresentam importância ecológica além de serem utilizadas com finalidades econômicas logo que, possuem potencial madeireiro, forrageiro e medicinal, podendo ser utilizadas inclusive em recuperação de área degradadas (FARIAS et al., 2013; FERREIRA et al., 2012). Ambas são pertencentes a família Fabaceae, cuja maioria das espécies apresentam sementes com dormência tegumentar, mecanismo que permite a sua germinação apenas em condições favoráveis, que podem ser viabilizadas por meio do uso de diferentes métodos (COSTA et al., 2010; DEMINICIS et al., 2006; COELHO et al., 2010). A germinação de sementes tem sido estudada por diferentes autores. E o uso de modelos matemáticos pode ser interessante para permitir a simulação de processos de modo simples. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho analisar o ajuste de modelos matemáticos aos dados de frequência de germinação das espécies Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) (Benth.) Ducke e Angico (*Anadenanthera colubrina*) (Vell.) Brenan.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no segundo semestre de 2016 utilizando-se sementes de angico (*Anadenanthera colubrina*) (Vell.) Brenan e Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) (Benth.) Ducke. O mesmo foi desenvolvido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, localizada às coordenadas 07° 95'42" S, 38° 29'50" O e altitude 499 m. O clima da região é Semiárido, onde observam-se temperaturas médias altas, umidade relativa do ar baixa e precipitação média anual igual a 642 mm (PEREIRA et al., 2015).

As sementes foram dispostas em bandejas de polipropileno contendo o solo e vermiculita, utilizada para manter a umidade das irrigações realizadas diariamente. As bandejas foram colocadas em um viveiro com estrutura de madeira e coberto por sombrite 70%. Aos 20 dias após a germinação, as mudas das duas espécies foram transplantadas para recipientes de polipropileno de 300 mL que foram previamente furados para drenagem da água, os quais continham o mesmo substrato utilizado nas bandejas.

Foram realizadas as contagens diárias das sementes germinadas, que foram utilizadas na determinação da frequência de sementes germinadas. Estas informações foram ajustadas ao modelo Gaussiano de três parâmetros, usando como variável independente os dias após a semeadura (DAS). Após ajustes, foram adotados índices estatísticos para avaliar a adequabilidade do modelo, sendo utilizados neste caso: coeficientes de determinação e de correlação, o índice de Wilmont (d) e o coeficiente de desempenho (c) proposto por Carmago e Sentelhas (1997) (c) (SOUZA et al., 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o angico o modelo Gaussiano de 3 parâmetros apresentou um pico de germinação no DAS=3, com cerca de 30 sementes nesse período, porém no intervalo de DAS=3 e DAS=5 houve um decréscimo na taxa de germinação dessa espécie até que nenhuma semente mais emergiu entre os 5 e 20 DAS (Figura 1a). Para a Jurema foi observada germinação em torno de 3 DAS, com cerca de 16 unidades germinadas (Figura 1b).

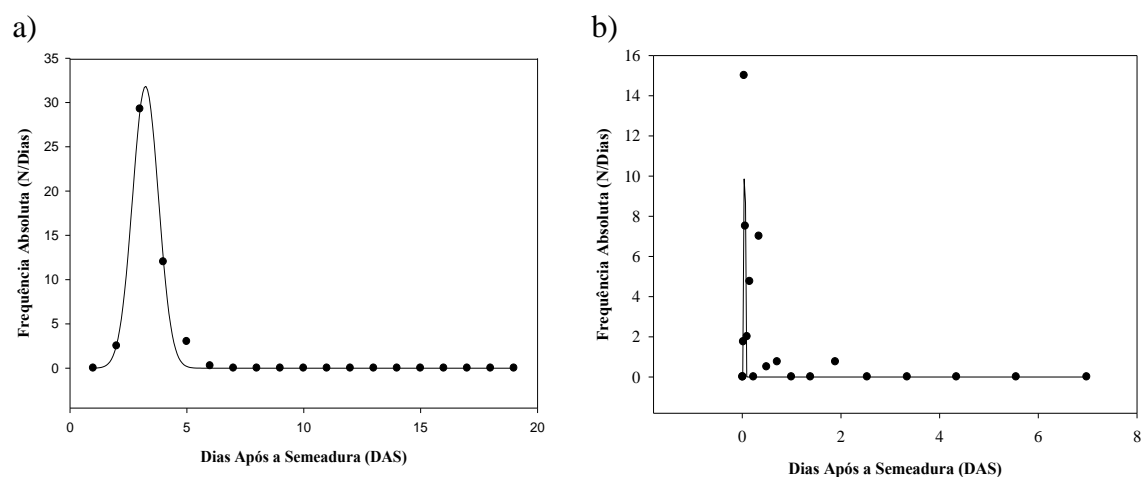


Figura 1. Comportamento dos dados ajustados à frequência absoluta de germinação do Angico *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (a) e Jurema-Branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke (b) usando o modelo Gaussiano de 3 parâmetros a partir dos Dias Após a Semeadura (DAS).

Os valores das constantes estatísticas evidenciaram um bom desempenho do modelo Gaussiano para a simulação da germinação das duas espécies estudadas, este sendo classificado como “muito bom” a partir dos valores do coeficiente de Camargo e Sentelhas (1997) ($c < 0,99$) (Tabela 1), além disso, os parâmetros do modelo apresentam valores altamente significativos ($p < 0,0001$) (Tabela 1). Adicionalmente, a relação dos valores estimados e observados para a germinação de sementes de Jurema-Branca se deu numa escala de 100% com base no valor do coeficiente “d”, enfatizando que este modelo pode explicar esse fenômeno biológico de maneira satisfatória, mesmo com os parâmetros mais simples apresentando valores mais reduzidos em relação a estes complexos. Em estudos dessa natureza, modelos se tornam altamente necessários para compreender a biologia inicial de plantas, como é o caso do estudo de Cardoso e Pereira (2008) que ajustaram a curva de Weibull de 4 parâmetros relacionando frequência relativa de germinação em relação ao potencial hídrico de *Drymaria cordata* (L.) Willd. ex Roem & Schult. Outra aplicação encontra-se nos estudos de Farias et al. (2009) que utilizou equações polinomiais decrescentes para explicar que o estresse salino e hídrico influencia diretamente na diminuição da frequência relativa da germinação em *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.

Tabela 1. Parâmetros do modelo (M) e índices estatísticos de validação para o uso do modelo Gaussiano de 3 parâmetros (G3) ajustados à germinação do Angico *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (a) e Jurema-Branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke usando como variável independente (VI) Dias Após a Semeadura ($p < 0,0001$).

M	VI	Parâmetros do modelo						
		Angico			Jurema			
		a	x0	b	a	x0	b	
	DAS	31,83	3,23	0,55	20,44	0,05	0,02	
G3	Parâmetros de validação							
	Angico				Jurema			
	R	r ²	d	c	R	r ²	d	c
	0,99	0,99	0,99	0,99	0,85	0,72	0,99	0,99

CONCLUSÕES

O modelo Gaussiano de três parâmetros apresentou excelente desempenho quando ajustado aos dados de frequência de germinação das espécies angico e jurema-branca.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, V. J. M.; PEREIRA, F. J. M. Germinação de sementes de *Drymaria cordata* (L.) Willd. ex Roem & Schult.: efeito do potencial hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.31, n.2, p.253-261, 2008.

COELHO, M. F. B. et al. **Superação da dormência tegumentar em sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart ex Tul.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 5, n. 1, p. 74-79, 2010.

COSTA, P. A. et al. **Quebra de dormência em sementes de *Adenanthera pavonina* L.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 83-88, 2010.

DEMINICIS, B. B. et al. **Superação da dormência de sementes de oito leguminosas forrageiras tropicais.** Archivos de Zootecnia, Córdoba, v. 55, n. 212, p. 401-404, 2006.

FARIAS, R, MARTINS DE. et al. Superação de dormência em sementes de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*). **Revista de Ciências Agrária**, Universidade Federal do Semiárido, Mossoró, v.56, n.2, p. 160-165, 2013.

FARIAS, S. G. G. et al. Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de gliricidia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.152-157, 2009.

FERREIRA, N. W. et al. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Botânica Brasilica**, Belo Horizonte, n.26, v.2, p.408-414, 2012

PEREIRA, P. C. et al. Morfogênese da Palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184 – 195, jul. – set., 2015

SOUZA, A.P. et al. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 3, p. 219-228, 2011.

INFLUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO A PLENO SOL EM PLÂNTULAS DE MULUNGU *Erythrina velutina* (Willd)

Fabiana da Conceição Sabino¹, Maiara Tatiane de Lima¹, Yara Panta de Araújo¹, Thieres George Freire da Silva², Luciana Sandra Bastos de Souza²

¹Graduando na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 59300-000, Serra Talhada-Pernambuco, Brasil, e-mail:fabianasabino1996@gmail.com; ² Docente na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada/UFRPE-UAST, 59300-000, Serra Talhada-Pernambuco, Brasil, e-mail:thigeoprofissional@hotmail.com; sanddrabastos@yahoo.com.br

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho analisar os efeitos da exposição a pleno sol de plântulas de mulungu na sua biometria e biomassa formadas a partir de diferentes tratamentos pré-germinativos. Para tanto, foi conduzido um experimento durante o período de 17 de maio à 05 de julho de 2016 na Unidade Acadêmica de Serra Talhada/UAST. Foram utilizadas sementes de mulungu *Erythrina velutina* (Willd), submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos: Testemunha – T1, escarificação mecânica – T2, escarificação com posterior imersão em água por 24 horas – T3, tratamento térmico com imersão em água a 80°C por 2 minutos – T4. Estas foram semeadas em bandejas de polipropileno contendo solo coberto com vermiculita e posteriormente transplantadas para recipientes com capacidade para 300 mL. Para analisar a influência da exposição das plântulas a condição de pleno sol foram realizadas análises biométricas aos 20, 31 e 49 dias após a semeadura (DAS) e de biomassa aos 49 DAS, com as quais obtiveram-se os seguintes parâmetros: diâmetro do coleto, número de folhas, altura, comprimento e volume de raízes, biomassa seca da parte aérea e raiz. As análises consideraram quatro repetições com duas plantas por repetição. Constatou-se que o mulungu apresentou grande resistência à exposição ao pleno sol, especialmente quando as plântulas foram formadas a partir dos tratamentos pré-germinativos T2 e T4.

PALAVRAS-CHAVE: Biometria, dormência, *Erythrina velutina* (Willd), pleno sol, quebra de plântulas.

INFLUENCE OF EXPOSURE TO FULL SUN IN SEEDLINGS OF *Mulungu Erythrina velutina* (Willd)

ABSTRACT: It aimed at this work to analyze the effects of the exhibition full sun of Mulungu seedlings in its biometrics and biomass formed from different pré-germinativos treatments. For this, an experiment was conducted during the period from May 17 to July 05, 2016 in the Serra carved/UAST academic unit. Seeds of Mulungu *Erythrina velutina* (Willd) were used, subjected to different treatments Pré-germinativos: witness – T1, mechanical rip-T2, rip with subsequent immersion in water for 24 hours – T3, thermal treatment with water immersion at 80 °c for 2 minutes – T4. These were sown in polypropylene trays containing soil covered with vermiculite and subsequently transplanted into containers with capacity for 300 ml. To analyze the influence of the exposure of the seedlings the full sun condition were carried out biometric analyses (at 20, 31 and 49 days after sowing and biomass (at 49 das), with which the following parameters were obtained: the diameter of the collected, number of sheets, height, length and volume of roots, dry biomass of the air and root. The analyses

considered four repetitions with two plants per repeat. It was found that the Mulungu presented great resistance to exposure to the sun, especially when the seedlings were formed from the treatments Pré-germinativos T2 and T4.

KEY-WORDS: Biometrics, *Erythrina velutina* (Willd), Full sun, numbness breaks, seedlings.

INTRODUÇÃO

Erythrina velutina (Willd), comumente chamado de mulungu, é uma fabaceae de porte arbóreo, nativa da caatinga, que apresenta características de planta decídua e heliófila, sendo empregada na medicina, paisagismo e recomposição de ambientes degradados, em vista do rápido desenvolvimento da espécie (PEREIRA et al., 2014).

A exposição de plântulas ao ambiente natural favorece a aclimação aos diferentes níveis de irradiância, característica essencial para a utilização de espécies em programas de reflorestamento (GONÇALVES et al., 2012). Entretanto, no início de seu estabelecimento essa exposição pode desencadear respostas morfo-fisiológicas às condições ambientais, que culminam com alterações no desenvolvimento das espécies (ALMEIDA et al., 2014). De acordo com Lenhard et al. (2013), essa variação é dependente da espécie analisada, visto que podem apresentar tolerância ou não a alta exposição de radiação. Para Kitao et al. (2000), a exposição prolongada de plantas a altas intensidades de radiação podem prejudicar o aparelho fotossintetizante, podendo inclusive causar a morte da planta. Para o mulungu *Erythrina velutina* (Willd), informações desta natureza são escassas e podem ser úteis para melhor compreensão da dinâmica de crescimento das espécies além de servir de base para o manejo mais adequado na produção de mudas.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos da exposição a pleno sol em plântulas de mulungu (*Erythrina velutina* (Willd)) formadas a partir de diferentes tratamentos pré-germinativos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um viveiro coberto com sombrite 70% e localizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, município de Serra Talhada, Pernambuco. A rigidez dos elementos meteorológicos culmina com demanda atmosférica elevada e balanço hídrico negativo na região (PEREIRA et al., 2015).

Foram utilizadas sementes de mulungu *Erythrina velutina* (Willd) as quais foram doadas pela Embrapa Semiárido. As mesmas foram submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos: testemunha – T1, escarificação mecânica oposta ao hilo – T2, escarificação e imersão em água por 24 horas – T3, tratamento térmico com imersão em água a 80°C por 2 minutos – T4. Sendo semeadas em bandejas com 128 células preenchidas com solo coberto com vermiculita. As reposições de água foram efetuadas diariamente e 30 dias após o plantio as plântulas foram expostas à condições de pleno sol.

Para inferir sobre os efeitos desta exposição no desenvolvimento da espécie foram realizadas análises biométricas (aos 20, 30 e 49 dias após a semeadura) com medições da altura, diâmetro do coleto e número de folhas e biomassa (aos 49 dias após a semeadura) para determinação da matéria seca acumulada da parte aérea e raiz e posterior cálculo da razão raiz/parte aérea. Os dados foram analisados estatisticamente

de maneira descritiva, com cálculo de média, desvio padrão e variância, comparados por meio da ANOVA, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises biométricas para o mulungu (*Erythrina velutina* (Willd) demonstraram um crescimento rápido e acentuado, próprio das características desta espécie (PEREIRA et al., 2014).

Quando se analisou a altura das plantas sob a exposição ao pleno sol a partir de diferentes tratamentos pré-germinativos, pode-se constatar que a altura foi mais pronunciada nas plantas formada a partir do tratamento T3 o qual não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao T2 (Figura 1). Comportamento semelhante ao observado para o número de folhas.

Quando expostas ao pleno sol, pode-se constatar uma redução na altura e número de folhas para todos os tratamentos com exceção do T3 e T2 (Figura 1 a e b). Isto sugere que estes tratamentos promoveram a formação de plântulas mais resistentes às condições de pleno sol, e demonstram ainda que a escarificação mecânica rompeu a dormência tegumentar, observada em espécies da família leguminosae otimizando a germinação de plântulas desta espécie (RISSI; JUNIOR, 2017).

Este comportamento refletiu na formação de biomassa total da plântula a qual atingiu valores iguais 0,55g, 0,89g, 1,06g e 0,41g para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Já o percentual de biomassa destinado a formação de raízes foi de apenas 34%, 31%, 38% e 71% para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 na ordem em que foram mencionados. Boa adaptação desta espécie a pleno sol foi relatada por Melo e Cunha (2008), de acordo com os quais esta é a melhor condição para produção de mudas.

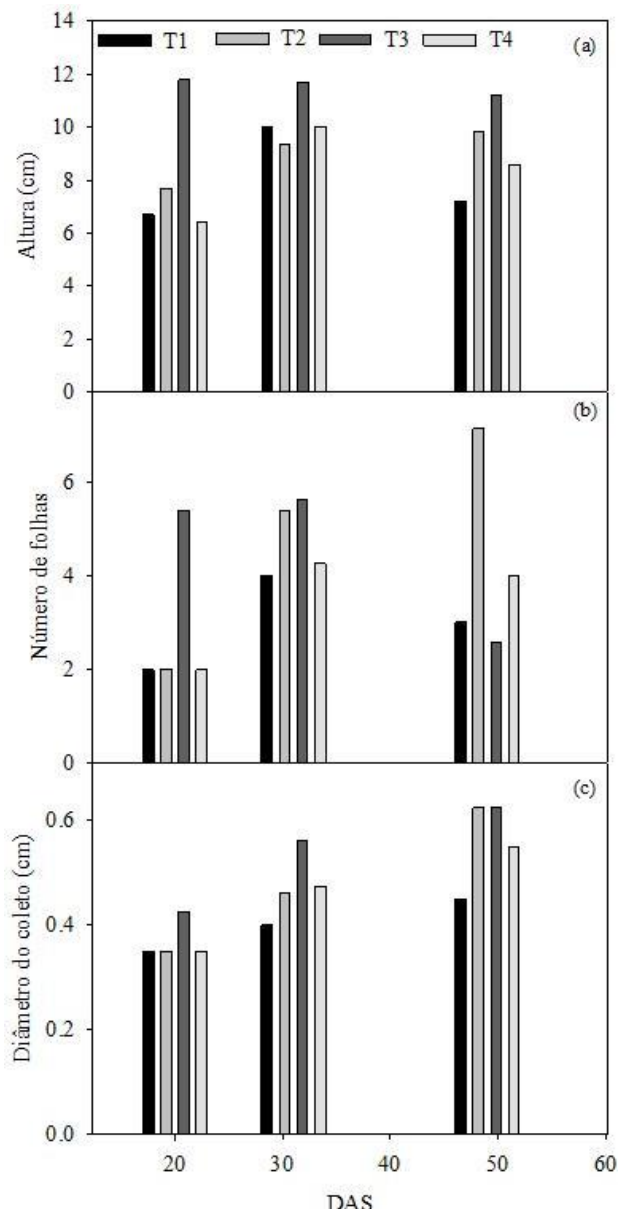


Figura 1. Comportamento da altura da planta (a), número de folhas (b) e diâmetro do coleto (c) para o mulungu em decorrência da exposição de mudas formadas a partir de diferentes tratamentos pré-germinativos ao pleno sol, Serra Talhada – PE, 2016.

CONCLUSÃO

O mulungu apresentou grande resistência à exposição ao pleno sol, especialmente quando as plântulas foram formadas a partir dos tratamentos pré-germinativos T2 e T3.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. P. de. et al. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. Submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.83-88, 2004.

DRUMOND, M. A. et al. **Produção e distribuição de biomassa de espécies arbóreas no semiárido brasileiro**. Revista árvore, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, v.32, n.4, p. 665-667, 2008.

KITAO, M. et al. Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with diferente successional traits raised under various light regimes. Plant, Cell & Environment, v.33.p.81-89, 2000.

LENHARD, N. R. et al. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43. n. 2. p. 178-186, 2013.

MELO, R.R.; CUNHA, M.C.L. Crescimento inicial de mudas de mulungu (*Erythrina velutina* Wild.) sob diferentes níveis de luminosidade. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 4, n. 1, 2008.

PEREIRA, K. T. O. et al. **Crescimento de mudas mulungu (*Erythrina velutina* Willd.) submetidas a níveis crescentes de fertilizantes**. II INOVAGRI INTERNACIONAL MEETING, Fortaleza, 2014.

PEREIRA, P. C. et al. Morfogênese da Palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184-195, 2015.

RISSI, R. do. N.; JUNIOR GALDIANO, R. F. Escarificação de sementes e quebra de dormência de mulungu (*Erythrina velutina* WILL. – LEGUMINOSAE). Disponível em: <http://unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistabiologia/sumario/15/30042011081626.pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2017.

INFLUÊNCIA DO FENÔMENO ENOS NO REGIME PLUVIAL NO OESTE DO PARANÁ

Luiz Gustavo Batista Ferreira¹, Paulo Henrique Caramori², Heverly Morais³, Pablo Ricardo Nitsche⁴

¹ MSc, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná, luiz.gustavo@agronomo.eng.br; ² Pesquisador, Dr, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná, phcaramori@gmail.com; ³ Pesquisadora, Dra, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná, heverlymorais@gmail.com; ⁴ MSc, Pesquisador, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná, pablonitsche@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos do fenômeno ENOS, nas fases de La Niña (LN) e El Niño (EN), nos municípios de Guaíra, Toledo e Catanduvas, localizados no Oeste do estado do Paraná. As séries históricas dos dados compreendem de 1977 a 2016 e foram obtidas das estações pluviométricas do Instituto das Águas do Paraná. Foram determinadas as frequências de ocorrências de chuvas abaixo e acima da média ao longo da série histórica dos dados analisados. Foi utilizado o Índice ONI (Oceanic Niño Index) para caracterizar as ocorrências de EN, LN e anos Neutros (N). Os anos com EN de maior intensidade foram 1982, 1983, 1997, 1998, 2015 e 2016, enquanto os de LN foram 1984, 1985, 1988, 1989, 1999, 2007, 2011 e 2012. Verificou-se que quando houve maior intensidade e persistência do fenômeno (EN ou LN), geralmente ocorreram maiores anomalias (positiva ou negativa) na precipitação. Concluiu-se que as anomalias na precipitação dos municípios em estudo em relação às médias histórica foram causadas, sobretudo, pela atuação e intensidade do fenômeno ENOS.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade climática. Índice ONI. Anomalia da precipitação.

INFLUENCE OF THE ENSO PHENOMENON IN THE PLUVIAL REGIME IN THE WEST OF PARANÁ STATE

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effects of the ENSO phenomenon, in the La Niña (LN) and El Niño (EN) phases, in the municipalities of Guaíra, Toledo and Catanduvas. The historical data series comprised from 1977 to 2016 and were obtained from the pluviometric stations of the Parana State Water Institute. The frequencies of below and above average rainfall events were determined along the historical series of the data analyzed. The ONI Index (Oceanic Niño Index) was used to characterize the occurrences of EN, LN and Neutral years (N). The years with higher intensity of EN were 1982, 1983, 1997, 1998, 2015 and 2016, while those of LN were 1984, 1985, 1988, 1989, 1999, 2007, 2011 and 2012. It was verified that when there was greater intensity and persistence of the phenomenon (EN or LN), there were generally greater anomalies (positive or negative) in the precipitation. This work concludes that the precipitation anomalies in the municipalities were caused, mainly, by the actuation and intensity of the ENSO phenomenon.

KEY-WORDS: Climatic variability. Index ONI. Precipitation anomaly.

INTRODUÇÃO

O fenômeno El Niño Oscilação Sul - ENOS é responsável por anomalias na quantidade e distribuição de chuvas no Brasil (CUNHA, 1999).

No Sul e Sudeste do Brasil, a fase quente ou positiva, denominada El Niño, causa aumento na quantidade de chuvas, enquanto no Norte e Nordeste, ocorre diminuição (TRENBERTH, 1997). A fase fria ou negativa, denominada La Niña (LN), é responsável pela diminuição de chuvas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, com maiores riscos de veranicos, enquanto nas regiões Norte e Nordeste, há aumento nas alturas de chuvas com maiores riscos de enchentes (CARAMORI et al., 2015; FERREIRA et al., 2017). Em escalas locais ou regionais pode haver grande variabilidade nos padrões de precipitação, dependendo da intensidade do fenômeno ENOS, duração e interação com outros fatores de variabilidade climática.

O objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade das chuvas associadas às fases EN e LN do ENOS no Oeste do Paraná, Região Sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisadas as variações interanuais do fenômeno ENOS e seus impactos nas chuvas, na série histórica de 1977 a 2016. Os dados foram fornecidos pelo Instituto das Águas do Paraná. De 1977 a 2015 ocorreram eventos marcantes do El Niño (1976, 1977, 1982, 1986, 1991, 1992, 1993, 1994, 1997 e 1998), assim como da La Niña (1988, 1995, 1996, 1999, 2000, 2001, 2008 e 2010). Foram analisados separadamente os anos com El Niño (EN) e La Niña (LN) (NOAA, 2017).

Foram escolhidas para o estudo as estações pluviométricas localizadas nos municípios Guaíra, Toledo e Catanduvas, no Oeste do Paraná. Foram determinadas as frequências de ocorrências de chuvas abaixo e acima da média ao longo da série histórica dos dados analisados, conforme a metodologia apresentada por Cunha (1999).

Foi utilizado o Índice ONI (Oceanic Niño Index) para caracterizar as ocorrências de EN, LN e anos Neutros (N). O ONI representa médias trimestrais móveis de anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) na região do Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W), sobre o Pacífico Equatorial Tropical. Quando a diferença da TSM é superior a 0,5°C por pelo menos 5 trimestres móveis (vermelho) caracteriza-se EN, enquanto que sendo inferior a 0,5°C (azul) por pelo menos 5 períodos consecutivos caracteriza LN. Diferenças inferiores a $\pm 0,5^\circ\text{C}$ correspondem à condição N (NOAA, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os desvios de precipitação anual em relação à média histórica, no período de 1977 a 2015, nas estações de Guaíra, Toledo e Catanduvas e atuação do fenômeno ENOS com base no índice ONI (NOAA, 2017).

As médias anuais de precipitação em Guaíra, Toledo e Catanduvas foram, respectivamente, 1624 mm, 1843 mm e 1910 mm.

Tabela 1. Desvios da precipitação anual (mm) em relação ao fenômeno ENOS: EN = vermelho, LN = azul, Neutro = cinza. Valores negativos representam chuvas abaixo da média e positivos, acima da média.

Ano	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Guaira	Toledo	Catanduvras
1977	EN	EN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	EN	- 384	- 678	- 413
1978	EN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	- 755	- 827	- 693
1979	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	463	286	85
1980	EN	EN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	- 202	- 161	- 253
1981	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	- 208	- 93	- 362
1982	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	163	- 82	290
1983	EN	EN	EN	EN	EN	EN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	728	785	306
1984	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	- 47	- 378	- 445
1985	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	- 599	- 542	- 688
1986	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	EN	92	149	- 242
1987	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	- 77	- 197	- 81
1988	EN	EN	Neutro	Neutro	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	- 379	- 582	- 639
1989	LN	LN	LN	LN	LN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	259	45	12
1990	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	146	252	399
1991	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	- 285	- 50	- 329
1992	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	228	589	347
1993	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	- 110	- 172	- 11
1994	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	EN	- 233	- 46	190
1995	EN	EN	EN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	LN	LN	LN	LN	LN	31	- 43	46
1996	LN	LN	LN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	93	45	244
1997	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	239	399	563
1998	EN	EN	EN	EN	EN	Neutro	LN	LN	LN	LN	LN	LN	480	736	1050
1999	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	- 285	- 444	- 105
2000	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	276	118	165
2001	LN	LN	LN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	- 53	- 58	310
2002	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	- 179	157	98
2003	EN	EN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	235	238	60
2004	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	- 140	- 268	- 159
2005	EN	EN	EN	EN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	- 75	- 214	106
2006	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	EN	- 188	- 270	- 295
2007	EN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	LN	LN	LN	LN	LN	- 458	- 48	- 234
2008	LN	LN	LN	LN	LN	LN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	171	- 158	- 318
2009	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	39	263	154
2010	EN	EN	EN	EN	Neutro	LN	LN	LN	LN	LN	LN	LN	- 137	- 103	- 203
2011	LN	LN	LN	LN	Neutro	Neutro	Neutro	LN	LN	LN	LN	LN	- 48	16	182
2012	LN	LN	LN	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	- 14	- 13	- 267
2013	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	239	363	239
2014	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	EN	EN	EN	179	321	601
2015	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	793	671	292
2016	EN	EN	EN	EN	EN	Neutro	Neutro	LN	LN	LN	LN	LN	269	258	277

A variabilidade climática pelo El Niño ou La Niña explica a diferença nos desvios de precipitação anual apontados pela Tabela 1. Diferenças entre as médias históricas de precipitação (mm) de Guaira, Toledo e Catanduvras também podem ser explicadas devido à localização geográfica e distância entre as estações meteorológicas dos municípios em estudo e não apenas devido ao fenômeno ENOS (CAVIGLIONE, 2000).

Esses valores podem ser explicados possivelmente pela influência da Massa Tropical Continental e Massa Tropical Atlântica, as quais formam um “corredor invisível de umidade” no centro da região Oeste, algo que aumenta a frequência de chuva, descritos por Caramori et al. (2015).

Nesse contexto, Morais, Caramori e Costa (2012) apontam o estado do Paraná como área de transição climática, já que o Trópico de Capricórnio corta o mesmo na região Norte do estado, próximo ao município de Arapongas, e, portanto, todas as regiões da referida unidade da Federação está sujeita a anomalias climáticas de intensidade elevada, como enchentes, veranicos prolongados e geadas, sem, necessariamente, estar diretamente associada a outros fenômenos de clima difundidos, como o ENOS e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Dessa forma, compreende-se que os desvios de precipitação em relação à média histórica em anos de neutralidade ou neutros (N) estão associados a esses fatores descritos os quais são 1978, 1979, 1980, 1981, 1990, 1993, 2013 e 2014, de acordo com a Tabela 1.

Observa-se na Tabela 1 que os anos com El Niño de maior intensidade foram 1982, 1983, 1997, 1998, 2015 e 2016. Nestes anos, as chuvas foram acima das médias históricas.

Já os anos de 1984, 1985, 1988, 1989, 1999, 2007, 2011 e 2012 foram de La Niña forte. Nestes anos, as chuvas foram predominantemente abaixo da média, com impactos negativos nas produtividades de soja (PARANÁ, 2017).

Por outro lado, em 1977, 1980, 1987, 1991, 2004 e 2006, anos de El Niño, os valores de desvio de precipitação foram negativos em relação à média histórica local. De forma semelhante, em 2000, ano La Niña, os desvios foram positivos e consideravelmente acima da média. Esses resultados sugerem que o ENOS nem sempre ocasiona os desvios de precipitação esperados.

Os impactos estão diretamente relacionados com a intensidade do fenômeno, ou seja, quando os eventos são fortes ou muito fortes há uma clara influência no regime de chuvas.

Verificou-se ainda na Tabela 1, que o ano de 2016 apresentou os 5 primeiros meses sob efeito de El Niño, após, 2 meses de neutralidade e, por fim, os 5 demais foram de La Niña. Mesmo assim, para Ferreira et al.(2017), o ano de 2016 foi considerado de predominância do evento de El Niño.

Os valores positivos, nos desvios de precipitação em relação à média histórica do ano de 2016, estão associados, possivelmente, com o mês de janeiro, o qual foi um dos maiores chuvosos da história de todo o estado do Paraná, além de ser considerado como “efeito residual” de um El Niño de intensidade muito forte registrada no Paraná no ano de 2015, o qual estendeu-se até maio de 2016 (FERREIRA et al., 2017).

CONCLUSÕES

De forma geral, anos de predominância do fenômeno El Niño (fase quente do ENOS), houve maiores concentrações de precipitação em relação à média histórica, nos municípios do Oeste paranaense de Toledo, Catanduvas e Guaíra. Em contrapartida, anos de predominância do fenômeno de La Niña (fase fria do ENOS), os valores da precipitação para os referidos municípios, estiveram, de forma geral, abaixo da média histórica.

Quanto a maior a intensidade e persistência de atuação do evento climático ENOS, maior é a discrepância entre o total de precipitação e a média histórica.

Embora esteja constatado que o fenômeno ENOS influencia nos regimes de precipitação dos municípios de Guaíra, Toledo e Catanduvas, nem todo desvio de

precipitação em relação à média histórica está, necessariamente, relacionada com o referido evento do clima.

REFERÊNCIAS

CARAMORI, P. H. et al. O clima no entorno do reservatório de Itaipu. In: ZANÃO JÚNIOR, L. A.; FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. **Produtividade da soja no entorno do reservatório do Itaipu** Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, p. 35-151, 2015.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD.

CUNHA, G. R. El Niño-Oscilação Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 277-284, 1999.

FERREIRA, L. G. B. et al. **O fenômeno El Niño de 2015/2016 e seus impactos nas chuvas do Paraná**. Boletim Técnico, IAPAR, área de agrometeorologia, 13p, 2017.

MORAIS, H.; CARAMORI, P.H.; COSTA, A.B.F. Relação entre a duração do fenômeno ENOS e a precipitação no estado do Paraná. **Anais...** Congresso Nacional de Meteorologia, 2012.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION – NOAA. **Pacific Decadal Oscillation (PDO), 2017**. Disponível em: <http://www.nwfsc.noaa.gov/research/divisions/fed/oeip/ca-pdo.cfm>.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural – SEAB/DERAL, 2017. **Produção agropecuária**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br>.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.78, p.2771-2777, 1997.

RELAÇÃO DO APORTE DE SERAPILHEIRA COM ELEMENTOS METEOROLÓGICOS EM DIFERENTES AMBIENTES

Alexsandra D. de Oliveira¹, Artur G. Muller¹, Fabiana P. Ribeiro², Fernando A. M. da Silva¹, Douglas L. Vieira³

¹ Embrapa Cerrados, CP 08223, 73301-970, Planaltina, DF, alexandra.duarte@embrapa.br, artur.muller@embrapa.br; fernando.macena@embrapa.br;

² Doutoranda em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, DF, fbn2.ribeiro@gmail.com; ³ Graduando em Gestão do agronegócio, Universidade de Brasília, Campus Planaltina, DF, doguitos12@gmail.com

RESUMO: O entendimento dos fatores que contribuem na dinâmica da serrapilheira é de fundamental importância para compreender o desenvolvimento de ecossistemas florestais. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a correlação existente entre o aporte de serapilheira e os elementos meteorológicos em matas ripárias remanescentes, área degradada e em processo de restauração. O período do estudo compreende abril/2013 a março/2015. As áreas estudadas foram: a) Área degradada (AD); b) Área em processo de restauração (APR); e c) Mata preservada (MP). Foi realizada a correlação de Pearson, entre a serapilheira e os elementos meteorológicos ao longo do ano e por época seca e chuvosa. Os elementos meteorológicos que se correlacionaram foram à radiação solar, temperaturas do ar e do solo. Para o ambiente de mata remanescente (MP), independente da época, observam-se correlações significativas para radiação solar, temperatura máxima e umidade relativa do ar, além da velocidade do vento ($p < 0,05$). A área degradada não apresentou significância para os períodos avaliados. A APR mostrou correlação e significância com os elementos, radiação solar, temperaturas do ar e do solo ($p < 0,05$), o que sugere que a deposição de serapilheira pode favorecer a diminuição de amplitude térmica no solo, contudo estudos mais prolongados devem ser realizados para ser conclusivo a respeito. Na época chuvosa, os ambientes não apresentaram significância entre os elementos meteorológicos e a serapilheira.

PALAVRAS-CHAVE: radiação solar, temperatura, matas ripárias, sazonalidade.

RELATIONSHIP OF LITTER PRODUCTION WITH METEOROLOGICAL ELEMENTS IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

ABSTRACT: The understanding of the factors that contribute to the dynamics of the litter is of fundamental importance to understand the development of forest ecosystems. Therefore, the objective of this work was to evaluate the correlation between the litter and the meteorological elements in riparian remnants, degraded area and in the process of restoration. The study period comprises April / 2013 to March / 2015. The areas studied were: a) Degraded area; B) Area in the process of restoration; and c) Preserved forest: fragment of riparian forest. Pearson correlation was performed between litter and meteorological elements throughout the year and during dry and rainy season. The meteorological elements that correlated were solar radiation, air and soil temperatures. For the remaining forest environment (MP), independent of the season, significant correlations were observed for solar radiation, maximum temperature and relative humidity, as well as wind speed ($p < 0.05$). The degraded area did not present significance for the evaluated periods. The APR showed correlations negative and significance with the elements, solar radiation, air and soil temperatures ($p < 0.05$), which suggests that litter deposition may favor the reduction of thermal amplitude in the

soil. In the rainy season, the environments did not present significance between the meteorological elements and the litter.

KEY-WORDS: solar radiation, temperature, riparian woods, seasonality

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas são ambientes abertos com fluxos de espécies, materiais e energia. Suas interações geram os processos ecológicos e as funções ecossistêmicas, onde o seu entendimento é fundamental para o processo de restauração ecológica de matas ripárias (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2013). Do ponto de vista ecológico, as vegetações ripárias prestam importantes serviços ambientais, entre eles, regulação do clima; absorção e ciclagem de nutrientes. Em áreas de mata, as coberturas do solo composta pela serapilheira exerce importante função, por ser a mais significativa forma de transferência de nutrientes (ALBUQUERQUE et al. 2010), além disso, arbustos e árvores em crescimento, no estrato médio, e árvores de maior porte, no estrato superior, afetam o balanço de energia disponível no meio, e conseqüentemente os elementos meteorológicos. A serapilheira é um importante integrante da dinâmica florestal, sendo composta por folhas, ramos, material reprodutivo e restos. Sua dinâmica é dependente das características da região e dos fatores abióticos atuantes neste, podendo assim ser avaliado seu potencial no uso como indicador ambiental (MACHADO et al., 2008). Entretanto, sabe-se que processos como o acúmulo e degradação de serapilheira, sofrem notável influência da sazonalidade climática (CHAPIN et al., 2002), interferindo na atividade de organismos decompositores (ADL, 2003; COLEMAN et al., 2004; RIUTTA et al., 2012). Assim, dentro deste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a correlação existente entre a serapilheira e os elementos meteorológicos em matas ripárias remanescentes, área degradada e em processo de restauração.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi monitorado em três áreas, no núcleo rural Ponte Alta, localizadas no Centro de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira (CTZL), Gama, DF (15°57'02,5"S e 48°07'25,9"W) da Embrapa Cerrados e está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) do Planalto Central, pertence à bacia do rio Corumbá. A área desmatada possuía cerca de 320 metros de extensão ao longo da margem do rio. Para acompanhar as condições meteorológicas nas áreas foram instaladas estações meteorológicas automáticas (modelo Campbell Sci.), com sensores para radiação solar global, temperatura e umidade do ar, velocidade do vento, precipitação e temperatura do solo a 5 e 10 cm. O período do estudo compreende abril/2013 a março/2015, porém em dezembro de 2011, foi implantado o experimento de restauração ecológica. As áreas estudadas encontram-se assim caracterizadas: a) Área degradada (AD): está nas condições iniciais, sem intervenção, considerada referência negativa em termos de restauração ecológica; b) Área em processo de restauração (APR): trata-se de uma mata ripária que foi desmatada e, atualmente, é dominada pela gramínea exótica *Brachiaria sp.* (braquiária) e outras espécies invasoras, além de algumas árvores remanescentes, a área era destinada à pastagem de bovinos e c) Mata preservada (MP): fragmento de mata ripária. Em cada área estudada foram demarcadas três parcelas de 10x40m, onde foram instalados quatro coletores de serapilheira de 0,25m² cada um, por parcela. O material vegetal foi recolhido mensalmente, levado ao laboratório para triagem e pesagem. Este material foi seco em estufa de circulação (65°C/72 h) e novamente pesado para determinação do peso seco. Foi realizada a correlação de Pearson, entre a serapilheira e os elementos meteorológicos ao longo do ano e por época seca (abril-setembro) e chuvosa (outubro-março).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Trabalhos de restauração florestal são de longa vigência, assim os dados meteorológicos passaram a ser monitorados em 2013 e continuam no campo. Porém, é necessário que fique caracterizado o início (do ponto de vista climatológico) para que se tenham algumas referências iniciais e, principalmente que se possa dar suporte a outros indicadores ecossistêmicos de grande relevância do estudo (regulação do fluxo hidrológico, estoques de carbono e nitrogênio, retorno da fauna e flora, melhores técnicas de restauração, etc.). Assim, o aporte de serapilheira em 2013/2014 na MP foi de 58,02 kg ha⁻¹ ano, enquanto para a APR foi de 2,88 kg ha⁻¹ ano. Em 2014/2015 obteve-se para mata 48,75 kg ha⁻¹ ano e APR 10,91 kg ha⁻¹ ano (Gomes et al., 2015). Observa-se assim que a MP apresentou maior produção de serapilheira quando comparada a APR no período estudado, provavelmente em função da estrutura e estabilidade da vegetação, assim como a influência de alguns elementos meteorológicos que podem estar influenciando a deposição de material vegetal nos coletores, como exemplo, a velocidade do vento. Segundo Gomes et al. (2015) sugerem que o uso da serapilheira como indicador do processo de restauração ecológica pode sugerir o nível de resiliência de um ambiente degradado, uma vez que o mesmo se mostra sensível às variações ambientais e altamente influenciado pela variabilidade temporal.

Em relação aos elementos meteorológicos que mais se correlacionaram podemos verificar a radiação solar, temperaturas do ar e do solo (Tabela 1a e c). Para o ambiente natural (MP), independente da época (Tabela 1c), observam-se correlações significativas para radiação solar, temperatura máxima e umidade relativa do ar, além da velocidade do vento ($p < 0,05$). As maiores correlações ($> 0,61$) foram observadas na Temperatura máxima e Umidade relativa do ar máxima, propiciando possivelmente menor amplitude destes elementos ao longo do dia. A velocidade do vento foi significativa apenas para MP, na época seca e independente da época, diferindo dos demais ambientes. A área degradada não apresentou significância para época estudada e independente dela. A APR mostrou significância com todos os elementos que são função da energia disponível no meio (Tabela 1a e c), tais como: temperaturas do ar e do solo. As correlações negativas ($p < 0,05$), sugerem que a deposição de serapilheira pode favorecer a diminuição de amplitude térmica no solo. Entre os elementos climáticos, especialmente temperatura e precipitação, são um dos principais reguladores da variação no aporte de serrapilheira e na velocidade de degradação deste material sobre o solo (Murovhi et al. 2012, Ferreira et al. 2014, Zhang et al. 2014). Porém, no presente estudo, áreas sob restauração florestal inicialmente se relacionaram com a radiação solar e as temperaturas do ar e solo em diferentes profundidades (Tabela 1a e c).

Tabela 1 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a serapilheira e os elementos meteorológicos em três ambientes

Áreas	RAD	T. Med.	T. Max.	T. Min.	UR med.	UR Max.	UR min.	Prec.	Ts (5)	Ts (10)	V. vento
(a)											
AD	-0,30 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	0,00
APR	-0,45*	-0,44*	-0,50*	-0,29 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,49*	-0,49*	-0,22 ^{ns}
MP	0,68*	0,53*	0,71*	0,05 ^{ns}	-0,73*	-0,76*	-0,64*	-0,24 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,60*
(b)											
AD	-0,09 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
APR	-0,27 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	-0,14 ^{ns}
MP	0,38 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,26 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
(c)											
AD	-0,31 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,00	0,07 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,04 ^{ns}
APR	-0,50*	-0,57*	-0,51*	-0,48*	0,06 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,60*	-0,60*	-0,08 ^{ns}
MP	0,55*	0,37 ^{ns}	0,65*	0,05 ^{ns}	-0,60*	-0,62*	-0,51*	-0,20 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,47*

ns= não significativo; * significativo a 5%. (a) época seca, (b) época chuvosa e (c) sem diferenciar por época.

Na época chuvosa (Tabela 1b), os ambientes monitorados não apresentaram significância entre os elementos meteorológicos e a serapilheira. Para a época seca, AD não apresentou correlação significativa (Tabela 1a). Na APR, a correlação observada foi muito parecida com a tabela que não diferencia a época, porém a Tmin. não foi significativa, uma vez que nesta época seca, as mínimas não contribuem muito para deposição do material vegetal disponível. Pode-se inferir que com tão pouco tempo de observação, ainda não é possível distinguir qual será a melhor variável resposta e que a radiação solar parece ser o elemento que está controlando as correlações existentes nas áreas AD e APR. Na MP, além das variáveis de fluxo energético (radiação e temperaturas), observa-se que a UR e a velocidade do vento apresentam relação com a serapilheira, provavelmente em função da deposição do material. Os meses de agosto e setembro apresentam maior velocidade do vento ($> 2,1 \text{ m.s}^{-1}$) (Silva et al. 2014), contribuindo assim para época seca observada na MP. Os ambientes de AD e APR certamente por estarem ainda pouco vegetados, não apresentou significância.

CONCLUSÕES

Não foi possível definir uma dinâmica de retorno na área sob restauração, do ponto de vista climático necessitamos de pelo menos uma média (~10 anos) para que se possa fazer considerações razoáveis. Embora, existam evidências de que atualmente a serapilheira na APR parece estar sendo influenciada pela radiação solar, temperatura do ar e do solo. Assim, podem-se estabelecer diferenças entre comportamentos dos ambientes sem levar em conta toda intervenção que está sendo feita no curto prazo. É possível perceber que a sazonalidade do Cerrado indica diferenças na época seca em relação à chuvosa. Este conhecimento da relação da serapilheira com os elementos climáticos pode auxiliar no uso dela como indicador ambiental em ambientes ripários, permitindo avaliar o grau de conservação de fragmentos ou florestas plantadas e sua funcionalidade ecológica.

REFERÊNCIAS

- ADL, S. M. **The ecology of soil decomposition**. Oxon: CABI Publishing, 2003. 335 p.
- ALBUQUERQUE, L.B.; AQUINO, F.G.; ALONSO, A.M.; LIMA, J. E. W.; BRAGA; SOUSA-SILVA, J.C. Restauração Ecológica de Matas Ripárias: uma questão de sustentabilidade. **Série Documentos**. Brasília: Embrapa Cerrados, p.75. 2010
- CHAPIN, F. S. III; MATSON, P. A.; MOONEY, H. A. **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. Nova York: Springer-Verlag, 2002.436 p.
- COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, D. A. JR.; HENDRIX, P. F. **Fundamentals of soil ecology**. Burlington: Elsevier, 2004. 386 p.
- FERREIRA, M. L. et al. 2014. Litter fall production and decomposition in a fragment of secondary atlantic forest of São Paulo, SP, southeastern Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa,38(4): 591-600.
- MACHADO, M. R. et al. Produção de serapilheira como indicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.1, p.143-151, 2008.
- MUROVHI, N. R. et al. 2012. Seasonal changes in litter fall and its quality from three sub-tropical fruit tree species at Nelspruit, **Agroforest System**, South Africa, v. 86, p.61-71.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C. **Fundamentos ecológicos para o manejo efetivo do ambiente rural nos trópicos: educação ambiental e produtividade com qualidade ambiental**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 84 p.
- RIUTTA, T. et al. Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 49, p. 124-131, 2012.
- SILVA, F.A.M., EVANGELISTA, B.A., MALAQUIAS, J.V., 2014. Normal climatológica de 1974 a 2003 da estação principal da Embrapa Cerrados. Planaltina: DF, 2014. 98 p. (Embrapa Cerrados. **Documento**, 321).
- ZHANG, H. et al. 2014. Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide. **Ecological Complexity**, Leicester, v. 20, 240-247.

DINÂMICA DE SERRAPILHEIRA SOBRE INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS EM UM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA-AL

Eli Moisés dos Santos Silva¹, Marcos Antonio Lima Moura², Jeová Ramos da Silva Junior³

¹Graduando Meteorologia, UFAL, Maceió, Alagoas, elimois97@hotmail.com; ² Professor Meteorologia, UFAL, Maceió, Alagoas, malm@ccen.ufal.br; ³ Mestrando Meteorologia, USP, São Paulo-SP, jeova.junior@icat.ufal.br

RESUMO: A serrapilheira tem a importante função de alimentar ecossistemas florestais, fazendo esta atividade através da ciclagem de nutrientes. Um estudo experimental foi realizado dentro de um fragmento de Mata Atlântica remanescente situado em Coruripe/AL, no ano de 2014, com o objetivo de caracterizar a variabilidade de produção de serrapilheira. Coletores de serrapilheira mensal e acumulada trimestralmente foram inseridos aleatoriamente no transecto entre a borda da reserva até uma torre micrometeorológica instalada para acompanhar a variação da precipitação, radiação solar global e velocidade do vento. A produção de liteira foi de 6.076,51 kg.ha⁻¹. Foi observado que a maior produção de liteira se sucedeu no período seco com ventos fortes e alta radiação global com médias respectivamente de 1,23 m.s⁻¹ e 523,4 W.m⁻². A maior serrapilheira acumulada foi coletada no período chuvoso (1.562,9 kg.ha⁻¹), enquanto que a menor na estação seca (995,2 kg.ha⁻¹). Com os dados de aporte de serrapilheira acumulada foi encontrado o valor da taxa de decomposição da serrapilheira (K= 4,02) e o seu tempo para a renovação (0,24 anos). O tempo encontrado para a decomposição de 50% e 95% do material foi de respectivamente 62 e 268 dias. A quantidade de carbono estimada na serrapilheira foi de 2.200,5 kg.C.ha⁻¹.ano⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças Climáticas, Ciclagem de Nutrientes, Floresta Tropical

LITTER DYNAMIC ON THE INFLUENCE OF MICROMETEOROLOGICAL VARIABLES IN A FRAGMENT OF ATLANTIC FOREST-AL

ABSTRACT: The litter has the important function of feeding forest ecosystems, doing this activity through nutrient cycling. An experimental research was realized inside a piece of remaining Atlantic Forest located on Coruripe/AL, in the year 2014, with the purpose to characterize variability of litter production. Monthly litter collectors and of litter quarterly accumulated were inserted randomly in the transect from the reserve's border to a micrometeorological tower installed to supervise the variation of the rainfall, global radiation and wind speed. The litter production was 6.076,51 kg.ha⁻¹. Was observed that the highest litter production was in a dry period with Strong winds and high global radiation with averages respectively 1.23 m.s⁻¹ e 523.4 W.m⁻². The highest litter accumulated was collected in a rainy period (1,562.9 kg.ha⁻¹), while the smallest in the dry season (995.2 kg.ha⁻¹). With the litter data was found the litter's decomposition rate (K= 4.02) and your renewal time (0.24 years). The time found for the decomposition of 50% and 95% of the material was respectively 62 and 268 days. Was estimated too, the carbon amount present in the litter (2,200.5 kg.C.ha⁻¹.ano⁻¹).

KEY-WORDS: Climate Change, Nutrient Cycle, Tropical Forest

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um conjunto de formações florestais e ecossistemas que abrange 17 estados brasileiros. Devido a sua riqueza em espécies endêmicas ela é considerada o segundo maior hotspot do mundo, perdendo apenas para a Amazônia.

A liteira ou serrapilheira é o conjunto de materiais orgânicos, de origem vegetal ou animal, que é depositado sobre o solo formando uma camada orgânica que contribui para a proteção e nutrição da superfície. A queda de folhas das árvores varia de acordo com o tipo da floresta, que determinará a característica decidual ou Semidecidual da vegetação. As florestas em regiões que evidenciam sazonalidades eminentes, apresentam maior serrapilheira durante o outono. Esta estação que precede o inverno é o período de menor radiação solar, restringindo o processo de fotossíntese e, conseqüentemente, diminuindo a energia das plantas, provocando a abscisão foliar.

Através dos índices de taxa de decomposição e quantidade de carbono, as características evolutivas de uma vegetação são apontadas pelo o acúmulo de serrapilheira, pois, ela contribui para ao processo de ciclagem da nutrição do solo.

O objetivo deste trabalho foi monitorar e compreender o comportamento da serrapilheira e da sua relação com variáveis meteorológicas (radiação global, precipitação e velocidade do vento) em um fragmento de floresta da Mata Atlântica Semidecidual no estado de Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

O fragmento da Mata Atlântica em estudo situa-se na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) – Lula Lobo I, no município de Coruripe, Alagoas. Numa área litorânea, tomada por uma Floresta Ombrófila Aberta em transição para Floresta Estacional Semidecidual.

Os dados do estudo como radiação solar global, velocidade do vento e precipitação pluvial foram obtidos através dos instrumentos previamente instalados em uma torre micrometeorológica (Latitude 10°00'37" S; Longitude 36°17'60" W; alt.160m) de 26 metros, cujas medições foram realizadas no decorrer do ano de 2014.

As variáveis microclimatológicas foram analisadas mediante plotagens com o intuito de representar seu comportamento médios diários mensais ao decorrer do período experimental. Por fim, as variáveis também foram relacionadas com a produção de serrapilheira.

A serrapilheira foi coletada mensalmente através de malhas de nylon (50cm x 50cm) que ficaram suspensas próximas à superfície, enquanto que coletores metálicos (24cm x 24cm) semienterrados no solo coletaram a serrapilheira acumulada trimestralmente. Todos os coletores foram postos aleatoriamente pelo transecto entre a borda da reserva até a torre micrometeorológica. Após a coleta do material, ambas são colocadas dentro de sacolas de papel e, em seguida, foram secadas a 70° C em estufa e posteriormente, pesadas.

Para estimar a taxa de decomposição da serrapilheira foi adotado o método de Olson (1963), que propõe a equação: $K = L/X_{ss}$, onde K é a constante de decomposição na condição de equilíbrio dinâmico, L a produção anual de serrapilheira e X_{ss} a média anual da serrapilheira acumulada. Através desta constante é possível encontrar o tempo médio de renovação de serrapilheira acumulada sobre o solo (k^{-1}), estimado por $1.K^{-1}$. O tempo necessário para o desaparecimento de 50% ($T_{0,5}$) e 95% ($T_{0,05}$) da serrapilheira foi calculado pela equação de Shanks e Olson (1961): $T_{0,5} = \ln(2).K^{-1}$ e $T_{0,05} = 3.K^{-1}$, respectivamente. A estimativa do estoque de carbono fixado na biomassa da serrapilheira

produzida foi calculada por meio da multiplicação da serrapilheira acumulada coletada no ano pelo fator 0,37 (IPCC, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 – Variáveis Meteorológicas

Como pode ser visto na Figura 1, a radiação solar diária média foi de 639,17 W.m^{-2} no período seco, enquanto no período chuvoso variou entre 419,1 W.m^{-2} (abril) e 348,3 W.m^{-2} (julho).

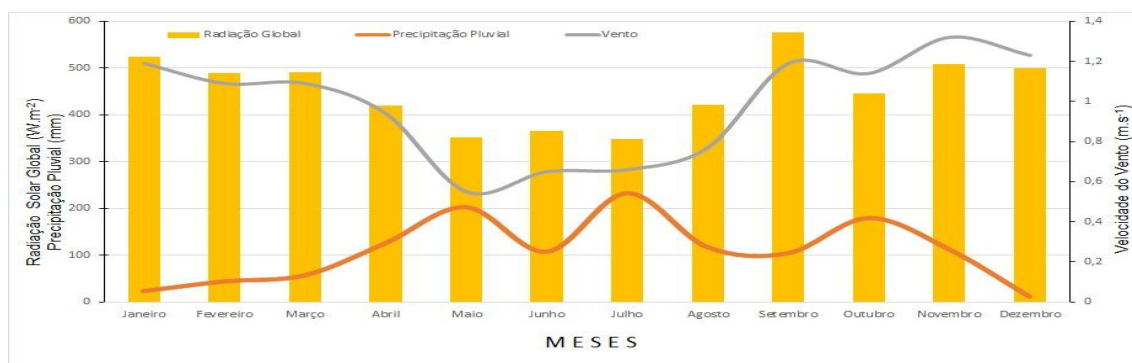


Figura 1 – Médias diárias mensais de Radiação Solar Global (W.m^{-2}) e Velocidade do Vento (m.s^{-2}) e acumulado pluviométrico mensal (mm) no período experimental.

A precipitação acumulada anual sobre a área foi de 1.318,5 mm. Essa quantidade é considerada acima da média da normal climatológica do INMET (1.179,5 mm). Foi constatada uma maior ocorrência de chuvas durante os meses de abril a agosto (período chuvoso) que acumulou 787,1 mm (59,69% da precipitação anual). O período curto seco entendido como dezembro a janeiro apresentou acúmulo de 77,6 mm (5,88% da precipitação anual). Observa-se ainda que o período chuvoso-seco, compreendido pelos meses de setembro, outubro e novembro, o acúmulo de 396,9 mm considerado muito acima da média (30,10% da precipitação anual).

Já a velocidade do vento se comportou com mais intensidade no período diurno (entre 07 às 18 horas). No período seco, a velocidade do vento teve médias diárias mensais variando de 1,09 m.s^{-1} até 1,23 m.s^{-1} . Já no período chuvoso os ventos são reduzidos e as velocidades médias variam entre 0,55 m.s^{-1} a 0,9 m.s^{-1} , sabendo que a noite ocorre calmarias. De setembro a dezembro a frequência de ventos fortes (atingindo 2,23 m.s^{-1}) ocorreu além do período diurno, o que acarretou velocidade média mensal de 1,22 m.s^{-1} (setembro) até 1,32 m.s^{-1} (novembro).

2 – Serrapilheira, Taxa de decomposição e Estoque de carbono.

O acúmulo anual de deposição de material (serrapilheira) foi de 6.076,51 kg.ha^{-1} , sendo o mês de dezembro o maior registro (778,96 kg.ha^{-1}). Possivelmente isso está associado ao período no qual ventos fortes predominaram e a ocorrência do processo de abscisão foliar devido ao déficit hídrico, deste modo, segundo Vital *et al.* (2004), as plantas se desfazem de suas folhas como mecanismo de sobrevivência.

Notou-se também que houve produção de liteira significativa após o período seco, ou seja, nos meses de março (578,01 kg.ha^{-1}) e abril (631,76 kg.ha^{-1}). Esse aumento já era esperado, pois é natural a vegetação perder folhas pouco antes do período de chuva, já que a umidade favorece a proliferação de organismo

decompositores, o que acarreta o enriquecimento de nutrientes no solo (GOLLEY, 1978). Os ventos fracos e a pouca radiação solar na estação chuvosa propiciaram menores valores de liteira do ano, 1.762,5 kg.ha⁻¹ no total. O valor mínimo de liteira foi obtido no mês de julho com 229,32 kg.ha⁻¹. Esse desempenho é característico de uma floresta tropical, por não está submetida a frio intenso e seco, propiciando produção de liteira contínua com sazonalidade e, comumente, os máximos de deposição são coletados no período de seca (GOLLEY, 1983; MEGURO et al., 1979).

No que diz respeito a serrapilheira acumulada, o aporte anual foi equivalente a 5.947,2 kg.ha⁻¹. Dos 4 trimestres anuais, o trimestre do período seco foi o menor acúmulo com 995,2 kg.ha⁻¹. Já o trimestre chuvoso foi de 1.562,9 kg.ha⁻¹. A taxa de decomposição da serrapilheira calculada foi de K= 4,02. Taxa considerada elevada, próxima encontrada na cidade de Rio de Janeiro por Abreu (2008) de K= 2,41 em uma mesma floresta estacional semidecidual. Esse valor elevado indica o rápido processo de ciclagem de nutrientes, onde o tempo necessário para a renovação de serrapilheira é de 0,24 anos. Já o tempo para que 50% e 95% do material acumulado se decomponha são de respectivamente 62 e 268 dias. Esse comportamento já é esperado em florestas tropicais, conforme afirma Anderson e Swift (1983).

Da coleta de serrapilheira acumulada no ano 37% da amostra seca é considerado carbono, segundo IPCC (2006). Assim, foi encontrado 2.200,5 kg.C.ha⁻¹.ano⁻¹ na serrapilheira. Valor coincidente ao de uma Floresta Tropical Madura de 2,1 t.ha⁻¹ determinado pelo IPCC (2006). Os menores valores de carbono (578,26 kg.C.ha⁻¹) foi encontrado no período chuvoso e maior quantidade de carbono no período seco com 643,74 kg.C.ha⁻¹.

CONCLUSÕES

Com o monitoramento dos dados, foi possível observar a sazonalidade da produção de serrapilheira. Os valores máximos de liteira foram encontrados no período seco coincidentes com a alta radiação solar e ventos fortes. Enquanto que o comportamento enfraquecido destas variáveis no período chuvoso ocasionou menores quantidade de liteira.

A pequena quantidade de serrapilheira acumulada no solo demonstrou o rápido processo de ciclagem de nutrientes devido as condições meteorológicas da floresta tropical, que indicou uma alta taxa de decomposição e pouco tempo para 50% e 95% para deterioração do material deposto no solo. O valor obtido de 2.200,5 kg.C.ha⁻¹.ano⁻¹ carbono, foi o que se esperava de uma floresta tropical madura pelos parâmetros do IPCC (2006).

REFERÊNCIAS

ABREU, J. R. S. P.; OLIVEIRA, R. R.; MONTEZUMA, R.C.M. Dinâmica da serrapilheira em um trecho de floresta atlântica secundária em área urbana do Rio de Janeiro. **Pesquisas Botânicas**, Porto Alegre, v. 61, p. 279-291, 2010.

ANDERSON, J.M.; SWIFT, M.J. Decomposition in tropical forests. In: Tropical Rain Forest: Ecology and Management. SUTTON, S. L. et al; (Ed.). **Special Publications Series of the British Ecological Society**, n.2, p. 287- 309, 1983.

GOLLEY, F. B. (Org.). **Tropical rainforests ecosystems: structure and function**. New York: Elsevier Scientific Publishing, 1983. 381p.

GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: EPU; EDUSP, 1978. 256p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: agriculture, forestry and other land use**. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006. v.4.

MEGURO, M.; VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. I – Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v.7, p.11-31, 1979.

OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, Tempe, v.44, p.322-331, 1963.

SHANKS, R.; OLSON, J. S. First year breakdown of leaf litter in Southern Appalachian Forest. **Science**, Londres, v. 134, p. 194-195, 1961.

VITAL T. A. R. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

SALDO DE RADIAÇÃO EM DOIS ECOSISTEMAS DA MATA ATLÂNTICA ALAGOANA (MANGUEZAL E FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA)

Eli Moisés dos Santos Silva¹, Marcos Antonio Lima Moura², Jeová Ramos da Silva Junior³

¹Graduando Meteorologia, UFAL, Maceió, Alagoas, elimois97@hotmail.com; ² Professor Meteorologia, UFAL, Maceió, Alagoas, malm@ccen.ufal.br; ³ Mestrando Meteorologia, USP, São Paulo, São Paulo, jeova.junior@icat.ufal.br;

RESUMO: Este estudo analisou a variação do saldo de radiação (Rn) em dois ecossistemas distintos de Mata Atlântica: Floresta Ombrófila Aberta e um Manguezal. A Floresta Ombrófila está localizado no município de Coruripe, Alagoas (10°17'S; 36°17'W), cujos dados foram obtidos através de uma torre micrometeorológica com altura de 26 m instalada dentro da floresta, correspondentes ao período de 2015. O segundo ambiente de estudo foi uma Floresta de manguezal localizado na ilha de Santa Rita no município de Marechal Deodoro, aproximadamente 15 km ao sul da cidade de Maceió – AL (9°42'18" S, 35°48'32" W), na qual também foi instalada uma torre micrometeorológica com altura de 13 metros no período de outubro de 2004 a setembro de 2005. As precipitações foram acima da média somente no período chuvoso em ambos os sítios. A variabilidade no comportamento do saldo de radiação em momentos distintos do dia e nas estações chuvosa e seca nos ecossistemas estudados são influenciados primeiramente pela densidade da cobertura do dossel e por fatores como armazenamento de calor com a profundidade do dossel, capacidade de armazenamento térmico do dossel, nebulosidade e, conseqüentemente, precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação Solar, Floresta, Micrometeorologia.

NET RADIATION IN TWO ECOSYSTEMS OF ATLANTIC FOREST IN ALAGOAS (MANGROVE AND OPEN OMBROPHILA FOREST)

ABSTRACT: This research analyzed the variation of net radiation (Rn) in two different ecosystems of Atlantic Forest: Open Ombrophila Forest and a Mangrove. The Ombrophila is located in the city of Coruripe, Alagoas (10°17'S; 36°17'W), whose data were obtained through a micrometeorological tower height 26 m installed inside the forest, corresponding to the 2015 period. The second location experiment was a Mangrove Forest located in the Santa Rita island in the city of Marechal Deodoro, about 15 km south of the city Maceió – AL (9°42'18" S, 35°48'32" W), which was also installed a micrometeorological tower height 13 m in the período of october 2004 to september 2005. The rainfall were above average only in the rainy seasons in both locations. The variability in the behavior of radiation balance in different moments of the day and in the rainy and dry seasons in the ecosystems studded are influenced firstly for the density of canopy cover and factors like heat storage with a deep of the canopy, heat storage capacity of the canopy, cloudness and, consequently, rainfall.

KEY-WORDS: Net Radiation, Forest. Micrometeorology

INTRODUÇÃO

A biodiversidade é distribuída no planeta de forma desigual. Por causa disso o conceito de hotspot foi criado para indicar as regiões ricas em espécies endêmicas que necessitam de ações de conservação prioritárias. A Mata Atlântica, que é um complexo e exuberante conjunto de ecossistemas de reconhecida importância nacional e internacional no meio científico, é representada por vários tipos de vegetação como as Florestas Ombrófilas Densa, Mista e Aberta; Floresta Estacional Decidual e Semidecidual; Mangue; Restingas; Campos de Altitudes; Brejos Interioranos, Encraves e Zonas de Tensão Ecológicas, que abrigam uma parcela significativa da diversidade biológica do Brasil. Myers et al. (2010) listaram a Mata Atlântica como o sexto hotspot mais importantes dentre os vinte e cinco do mundo.

A Radiação Solar Global (R_g) é a principal componente do saldo de radiação (R_n), o qual fornece energia para os processos de evapotranspiração, aquecimento e resfriamento do ar e do solo em um cultivo (HELDWEIN et al., 2012). O saldo de radiação varia temporal e espacialmente, dependendo das características da superfície (albedo e emissividade), da radiação solar global e condições atmosféricas como nebulosidade e aerossóis (LIMA et al., 2014).

Deste modo, o presente estudo tem como objetivo avaliar e comparar o comportamento do saldo de radiação solar em dois ecossistemas da Mata Atlântica: um é uma floresta de Manguezal e o outro um fragmento de Floresta Ombrófila Aberta com transição para Floresta Estacional Semidecidual.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com a obtenção de dados provenientes de dois sítios experimentais, ambos ecossistemas da Mata Atlântica, que se distinguem um do outro pelo tipo de cobertura vegetal. Um é uma floresta de Manguezal localizado na ilha de Santa Rita no município de Marechal Deodoro, AL, enquanto o outro é uma Floresta Ombrófila Aberta com transição para Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) – Lula Lobo I, no município de Coruripe, AL.

No Manguezal foi instalada uma torre de 13 metros ($9^{\circ}42'18''$ S, $35^{\circ}48'32''$ W), que estava equipada com diversos sensores dentre os quais um saldo de radiação (Q7_1-L REBS Net radiometer Campbell Scientific, USA) e um pluviômetro (E076, Campbell Scientific, USA). O período analisado foi de outubro/2004 a setembro/2005.

Na área de Floresta Ombrófila também foi instalada uma torre micrometeorológica de 26 metros de altura ($10^{\circ}17'36''$ S, $36^{\circ}17'24''$ W), onde diversas variáveis meteorológicas foram mensuradas, dentre as quais o Saldo de Radiação Solar (NR-Lite Net Radiometer, Campbell Scientific, USA) e a precipitação (TE-525, Texas Instruments, USA) durante o ano de 2015.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estado de Alagoas está localizado em uma sub-região do Nordeste que possui grande variabilidade na distribuição pluviométrica devido a sua orografia e sistemas de ventos locais. A normal climatológica de precipitação para a região apresenta o período chuvoso compreendido entre os meses de abril e julho, enquanto o período seco está compreendido entre outubro e janeiro.

Na Figura 1 (a , b) é possível observar que em ambos os sítios experimentais ocorreu um grande déficit consecutivo de precipitação no período seco e de transição. Contudo, destaca-se o fato dos meses do período chuvoso, terem sido bastante superiores em relação aos da normal climatológica (maio e junho no Manguezal e junho e julho na Floresta Ombrófila). Ao todo o acumulado anual de chuva foi de 1017,2 mm na Floresta Ombrófila, sendo 14% abaixo da normal climatológica (1.179,5mm). Já o Manguezal apresentou um acumulado de 1.300,4 mm e somente 6% abaixo da normal (1.383,2mm).

Verifica-se na Figura 2 (a , b) que as flutuações nos valores do **Rn**, independentemente da época e do período de medição, são similares para os dois sítios experimentais, pois nos meses com maior presença de chuva (maio a julho), o período com saldo positivo tende a ser menor (11 horas). Percebe-se, ainda, que o padrão comportamental do **Rn** nos horários noturnos apresenta um quadro de fluxos negativos, o que já era esperado. Então, essa contabilização negativa (**Rn** < 0) se dá pelo fato da superfície da copa das árvores ser mais quente do que a atmosfera (MILLER, 1981), proporcionando maior emissão de radiação de onda longa superficial do que a atmosférica. E, com o decorrer da noite, há uma queda das emissões pela copa favorecendo o resfriamento da camada de ar junto a mesma.

Visualiza-se, ainda, no **Rn** do Manguezal (Fig. 2a) que o período noturno apresenta diferenças sazonais, evidenciando maiores perdas no período seco do que no chuvoso. Então, vê-se a partir do final de setembro (final do período de transição chuvoso-seco) até aproximadamente final de fevereiro (início do período transição seco-chuvoso), fluxos de até -41 W.m^{-2} . Já para os meses chuvosos (abril a julho) constata-se uma ligeira diminuição nos resultados noturnos (-28 W.m^{-2}).

Na Floresta Ombrófila (Figura 2b), à exceção de junho e julho, no início do período noturno, é presente um pico de -50 W.m^{-2} , essa faixa estende-se durante praticamente metade do período noturno. No caso em questão, entende-se que, possivelmente, por fatores como armazenamento de calor com a profundidade do dossel, capacidade de armazenamento térmico do dossel e nebulosidade noturna geram essas variações da liberação da radiação solar previamente absorvida. O efeito da absorção de radiação solar pelo substrato dos ecossistemas mantém um controle do balanço de radiação, os quais funcionam como uma espécie de regulador térmico, evitando grandes amplitudes térmicas diárias (HERZ, 1988).

Já para o horário diurno anual no Manguezal observa-se que há uma variação sazonal bem definida. Nota-se que, na transição do período seco para o chuvoso, há uma queda no saldo de radiação disponível aos processos físicos e biológicos do manguezal. Logo, vê-se na estação seca, entre 10 e 12h, as maiores médias de **Rn** ($> 750 \text{ W.m}^{-2}$), período este em que sol se encontra no Hemisfério Sul, enquanto, na estação chuvosa tem-se as menores médias de **Rn** ($< 500 \text{ W.m}^{-2}$) indicando a influência das maiores precipitações nesses meses.

De um modo geral, os resultados encontrados podem ser comparados com outros manguezais, assim como outros tipos de florestas. Sendo assim, Silva Junior (2006), ao estudar o manguezal de Bragança-PA, no período de 2001 a 2003, encontrou nos períodos chuvoso (fevereiro a abril) e seco (agosto a outubro) valores máximos médios para **Rn** de 410 W.m^{-2} e 620 W.m^{-2} , respectivamente, o que caracteriza uma queda de aproximadamente 33% nos valores de **Rn**.

É possível notar na Floresta Ombrófila valores máximos diurnos $< 700 \text{ W.m}^{-2}$ no período seco e de 400 W.m^{-2} . A variação estacional do R_n nas áreas de floresta é significativa. Nota-se que na floresta houve uma redução de 66% da época seca para a época chuvosa.

CONCLUSÕES

As precipitações foram abaixo da média durante 10 meses nos sítios experimentais. A variabilidade no comportamento do saldo de radiação em momentos distintos do dia e nas estações chuvosa e seca nos ecossistemas estudados são influenciados primeiramente pela densidade da cobertura do dossel e por fatores como armazenamento de calor com a profundidade do dossel, capacidade de armazenamento térmico do dossel, nebulosidade e, conseqüentemente, precipitação.

REFERÊNCIAS

HELDWEIN, A. B. et al. Saldo de radiação diurno em dosséis de batata como função da radiação solar global. **Rev. Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 96-104, 2012.

HERZ, R. **Distribuição dos padrões espectrais associados à estrutura física dos manguezais de um ecossistema costeiro subtropical**. 1988. 378p. Tese (livre docência). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo-USP. São Paulo, 1988.

LIMA, L. S. et al. O. Feedbacks between deforestation, climate, and hydrology in the Southwestern Amazon: implications for the provision of ecosystem services. **Landscape Ecology**, Netherlands, v. 29, n. 2, p. 261-274, 2014.

MILLER H.D. **Energy at the Surface of the Earth: an introduction to the Energetics of Ecosystems**. Second Edition. International Geophysics Series, Vol. 27, New York: Academic Press, 1981. 516p.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, Londres, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

SILVA JÚNIOR, J. A. et al. Sazonalidade de elementos meteorológicos em ecossistema de manguezal na região equatorial, Pará, Brasil. **Rev. Bras. de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 248-257, 2006.

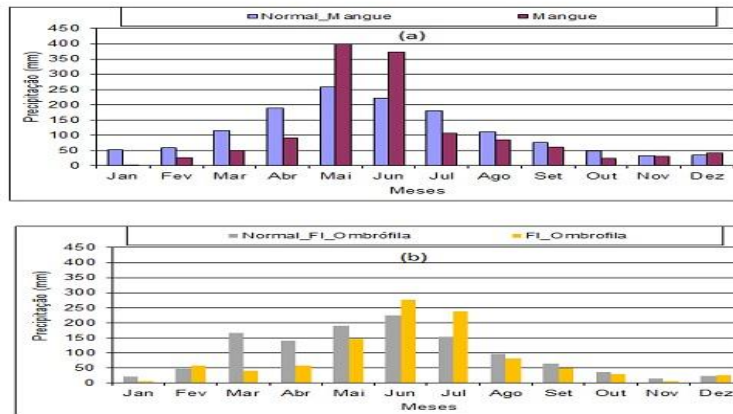


Figura 1 – Comparação entre a normal climatológica de precipitação (mm) do município do sitio experimental e a acumulada mensal no sitio do experimento, sendo (a) Manguezal e (b) Floresta Ombrófila.

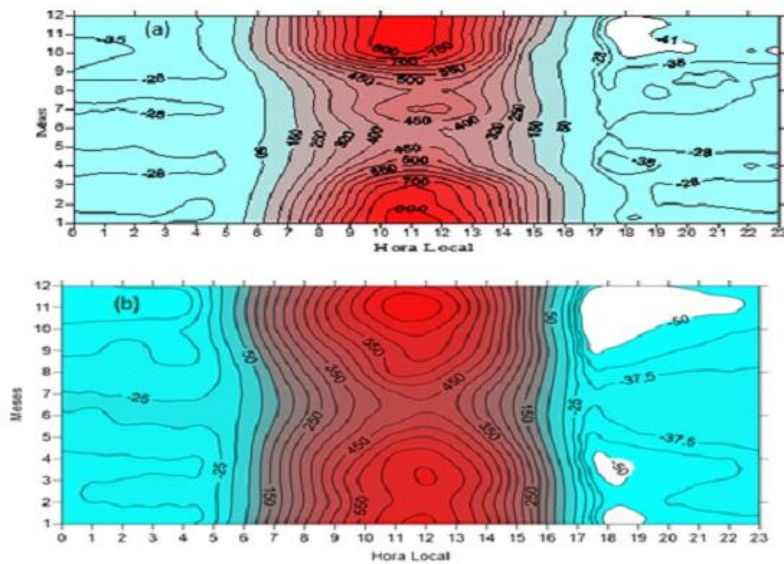


Figura 2 - Ciclo anual médio horário do Saldo de radiação solar, em W.m⁻², no Manguezal (a) e na Floresta Ombrófila (b).

FENOLOGIA E REQUERIMENTOS TÉRMICOS DA VIDEIRA CHENIN BLANC NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

João Paulo Dias Costa¹, Maria Auxiliadora Coelho Lima², Patrícia Coelho de Souza Leão²

¹Mestrando em Agronomia – UNIVASF, Petrolina, PE, costa.paulod@gmail.com; ²Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, auxiliadora.lima@embrapa.br, patricia.leao@embrapa.br

RESUMO: O objetivo deste estudo foi caracterizar a fenologia e requerimentos térmicos da videira Chenin Blanc cultivadas em lira e espaldeira em dois ciclos de produção no Submédio do Vale do São Francisco. O experimento foi realizado no Campo Experimental de Bebedouro, da Embrapa Semiárido em Petrolina, PE, no 2º semestre de 2015 e 1º semestre de 2016, nos sistemas de condução em lira e espaldeira. Foram caracterizados a duração em dias para a ocorrência das principais fases fenológicas da videira, bem como os requerimentos térmicos pelo somatório de graus dia. As videiras conduzidas em espaldeira anteciparam a duração do ciclo em dois dias comparada a lira. O ciclo de produção do 2º semestre de 2015 teve uma duração de 117 dias na espaldeira e 119 dias na lira, antecipando em um dia a duração do ciclo realizado no 1º semestre de 2016. Temperaturas do ar mais amenas prolongam e aumentam os valores de requerimentos térmicos para os subperíodos compreendidos entre gema algodão e início de floração, como também de maturação da uva. Estes estudos auxiliam no planejamento dos tratos culturais e das colheitas da uva ‘Chenin Blanc’ no Submédio do Vale do São Francisco.

PALAVRAS-CHAVE: fenologia; graus dia; uva de vinho; *Vitis vinifera* L.; viticultura tropical.

PHENOLOGY AND THERMAL REQUIREMENTS OF THE CHENIN BLANC GRAPEVINE IN THE SÃO FRANCISCO VALLEY

ABSTRACT: This study aimed to characterize the phenology and thermal requirements of the vine Chenin Blanc training in lyre and vertical shoot positioned in two growing seasons in the São Francisco Valley. The experiment was carried out in the Experimental Field of Bebedouro, from Embrapa Semiarido in Petrolina, PE, in the second half of 2015 and the first half of 2016, in lyre and vertical shoot positioned (VSP) trellis systems. The duration in days for the main phenological phases of the grapevine, as well as the thermal requirements by the sum of day degrees were characterized. The grapevines training in VSP anticipated the duration of the cycle in two days compared to the lyre. The growing season in the second half of 2015 had a duration of 117 to 119 days in the VSP and lyre, respectively, anticipating in one day the duration of the cycle carried out in the first half of 2016. More mild air temperatures prolong and increase the values of thermal requirements for the sub periods comprised between bud swollen and beginning of flowering, as well as ripening. These studies help in planning in planning the appropriate time for cultural practices and harvesting of grapes 'Chenin Blanc' in the São Francisco Valley.

KEY-WORDS: degree days; phenology; tropical viticulture; *Vitis vinifera* L.; winegrape.

INTRODUÇÃO

A expansão do cultivo vitivinícola para as diferentes regiões de produção, sejam elas tradicionais ou não, expõem as plantas a condições climáticas diversas para o estabelecimento da cultura, afetando a fenologia e a duração do ciclo (RADÚNZ et al., 2015). Estas mudanças podem interferir positiva ou negativamente no crescimento e desenvolvimento das plantas e, ainda, nas características produtivas e qualitativas dos frutos, influenciando a composição final do vinho.

O estudo da fenologia na videira, nos diferentes locais de cultivo, é um fator importante para determinar a capacidade produtiva da cultura, levando em conta o regime climático da região (BRIGHENTI et al., 2013).

Além do clima, outros fatores como genótipo e manejo do vinhedo também podem influenciar a fenologia e exigências térmicas de uma determinada cultivar de videira. O sistema de condução modifica características importantes, como o espaçamento das plantas, forma do dossel vegetal, penetração de luz e área foliar (PASCALI et al., 2014), podendo ter efeitos no desenvolvimento das fases fenológicas da videira.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a influência de diferentes épocas de produção e sistemas de condução na duração e requerimentos térmicos para o ciclo e os subperíodos fenológicos de videiras 'Chenin Blanc' em cultivo irrigado no Submédio do Vale do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro (9°09'S, 40°22'W, 365,5 m de altitude), da Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE, durante dois ciclos de produção no 2º semestre de 2015 e 1º semestre de 2016, em um vinhedo da cultivar Chenin Blanc com quatro anos de idade. Dois sistemas de condução foram utilizados, a lira e a espaldeira, com espaçamentos de 3,0 x 1,0 m e 4,2 x 1,0 m, respectivamente, adotando-se poda curta em cordão bilateral esporonado. As podas foram realizadas em 01 de julho de 2015 e 27 de janeiro de 2016, com colheitas em 29 de outubro de 2015 e 24 de maio de 2016, respectivamente para os ciclos do 2º semestre de 2015 e 1º semestre de 2016.

A caracterização fenológica foi realizada pela identificação da duração, em dias, dos diferentes subperíodos da videira. Por meio das observações visuais frequentes nos ramos das plantas úteis, foram estabelecidas as datas de início de ocorrência de cada subperíodo de crescimento, segundo a classificação proposta por Eichhorn e Lorenz (1977), modificada por Coombe (1995).

A exigência térmica da cultura foi calculada pelo somatório dos graus-dia (GD) em cada subperíodo fenológico, utilizando-se temperatura-base da videira igual a 10°C (SANTOS et al., 2007), seguindo as equações propostas por Villa Nova et al. (1972).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Não havendo distribuição normal dos dados, utilizou-se estatística descritiva por meio da média e desvio-padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ciclo do 2º semestre de 2015, a duração média do ciclo fenológico das videiras conduzidas em espaldeira foi de 117 dias, com dois dias a menos que as plantas conduzidas em lira (119 dias) (Tabela 1). No ciclo de produção seguinte, a duração do

ciclo, desde a poda até a colheita, foi de 118 dias na espaladeira e de 120 dias na lira (Tabela 1). Nesta mesma região, Leão et al. (2013) observaram para a cv. Chenin Blanc, uma duração média de 126 dias, para ciclos do segundo semestre do ano, e de 113 dias, para os do primeiro semestre. As diferenças, para uma mesma região de produção, podem ser atribuídas à variabilidade climática intra e inter anual e ainda para cada local de cultivo.

O subperíodo compreendido entre a formação de bagas tamanho ervilha e o início de maturação (Be-Im) foi o mais longo, em ambos os sistemas de condução e durante os ciclos avaliados. Já o subperíodo mais curto (dois dias) foi o de início de floração à plena floração (IfI-PfI) (Tabela 1). Durante o ciclo do 2º semestre de 2015, foram observadas menores durações nos últimos três subperíodos (Ifr-Be, Be-Im e Im-Fm), em relação ao ciclo seguinte, em ambos os sistemas de condução (Tabela 1). Temperaturas mais altas próximas a colheita, no mês de outubro comparadas as do mês de maio de 2016, respectivamente nos ciclos do 2º semestre de 2015 e 1º semestre de 2016, aceleraram a maturação dos frutos, reduzindo a duração do ciclo (Figura 1). As condições meteorológicas nas quais as plantas são expostas determinam a duração dos subperíodos, sendo que temperaturas elevadas podem encurtar o ciclo ou subperíodo fenológico, assim como temperaturas baixas podem prolongá-los (BRIXNER et al., 2014; CHIAROTTI et al., 2014).

Assim como foi observado para a duração em dias, menores requerimentos térmicos foram encontrados nas videiras conduzidas em espaladeira, além disso, variações na temperatura do ar determinaram diferença entre os ciclos de produção, com maior requerimento térmico da videira Chenin Blanc no ciclo do 1º semestre de 2016 comparado ao ciclo do 2º semestre de 2015. Esta variação foi consequência das menores temperaturas observadas no ciclo do 1º semestre de 2016 no mês de maio de 2016 que coincidiu com o subperíodo início ao final de maturação, comparado a este mesmo subperíodo, que ocorreu em outubro, no ciclo anterior (Figura 1).

Os subperíodos bagas tamanho ervilha à início de maturação e início de maturação à final de maturação necessitaram de maiores demandas térmicas diárias, quando comparado aos demais subperíodos avaliados (Tabela 1). Já os subperíodos de gema-algodão à ponta verde e de início à plena floração foram os que apresentaram menores acúmulos térmicos diários, variando entre 21 e 33 GD. As variações observadas na demanda térmica para os subperíodos compreendidos entre gema algodão à plena floração quando se comparam os dois ciclos de produção, podem ser explicadas pela brotação mais rápida e uniforme das gemas e crescimento inicial dos brotos da videira que ocorre sob temperaturas do ar mais elevadas como aquelas observadas nos meses de janeiro de 2016 (ciclo 2016.1) em relação ao mês de julho de 2015 (ciclo 2015.1) (Figura 1).

Tabela 1. Médias e desvio padrão para a duração em dias e requerimentos térmicos em graus dia dos subperíodos fenológicos da videira 'Chenin Blanc' conduzidas nos sistemas em espaldeira e lira durante dois ciclos de produção, Petrolina, PE, 2015-2016

Sistemas de condução	Duração (dias)									
	Gd-Ga	Ga-Pv	Pv-Iv	Iv-IfI	IfI-PfI	PfI-Ifr	Ifr-Be	Be-Im	Im-Fm	Gd-Fm
Ciclo 2015.2										
Espaldeira	7,40± 0,34	3,35± 0,78	6,4± 0,65	14,6± 0,72	2,4± 0,22	8,4± 0,22	8,1 ± 0,14	37,05± 1,08	29,15± 0,99	117,00
Lira	7,15± 0,52	3,20± 0,41	6,25± 0,25	14,80± 0,82	2,50± 0,59	8,65± 0,68	7,50± 0,47	38,25± 0,92	31,00± 0,68	119,30
Ciclo 2016.1										
Espaldeira	7,15± 0,22	2,50± 0,31	5,55± 0,76	12,20± 0,65	2,20± 0,21	4,70± 0,33	9,50 ± 0,75	40,75± 0,79	33,45± 0,76	118,00
Lira	6,20± 0,96	2,20± 0,21	7,25± 0,83	11,65± 0,88	2,05± 0,11	5,75± 0,40	9,70± 0,57	41,55± 1,74	33,65± 1,35	120,00
Requerimentos térmicos (graus dia)										
Ciclo 2015.2										
Espaldeira	78,21± 3,15	33,23± 7,73	64,14± 6,48	144,51± 7,13	24,47± 2,50	82,75± 2,25	86,41± 1,38	441,95± 13,51	367,20± 12,61	1322,88
Lira	76,00± 4,83	32,03± 3,97	62,10± 2,48	146,03± 8,15	25,63± 5,86	84,89± 6,61	79,95± 4,78	457,20± 11,50	392,76± 8,77	1356,58
Ciclo 2016.1										
Espaldeira	83,33± 2,10	25,26± 3,24	56,69± 8,01	126,51± 7,16	24,60± 2,30	55,70± 3,69	116,85 ± 9,22	501,80± 9,65	405,96± 9,16	1396,70
Lira	75,62± 10,00	21,31± 1,29	72,46± 7,55	120,66± 9,14	21,99± 1,41	66,33± 4,19	118,78± 7,10	511,97± 21,32	408,39± 16,40	1417,51

Gd-Ga= gema dormente à gema algodão; Ga-Pv= gema algodão à ponta verde; Pv-Iv= ponta verde à inflorescência visível; Iv-IfI= inflorescência visível à início de floração; IfI-PfI= início de floração à plena floração; PfI-Ifr= plena floração à início de frutificação; Ifr-Be= início de frutificação a bagas tamanho ervilha; Be-Im= bagas tamanho ervilha à início de maturação; Im-Fm= início de maturação à final de maturação; Gd-Fm= gema dormente à final de maturação.

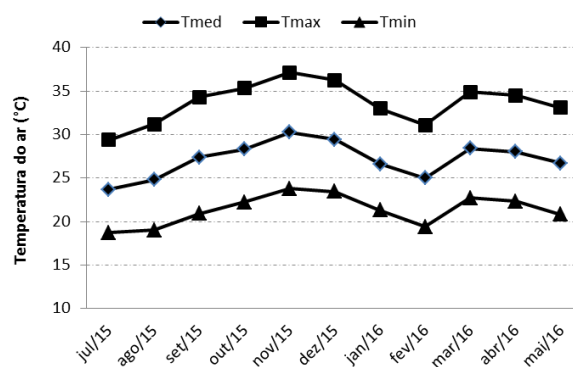


Figura 1. Temperaturas médias (Tme), máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) durante o período de realização do trabalho, Petrolina, PE, 2015 e 2016

CONCLUSÕES

As variações intranuais na temperatura do ar determinam diferenças na duração e nos requerimentos térmicos dos subperíodos fenológicos e do ciclo desde a poda até a colheita da videira Chenin Blanc no Submédio do Vale do São Francisco. O ciclo de produção realizado entre julho e outubro de 2015 apresentou menor duração e requerimentos térmicos que o ciclo realizado entre janeiro e maio de 2016. O sistema de condução em espaldeira reduziu em dois dias a duração do ciclo, com menor requerimento térmico do que a lira.

REFERÊNCIAS

- BRIGHENTI, A. F.; BRIGHENTI, E.; BONIN, V.; RUFATO, L. Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina - Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.7, p.1162-1167, 2013.
- COOMBE, B. G. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Hoboken, v. 1, p. 100-110, 1995.
- PASCALI, S. A. de; COLETTA, A.; DEL COCO, L.; BASILE, T.; GAMBACORTA, G.; FANIZZI, F. P. Viticultural practice and winemaking effects on metabolic profile of egroamaro. **Food Chemistry**, v. 161, p. 112-119, 2014.
- RADÜNZ, A. L., SCHÖFFEL, E. R., BORGES, C. T., MALGARIM, M. B., & PÖTTER, G. H. Necessidades térmicas de videiras na região da Campanha do Rio Grande do Sul-Brasil. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 626-632, 2015.
- SANTOS, C. E.; ROBERTO, S.R.; SATO, A. J.; JUBILEU, B. S. Caracterização da fenologia e da demanda térmica das videiras ‘Cabernet Sauvignon’ e ‘Tannat’ para a região norte do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.29, n.3, p.361-366, 2007.
- VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JUNIOR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus dia acumulados acima de qualquer temperatura-base em função das temperaturas máxima e mínima. **Ciência da Terra**, São Paulo, n.30, p.1-8, 1972.
- LEÃO, P. C. de S.; SILVA, S. F. da; SOARES, E. B.; SANTOS, J. Y. B. **Caracterização fenológica de acessos de uvas para processamento do Banco de Germoplasma da Embrapa Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, Brasil, 2013. 20p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 114).
- CHIAROTTI, F.; MARGOTI, G.; FOWLER, J. G.; CUQUEL, F. L.; BIASI, L. A. Caracterização fenológica, exigência térmica e maturação da uva ‘Bordô’ em Bocaiuva do Sul, PR. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, p. 338-342, 2014.

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO NDVI DA CULTURA DO FEIJÃO ATRAVÉS DE IMAGENS LANDSAT - 8

Déborah Lídyia Alves Sales¹; José Alves Júnior²; Derblai Casaroli³; João Maurício Fernandes Souza⁴;

¹Cientista Ambiental e Geógrafa, Professora Mestre na Faculdade Metropolitana de Anápolis FAMA, Anápolis, Goiás, deborahlidyasales@gmail.com; ² Eng. Agrônomo., Professor Doutor, Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás UFG, Goiânia, Goiás, josealvesjunior@yahoo.com.br; ³Eng. Agrônomo, Professor Doutor, Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás UFG, Goiânia, Goiás, derblai@ufg.br ; ⁴ Eng. Agrícola, Professor Doutor na Unievangélica, Anápolis, Goiás, joaomfsouza@gmail.com

RESUMO: O índice de vegetação NDVI, é um produto do sensoriamento remoto que permite o monitoramento do crescimento e desenvolvimento da vegetação. O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento do índice de vegetação da cultura do feijão, através de imagens do LANDSAT-8. A área de estudo foi uma área irrigada por pivô central de 41 ha, na região do PAD-DF. As imagens selecionadas para o estudo foram adquiridas no período de 30; 46; 78 e 94 DAS. O cálculo feito para avaliação do NDVI foi realizado utilizando um *software* de processamento digital de imagens, em função da razão da refletância entre as bandas do infravermelho próximo e vermelho com intuito de se obter os valores do NDVI durante os estádios fenológicos. Assim, foi possível definir um valor de índice de vegetação para cada fase fenológica analisada descrevendo assim o comportamento típico da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: índice de vegetação, sensoriamento remoto, *Phaseolusvulgaris* L., fase fenológica.

EVALUATION OF NDVI BEHAVIOR OF BEAN CULTURE THROUGH LANDSAT IMAGES – 8

ABSTRACT: The NDVI vegetation index, and a remote sensing product that allows monitoring of vegetation growth and development. The objective of this work was to analyze the behavior of the vegetation index of the bean crop, using LANDSAT-8 images. The study area was a central pivot irrigated area of 41 ha, in the PAD-DF region. The images selected for the study were acquired in the period of 30; 46; 78 and 94 DAS. The calculation made for NDVI evaluation was performed using a digital image processing software, as a function of the reflectance ratio between the near infrared and red bands, in order to obtain the NDVI values during the phenological stages. Thus, it was possible to define a vegetation index value for each phenological phase analyzed, thus describing the typical behavior of the crop.

KEY-WORDS: vegetation index, remote sensing, *Phaseolusvulgaris* L., phenological phase.

INTRODUÇÃO

A cultura do feijão se destaca como um dos cultivos de maior importância no Brasil. O feijão é um produto agrícola extremamente apreciado pelos brasileiros, e por estar inserido nos costumes culinários da Nação é considerado alimento básico e uma das principais fontes de proteína na dieta da população (CUNHA, 2013).

Buscando uma melhor avaliação das condições da vegetação, técnicas de sensoriamento remoto têm sido amplamente aplicadas á agricultura. Dentre as principais informações obtidas por meio do sensoriamento remoto estão os índices de vegetação. Os índices de vegetação são uma importante ferramenta gerada por técnicas de sensoriamento remoto que têm sido amplamente empregados onde busca relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação presente na área imageada.

De acordo com Almeida et al. (2005), os índices de vegetação, expressos em valor numérico, resultam da combinação de dois ou mais comprimentos de onda e permitem a detecção de presença e estado da vegetação em questão. Índices de vegetação apresentam boa relação com características fisiológicas e biofísicas da vegetação, como área foliar, fitomassa, anomalias, evapotranspiração, produtividade e condição hídrica (Leivas et al., 2011; Crusiol et al., 2012). Este trabalho teve como objetivo analisar e interpretar o comportamento do índice de vegetação NDVI durante os estádios fenológicos V4; R6; R8; R9 da cultura do feijão (BRS Estilo) na região do PAD-DF através de imagens do Landsat-8.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área irrigada por pivô central de 41 ha na Fazenda Entre Rios, na região do PAD-DF no Distrito Federal, entre as coordenadas 15°56'50.97''S e 47°28'32.25''O, e 880 m de altitude, no período de 21 de maio de 2016 a 29 de agosto de 2016. Segundo a classificação de Koppen (*in* Codeplan 1984), o clima da região é classificado como tropical AW, sendo chuvas concentradas no verão e período de estiagem no inverno.

A cultivar utilizada foi feijão BRS Estilo a semeadura foi realizada mecanicamente no dia 21/05/2016, sendo adotado o espaçamento de 50 cm entre as linhas de plantio e 11.4 sementes por metro na linha. O índice de vegetação empregado neste estudo foram obtidos a partir de produtos do satélite Landsat 8 com resolução espacial de 30 metros obtida gratuitamente no banco de imagens do *United States Geological Survey* USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). As imagens selecionadas para o estudo foram adquiridas no período de 30; 46; 78; 96 DAS (dias após a semeadura).

As imagens foram processadas no software ENVI 5.1, onde realizou-se a obtenção dos valores de NDVI dos pixel da área estudada.

O NDVI é calculado segundo a relação (Equação 1):

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (1)$$

Onde:

IVP: valor da reflectância da banda no infravermelho próximo banda 5 do Landsat 8

V: valor de reflectância na banda no vermelho banda 4 do Landsat 8

Em seguida foram realizadas análises sobre o comportamento do NDVI durante o período de desenvolvimento da cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os valores do comportamento espectral do NDVI durante os estádios fenológicos analisados (V4; R6; R8; R9). Onde no estágio V4, aos 30 DAS, obteve-se o menor valor de NDVI (0,41). No estágio R8 no enchimento de grãos, aos 78 DAS, obteve-se o maior valor de NDVI (0,64), que resultou do aumento de sua biomassa, época em que a cultura atinge o valor máximo do índice vegetativo.

Tabela 1: Valores do comportamento espectral do NDVI durante os estádios fenológicos do feijão BRS estilo. EF estágio fenológico; DAS Dias após a semeadura do acompanhamento do estágio fenológico; NDVI média dos valores de NDVI para os referidos DAS, σ desvio padrão NDVI para os referidos DAS.

EF	V4	R6	R8	R9
DAS	30	46	78	94
NDVI	0,41	0,57	0,64	0,43
σ	0,10	0,06	0,13	0,08

Na Figura 1 apresentam-se o perfil temporal médio de NDVI obtido para a cultivar estudada. Verifica-se que a curva descreve o comportamento típico de cultura anual, Formaggio (1989) analisando a trajetória do comportamento do NDVI observou que o comportamento ao longo do ciclo da cultura (IAC- Carioca 80) apresentou um comportamento em forma de parábola.

Os valores de NDVI encontrados neste trabalho iniciam-se baixo, próximos aos patamares de solo exposto/palhada, e aumentam à medida que a planta cresce e aumenta sua biomassa, época em que a cultura atinge o valor máximo do índice vegetativo. A partir daí a planta reduz o seu vigor vegetativo, entrando na fase senescência e iniciando o processo de maturação, fazendo-se com que os valores de NDVI diminuam até os patamares iniciais de solo exposto.

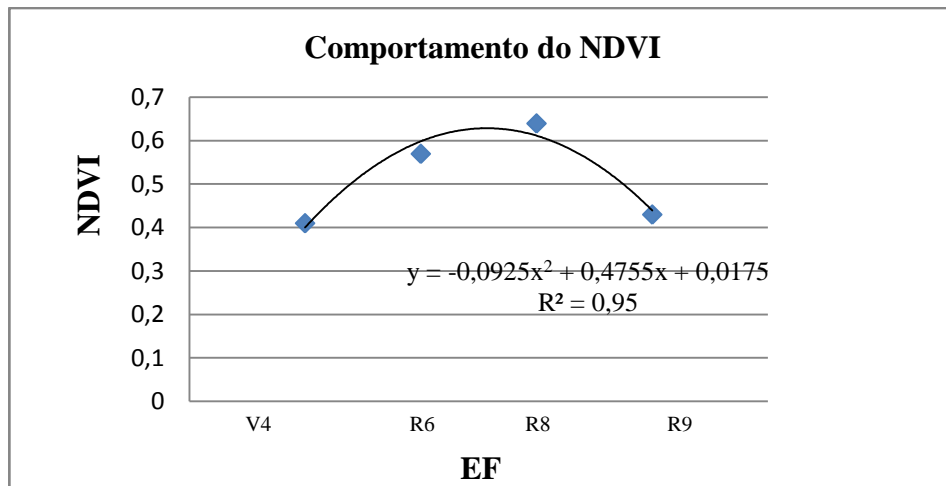


Figura 1. Perfil temporal de NDVI para cada cultivar estudada.

Observa-se, pela figura 1, o R-quadrado apresentou um valor equivalente a $R^2 = 0,95$ próximo de um, onde indica que condições às quais estiveram submetidos à avaliação do comportamento espectral do NDVI deste trabalho foi possível verificar que a curva descreve o comportamento típico de cultura anual, onde os valores de NDVI iniciam-se com valores baixos, e aumentam à medida que a planta cresce e aumenta a sua biomassa, época em que a cultura atinge o valor máximo do índice vegetativo.

CONCLUSÕES

O trabalho atingiu o objetivo permitindo estudar o comportamento do NDVI do feijão BRS estilo, por meio de imagens de satélite LANDSAT-8, mostrando assim o comportamento do NDVI típico para culturas anuais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. S.; FONTANA, D. C.; MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H. Índices de vegetação para a cultura da soja em diferentes condições hídricas e de sistema de manejo do solo. In XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBSR, 2005. p. 17-24.

CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; NASCIMENTO J. L.; JÚNIOR, J.A. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17,n.7, p. 735-742, 2013.

CODEPLAN 1984. **Atlas do Distrito Federal**. Brasília. Secretaria de Educação e Cultura/CODEPLAN. V. 1 78p.

CRUSIOL, L. G. T.; CARVALHO, J. F. C.; SIBALDELLI, R. N. R.; PROCÓPIO, S. O.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; FARIAS, J. R. B. Influência do horário das medições nos valores de NDVI. In: VI Congresso Brasileiro de soja, 2012, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá CBS, 2012. p. 82. ISBN 978-85-7035-056-5.

FORMAGGIO, A.R. Características agronômicas e espectrais para sensoriamento remoto de trigo e de feijão. Piracicaba, 1989. 161p. **Tese (Doutorado)** - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; NOGUEIRA, S. F.; BOLFE, É. L. Estimativa da evapotranspiração em áreas com diferentes características ambientais utilizando o algoritmo Sebal. In : XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011, Guarapari. **Anais...** Guarapari: CBAGRO,2011.p.1-7.

DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO ATUAL DO TOMATEIRO INDUSTRIAL UTILIZANDO IMAGENS DO LANDSAT 8

Déborah Lídyia Alves Sales¹; José Alves Júnior²; Derblai Casaroli³; Larissa Araújo Gonçalves⁴, Charles Roger Sousa e Silva⁵

¹Cientista Ambiental e Geógrafa, Professora Mestre na Faculdade Metropolitana de Anápolis FAMA, Anápolis, Goiás, deborahlidyasales@gmail.com; ² Eng. Agrônomo, Professor Doutor, Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás UFG, Goiânia, Goiás, josealvesjunior@yahoo.com.br; ³Eng. Agrônomo, Professor Doutor, Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás UFG, Goiânia, Goiás, derblai@ufg.br ; ⁴Aluna de Graduação de Agronomia na Faculdade Metropolitana de Anápolis FAMA, Anápolis, Goiás, agr.larissa@gmail.com ⁵Aluno de Graduação de Agronomia na Faculdade Metropolitana de Anápolis FAMA, Anápolis, Goiás, charlesroger95@hotmail.com

RESUMO: A quantificação da evapotranspiração é indispensável para o manejo hídrico em cultivo irrigado. Objetivo deste trabalho foi determinar a evapotranspiração atual do tomateiro industrial (N901) a partir de imagens orbitais utilizando o algoritmo SAFER. A evapotranspiração atual (ETa) foi estimada em um cultivo de tomateiro industrial irrigado por pivô central, no município de Sylvania – GO, Brasil. A ETa foi determinada pelo modelo de balanço de energia SAFER (*Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*) utilizando imagens do satélite Landsat 8 e dados complementares de estação meteorológica. As avaliações foram realizadas durante os estádios de desenvolvimento da cultura. Os valores de ETa obtidos pelo modelo SAFER apresentou significativa correlação com o método micrometeorológico.

PALAVRAS-CHAVE: SAFER; balanço de energia; manejo hídrico.

DETERMINATION OF CURRENT EVAPOTRANSPIRATION OF INDUSTRIAL TOMATOES USING IMAGES OF LANDSAT 8

ABSTRACT: The quantification of evapotranspiration is indispensable for irrigated water management. The objective of this work was to determine the current evapotranspiration of the industrial tomato (N901) from orbital images using the SAFER algorithm. The current evapotranspiration (ETa) was estimated in an industrial tomato crop irrigated by central pivot, in the municipality of Sylvania - GO, Brazil. The ETa was determined by the SAFER (*Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*) energy balance model using images from the Landsat 8 satellite and complementary meteorological station data. The evaluations were carried out during the stages of development of the culture. The ETa values obtained by the SAFER model showed a significant correlation with the micrometeorological method.

KEY-WORDS: SAFER; Energy balance; Water management.

INTRODUÇÃO

O tomateiro industrial é considerado uma das culturas mais expressivas no cenário agrícola mundial devido sua importância para o comércio “in natura” e indústria de “extratos”. É considerado uma das culturas de grande importância para as regiões do Centro-Oeste e Sudeste (DUARTE, 2007).

O conhecimento da taxa de evapotranspiração das plantas é de fundamental importância para o manejo dos recursos hídricos de forma a contribuir racionalmente para o aumento da produção agrícola em áreas irrigadas. A evapotranspiração (ET) pode ser definida pela perda total de água no sistema solo-planta para a atmosfera a partir da combinação dos processos de evaporação e transpiração (LOPES, 2014).

Para a obtenção da evapotranspiração, existem diversos métodos destinados para a estimativa da evapotranspiração. As técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo aplicadas com eficiência, pois permitem estimar a ET em grandes áreas sem que seja necessário quantificar outros processos hidrológicos (ANDRADE et al., 2010). Conforme Lopes (2014) essas estimativas são feitas por meio de imagens de sensoriamento remoto, com a aplicação de algoritmos e modelos.

O SAFER é um algoritmo simplificado de estimativa de evapotranspiração com uso de poucos parâmetros derivados de sensoriamento remoto (TEIXEIRA, 2012). Este trabalho teve como objetivo determinar a evapotranspiração (ET_a) da cultura do tomateiro industrial (N901) irrigado por pivô central, no município de Sylvania-GO aplicando o modelo de balanço de energia *Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving* – (SAFER).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área irrigada por pivô central de 63 ha no período de 23 de maio de 2015 a 21 de setembro de 2015 na fazenda Cabeceira do Piracanjuba, no município de Sylvania - GO. O clima da região é classificado como A_w, segundo a classificação de Koppen. A cultura analisada foi tomateiro rasteiro para processamento industrial N901, transplântio foi realizado manualmente no dia 23/05/2015. Para a estimativa da evapotranspiração, foi utilizada uma série de imagens do satélite Landsat 8 adquiridas gratuitamente no banco de imagens do *United States Geological Survey* - USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

Na estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀), utilizou-se o método de Penman Monteith, com dado de estação meteorológica disponibilizada pelo Porto Seco Centro-Oeste. Após a obtenção das imagens, estas foram importadas para o algoritmo SAFER incorporado no software Arc Gis®10.2.2, com a ferramenta de programação raster calculator disponível no software permite o cálculo e aplicação da modelagem, onde foram obtidos os valores médios dos parâmetros biofísicos: albedo de superfície (α₀), temperatura de superfície (T₀), índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI), em seguida com os dados de (α₀, T₀ e NDVI) foi possível calcular os valores instantâneos da relação ET/ET₀, com os valores instantâneos da relação ET/ET₀ esses foram multiplicados pelos valores diários da ET₀, chegando assim à evapotranspiração atual (ET_a) (Figura 1).

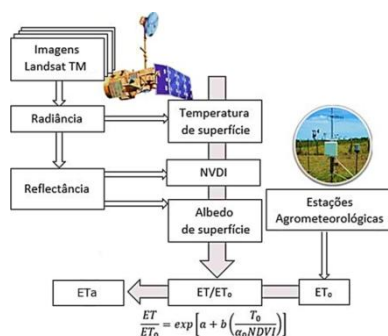


Figura 1 Fluxograma esquemático para o cálculo da evapotranspiração atual por meio do algoritmo SAFER.

A estimativa de evapotranspiração pelo algoritmo (SAFER) foi avaliada correlacionando-se os dados estimados pelo sensoriamento remoto com os estimados pelo método padrão da FAO 56 através do erro relativo percentual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 foram sumarizados os cálculos da ET determinada pelo método padrão (FAO-56), e para evapotranspiração atual (ETa) utilizando o SAFER, em datas diferentes ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura. A partir do erro relativo percentual estima-se uma variação média nos dados dentro da área de 6,03%.

Tabela 1 Evapotranspiração da cultura do tomateiro industrial (N901) nas datas e pontos amostrados nas imagens Landsat 8. Silvânia – GO, 2015.

Data	DAT	ETo (mm/dia)	ETc (mm/dia)	ETa (mm/dia)	Erro relativo (dia)	Erro relativo (%)
08/06	16	4,7	2,82	2,54	0,28	10,00
24/06	32	4,9	3,28	3,09	0,20	5,97
03/07	41	5,1	3,83	3,57	0,26	6,67
10/07	49	4,7	3,85	3,62	0,24	6,10
19/07	58	5,3	4,77	4,45	0,32	6,67
26/07	65	5,0	5,04	4,76	0,28	5,56
04/08	74	5,0	4,5	4,20	0,30	6,67
11/08	81	4,7	4,2	4,20	0,24	5,56
20/08	90	5,1	4,59	4,28	0,31	6,67
05/09	106	5,5	4,24	4,18	0,06	1,30
21/09	122	5,7	3,31	3,14	0,17	5,17

Quando se compara os valores de ETa estimados pelo SAFER, com os valores de ETc (FAO 56), nota-se uma grande similaridade entre os dados, especialmente nas fases em que a cultura encontra-se em pleno desenvolvimento (03/07, 10/07, 19/07, 26/07, 04/08, 11/08 e 20/08). E nas duas primeiras datas (08/06; 16 DAT e 24/06; 32 DAT), o modelo SAFER subestimou o valor de ETa em comparação as ETc estimada pelo método da FAO 56 (Allen et al., 1998) por estar no início do ciclo, com superfície descoberta devido a pouca presença de vegetação. A subestimativa da ETa pelo SAFER também foi observada na fase final do ciclo. Esse efeito pode ser explicado devido ao fato da cultura estar entrando na fase de senescência, diminuindo a cobertura do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza et al. (2015) em estudos com a cultura do feijão irrigado na região

do Cerrado (Distrito Federal). Esse efeito pode ser explicado devido ao fato da cultura, tanto no início de ciclo como na fase final do período vegetativo, com solo exposto e folhas amareladas.

A utilização de sensoriamento remoto aliado a dados de estações agrometeorológicas possibilita avaliar variáveis para possível melhoramento no manejo da irrigação e um possível diagnóstico da quantidade necessária de água a ser aplicada em cada área.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados e analisados, conclui-se que a utilização do algoritmo, obteve resultados satisfatórios. Os valores de ET_a obtidos pelo modelo SAFER para cultura do tomateiro, foram em média 6,03% menores que os valores estimados pelo método padrão FAO-56.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. CropEvapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: **FAO, 1998**. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDRADE, R. G.; PAZ, A. R. da; VICTORIA, D. de C.; DELGADO, R. C.; LIMA, E. de P. Análise da evapotranspiração real diária em diferentes classes de uso e cobertura da terra na região do Pantanal. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16., 2010. Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBMET, 2010.

DUARTE, H. S. S.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. A. Controle da Requeima em tomateiro industrial com fungicida e silicato de potássio. **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, n.3, v. 32, p. 257-260, 2007.

LOPES, A. A.; DUENHA, T. V.; ANDRADE, R. G.; TEIXEIRA, A. H. C.; LEIVAS, J. F. Análise Espaço Temporal da Evapotranspiração em áreas agrícolas do município de Maracaju, MS. In: 8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014, Campinas, SP.

TEIXEIRA, A. H. C. Modelling evapotranspiration by remote sensing parameters and agrometeorological stations. In: NEALE, C. M. U.; COSH, M. H. (Ed.). **Remote Sensing and Hydrology**. Wallingford, UK, 2012a. v. 352, p. 154–157.

SOUZA, J. M. F.; ALVES JUNIOR, J. ; SALES, D. L. ; CASAROLI, D. EVANGELISTA, A. W. P. ; PEREIRA, R. M. Determinação da evapotranspiração atual do feijoeiro irrigado utilizando sensorimamento remoto e a equação de Penman-Monteih. **In:** III novagri international meeting, 2015, Fortaleza.

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO PARA O MONITORAMENTO AGROMETEOROLÓGICO NO SUL DE MINAS GERAIS

Margarete Marin Lordelo Volpato¹, Daniel Andrade Maciel², Helena Maria Ramos Alves³, Tatiana Grossi Chquiloff Vieira⁴, Elza Jacqueline Leite Meireles⁵

¹ Pesquisadora, Bolsista BIPDT-FAPEMIG, Epamig Sul, Lavras, MG, margarete@epamig.br; ² Pós-graduando, INPE, S. José dos Campos, SP, damaciel_maciel@hotmail.com; ³ Pesquisadora, Embrapa Café, Brasília, DF, helena.alves@embrapa.br; ⁴ Bolsista CBP&D Café, Embrapa Café, Brasília, DF, tatianagevieira@gmail.com; ⁵ Pesquisadora, Embrapa Café, Brasília, DF, jacqueline.meireles@embrapa.br

RESUMO: O monitoramento e caracterização de ambientes agrícolas, empregando-se sensores orbitais, ainda são pouco explorados pelo setor produtivo no Brasil. Entretanto, o índice de vegetação pode ser muito útil para se conhecer a biomassa, o vigor vegetativo das plantas e as condições hídricas da agricultura. O objetivo desse estudo foi conhecer o comportamento do índice de vegetação NDVI do sensor MODIS satélite TERRA, na região Sul de Minas, criar um banco de dados espectrais visando o monitoramento de áreas cafeeiras e relacioná-lo à precipitação. Para esse estudo foram selecionadas áreas cafeeiras próximas às estações meteorológicas de Machado, Guaxupé e São Lourenço. O monitoramento foi realizado nos anos de 2014 e 2015, quando ocorreu seca histórica na região Sul de Minas, culminando em queda da produção agrícola e falta de água até para o consumo humano. O estudo mostrou o potencial do produto NDVI/MODIS/TERRA, para o monitoramento agrometeorológico e de eventos climáticos extremos. As análises da distribuição espacial e temporal dos valores de NDVI na região estudada indicam a ocorrência de seca em áreas cafeeiras. A compreensão da variação dos valores de NDVI em áreas cafeeiras submetidas a eventos extremos poderão auxiliar no planejamento e tomada de decisão frente às mudanças climáticas previstas e para determinação de modelos de perda de produtividade do café.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, eventos extremo, seca, cafeicultura.

VEGETATION INDEX FOR AGROMETEOROLOGICAL MONITORING IN THE SOUTH OF MINAS GERAIS

ABSTRACT: The monitoring and characterization of agricultural environments, using orbital sensors, are still little explored by the productive sector in Brazil. However, the vegetation index can be very useful to know the biomass, the vegetative vigor of the plants and the water conditions of the agriculture. The objective of this study was to know the behavior of the NDVI vegetation index of the MODIS satellite TERRA, in the South of Minas Gerais, to create a spectral database to monitor coffee areas and to relate it to precipitation. For this study, coffee areas near the Machado, Guaxupé and São Lourenço meteorological stations were selected. Monitoring was carried out in 2014 and 2015, when there was a historic drought in the South of Minas Gerais, culminating in a fall in agricultural production and few of water for human consumption. The study showed the potential of the NDVI / MODIS / TERRA product for agrometeorological monitoring and extreme weather events. The analyzes of the spatial and temporal distribution of NDVI values in the studied region indicate the dry occurrence in coffee areas. NDVI values in coffee areas subjected to extreme events may help in the planning and decision making of predicted climatic changes and in determining models of coffee productivity loss.

KEY-WORDS: Remote sensing, extreme events, drought, coffee production.

INTRODUÇÃO

No Sul de Minas Gerais, as safras agrícolas 2006-2007 e 2013-2014 apresentaram alteração da produção devido a veranicos e altas temperaturas fora da época normal para região. Estes eventos estão sendo intensamente discutidos e relacionados às mudanças climáticas, entretanto há necessidade de estudos mais detalhados sobre a dinâmica de desenvolvimento das áreas agrícolas nas atuais condições do clima, em condições de eventos extremos e frente às mudanças climáticas previstas.

O sucesso no cultivo do café depende das condições climáticas durante todo o desenvolvimento da planta. Convencionalmente, o monitoramento das áreas cafeeiras tem sido realizado em campo utilizando-se dados de estações meteorológicas e visitas à lavoura para observar seu desenvolvimento. Contudo, a utilização de imagens de satélite, que permitem avaliar grandes áreas a custos menores, pode ser uma grande contribuição para o monitoramento da cafeicultura.

Os produtos MOD13 preparados a partir de imagens do sensor MODIS do satélite TERRA possuem o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), sensível à presença de clorofilas e outros pigmentos da vegetação e tem sido utilizado para estimar biomassa e mudanças no desenvolvimento da vegetação (TUCKER et al., 2005). Segundo Hatfield et al. (2008), o NDVI é índice de vegetação mais utilizado em pesquisas agronômicas e varia de -1 a 1, sendo que a vegetação varia de 0,3 a 1.

Liu et al. (2012) afirmam que a variação anual dos índices de vegetação obtidos por sensores orbitais, podem ser bons indicadores do estresse da vegetação causado pelas alterações climáticas regionais. Volpato et al. (2013) verificaram o potencial do produto MOD13 para o monitoramento do déficit hídrico em áreas cafeeiras do município de Três Pontas, no sul de Minas Gerais.

O objetivo desse estudo foi conhecer o comportamento do índice de vegetação NDVI do sensor MODIS satélite TERRA, na região Sul de Minas, criar um banco de dados espectrais visando o monitoramento de áreas cafeeiras e relacioná-lo à precipitação coletada em estações meteorológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas imagens do sensor MODIS, a bordo do satélite TERRA, produto MOD13Q1, com periodicidade de 16 em 16 dias datadas de primeiro de janeiro de 2014 até 31 de dezembro de 2015 totalizando 46 imagens. Estas imagens foram obtidas através do website Banco de Produtos MODIS (EMBRAPA, 2017), e recortadas para a região Sul de Minas Gerais. Foram calculadas as médias anuais (23 imagens por ano). Utilizando o software ArcGis 10.2 foram calculadas as médias anuais do NDVI para a região e para cada município.

Foram selecionadas 30 áreas cafeeiras representativas da cafeicultura do Sul de Minas Gerais nas regiões de Machado, Guaxupé e São Lourenço, onde são coletados dados meteorológicos disponibilizados pelo AgriTempo (2016), para esse estudo foram analisados os dados de precipitação. As áreas cafeeiras foram selecionadas no Sistema de Análise Temporal da Vegetação (EMBRAPA, 2016) que posteriormente foram visitadas *in situ* com auxílio de um a GPS de navegação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição espacial dos valores médios anuais do NDVI, em 2014 e 2015, pode ser observada na Figura 1a, verificou-se que os valores de NDVI foram maiores a sul e noroeste e menores a nordeste da área de estudo. Os municípios com os valores mais altos de NDVI foram Passa-Vinte, Sapucaí-Mirim e Bocaina de Minas, para os dois anos analisados. Os menores valores foram encontrados em Guapé e São José da Barra. A Figura 1b apresenta a variação dos valores médios do NDVI, observou-se que o menor índice de vegetação foi de 0,51 que ocorreu em 14/09/2014, período do ápice da seca na região, e o maior de 0,74 em 22/03/2015. Liu e Ferreira (1991) também estudaram a relação entre o NDVI e a precipitação em três regiões do estado de São Paulo constataram a importância do NDVI para o monitoramento da agricultura.

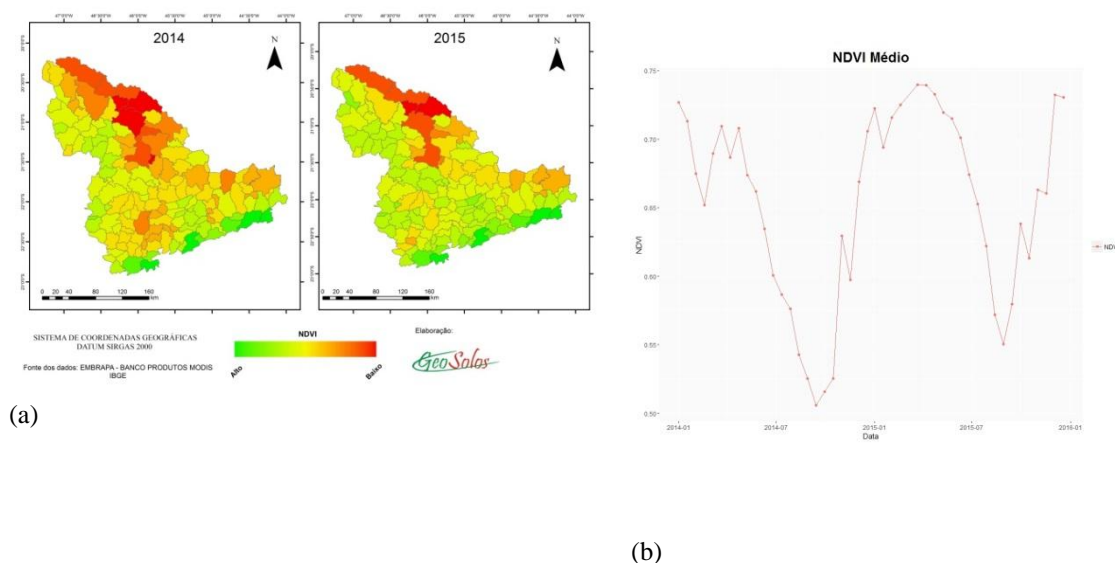
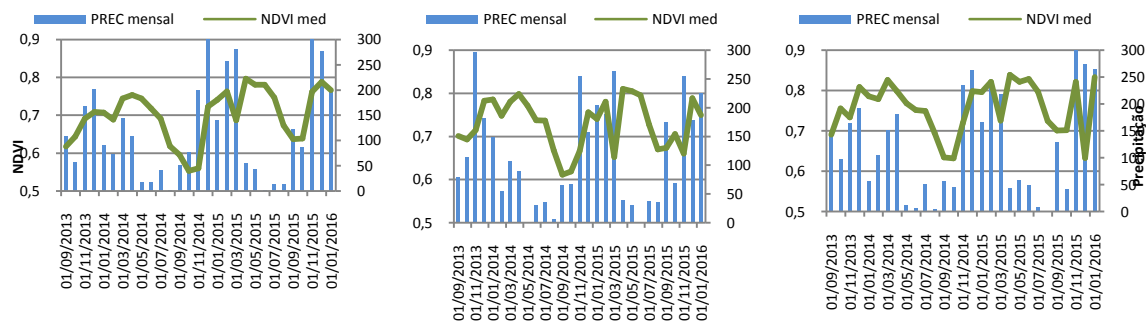


Figura 1. Distribuição espacial dos valores médios anuais do NDVI, no Sul de Minas Gerais (a). Distribuição temporal dos valores médios do NDVI, período 2014-2015 (b).

A figura 2 a, b e c apresentam a distribuição temporal da precipitação e NDVI de áreas cafeeiras nos municípios de Machado, São Lourenço e Guaxupé, respectivamente, no período de setembro de 2013 a janeiro de 2016. Observam-se os menores valores de índice de vegetação em áreas cafeeiras nos meses de setembro, outubro e novembro de 2014, sendo que na região de Machado, os valores de NDVI foram menos que 0,6. Analisando-se a variável precipitação acumulada de novembro de 2013 a maio de 2014, que de acordo com Camargo e Camargo (2001) são os meses de maior demanda hídrica do cafeeiro da espécie arábica, observou-se que os valores foram de 966 mm na estação meteorológica de Machado, 1073 mm em São Lourenço e 1105 mm em Guaxupé.

O Procafé (2016) em seu boletim de aviso fitossanitário nº 196 alertou sobre o acumulado de precipitação muito inferior á média histórica da região Sul de Minas Gerais, no ano de 2014, que resultou em déficit hídrico crítico para o desenvolvimento dos cafeeiros, e conseqüentemente grãos de café de tamanho menor.

Para o ano de 2015 os valores de NDVI foram maiores que 0,6 e para a variável precipitação acumulada de novembro de 2014 a maio de 2015 observou-se que os valores foram de 1441 mm na estação meteorológica de Machado, 1272 mm em São Lourenço e 1333 mm em Guaxupé.



(a) Machado

(b) São Lourenço

(c) Guaxupé

Figura 2. Distribuição temporal da precipitação (em mm) e NDVI de áreas cafeeiras nos municípios de Machado (a), São Lourenço (b) e Guaxupé (c), no período de setembro de 2013 a janeiro de 2016.

CONCLUSÕES

O estudo mostrou o potencial do produto NDVI/MODIS/TERRA, para o monitoramento agrometeorológico e de eventos climáticos extremos.

As análises da distribuição espacial e temporal dos valores de NDVI na região Sul de Minas Gerais indicaram a ocorrência seca em áreas cafeeiras.

Os valores de NDVI em áreas cafeeiras submetidas a eventos extremos poderão auxiliar no planejamento e tomada de decisão frente às mudanças climáticas previstas e para determinação de modelos de perda de produtividade do café.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG e Consórcio Pesquisa Café pelo financiamento do projeto e bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2016.

EMBRAPA. **Sistema de Análise Temporal da Vegetação**. Disponível em: <<https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/>>. Acesso em: 8 de dezembro de 2016.

EMBRAPA. **Banco de dados do Produto MODIS**. Disponível em: <<https://www.modis.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 22 de março de 2017.

HATFIELD, L.J.; GITELSON, A.A.; SCHEPERS, S.J.; WALTHALL L.C. Application of spectral remote sensing for agronomic decisions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 3, p. S117-S131, 2008. Supplement.

LIU, S., ROBERTS, D.A., CHADWICK, O. A., STILL, C.J. Spectral responses to plant available soil moisture in a Californian grassland. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, New York, v. 19, p. 31-44, 2012.

LIU, W. T; FERREIRA, A. Monitoring crop production regions in São Paulo State of Brazil using NDVI. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF REMOTE SENSING FOR ENVIRONMENT, 24., Rio de Janeiro, 1991. **Proceedings...** Ann Arbor. Michigan: ERIM, 1991. v. 2, p.447-455.

PROCAFÉ. **Boletim de aviso fitossanitário Sul de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.fundacaoprocafe.com.br/estacao-e-avisos/sul-de-minas/boletim-de-aviso>>. Acesso em: 15 de março de 2016.

TUCKER, C.J., PINZON, J. E., BROWN M.E., SLAYBACK, D.A., PAK E.W., MAHONEY R., VERMOTE E.F., SALEOUS N. An extended AVHRR 8-km NDVI Data Set Compatible with MODIS and SPOT Vegetation NDVI Data. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 26, p. 4485-4498, 2005.

VOLPATO M. M. L; VIEIRA, T G. C., ALVES, H. M. R., SANTOS, W. J. R. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 176-182, abr./jun. 2013.

AGRICULTURA IRRIGADA NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS COM MAIORES CONCENTRAÇÕES DE PIVÔS CENTRAIS

Daniel Pereira Guimarães¹, Elena Charlotte Landau², Maria Carolina Braga Santos³,
Klênia Karoline de Paula Rosa⁴, Denise Luz de Sousa⁵

¹Engenheiro Florestal, D. Sc. Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, daniel.guimaraes@embrapa.br; ²Bióloga, D. Sc. Pesquisadora, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, charlotte.landau@embrapa.br; ³Estudante graduação, UNIFEMM, Sete Lagoas, MG, maria.santos@alunos.unifemm.edu.br; ⁴Estudante graduação, UFSJ, Sete Lagoas, MG, klenia31@yahoo.com.br; ⁵Estudante graduação, UNIFEMM, Sete Lagoas, MG, deniseluz39@gmail.com

RESUMO: Quinhentos mil hectares são irrigados por 6755 pivôs centrais em apenas 20 municípios brasileiros situados em Minas Gerais (Paracatu, Unaí, Rio Paranaíba, João Pinheiro e Perdizes), Goiás e DF (Cristalina, Jussara e Brasília), São Paulo (Itaí, Guaíra, Paranapanema, Casa Branca e Itapeva), Bahia (São Desidério, Barreiras e Mucugê) e Mato Grosso (Primavera do Leste e Sorriso). Os municípios com maior área irrigada por pivôs centrais em 2015 foram Paracatu (63141,97 hectares e 946 pivôs) seguido de Unaí (63003,28 ha e 700 pivôs) e Cristalina (58830,72 ha e 732 pivôs centrais). Seis municípios apresentam proporção de área irrigada superior a 10% da área municipal: Casa Branca – SP (14,77%), Itaí – SP (14,33%), Mucugê – BA (13,70%), Paranapanema – SP (12,76%), Guaíra – SP (11,54%) e Rio Paranaíba – MG (11,0%).

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, pivôs centrais, municípios brasileiros.

IRRIGATED AGRICULTURE IN BRAZILIAN MUNICIPALITIES WITH HIGHER CONCENTRATIONS OF CENTRAL PIVOTS.

ABSTRACT: Five hundred thousand hectares are irrigated by 6,755 central pivots in only 20 Brazilian municipalities located in the State of Minas Gerais (Paracatu, Unaí, Rio Paranaíba, João Pinheiro and Perdizes), Goiás (Cristalina and Jussara), Federal District (Brasília), São Paulo (Itaí, Guaíra, Paranapanema, Casa Branca and Itapeva), Bahia (São Desidério, Barreiras and Mucugê) and Mato Grosso (Primavera do Leste and Sorriso). The municipalities with the largest area irrigated by central pivots in 2015 were Paracatu (63,141.97 hectares, 946 pivots) followed by Unaí (63,003.28 hectares, 700 pivots) and Cristalina (58,830.72 hectares, 732 pivots). Six municipalities had more than 10% of the municipal area irrigated by central pivots: Casa Branca-SP (14.77%), Itaí-SP (14.33%), Mucugê-BA (13.70%), Paranapanema-SP 12.76%), Guaíra-SP (11.54%) and Rio Paranaíba-MG (11.0%).

KEY-WORDS: Irrigation, central pivots, Brazilian municipalities

INTRODUÇÃO

O suprimento de alimentos para a humanidade em consonância com a preservação do meio ambiente passa necessariamente pelo uso eficiente dos recursos hídricos. No Brasil, a disponibilidade de água é fortemente impactada pelas variações climáticas, principalmente em anos de estiagem, demandando planejamentos estratégicos visando o uso racional dos recursos hídricos. De acordo com a FAO (2014), cerca de 70% da água doce derivada dos mananciais é utilizada na agricultura; no caso dos países subdesenvolvidos, pode atingir 90%. BRITO et al. (2010) reportam que a agricultura irrigada no Brasil supre 16% da demanda alimentar, permitindo produção de alimentos três vezes maior e retorno econômico sete vezes maior do que igual área sob regime de sequeiro, ou dependente das chuvas. A agricultura irrigada traz benefícios e conflitos econômicos e sociais. RIGOTTO et al. (2016) relatam que os perímetros irrigados trazem grandes benefícios para os empresários, porém redução do acesso à água para a população local, riscos de contaminação por agrotóxicos e danos ambientais. SILVA & HORA (2015) discutem o conflito pelo uso da água entre o setor hidroenergético (UHE Batalha) e a agricultura irrigada na bacia do Rio São Marcos, entre os Estados de Goiás e Minas Gerais. FURQUIM & ABDALA (2016) mostram enorme contribuição econômica da agricultura irrigada para o crescimento e qualidade de vida no município de Cristalina-GO. Este trabalho objetiva identificar os municípios brasileiros com maior concentração de agricultura irrigada por pivôs centrais, visando contribuir para a gestão adequada dos recursos hídricos no país.

MATERIAL E MÉTODOS

A busca da sustentabilidade na agricultura irrigada depende da caracterização e da solução dos problemas inerentes aos sistemas de produção. MORAIS et al. (2016) evidenciam a ineficiência do uso da água na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu localizada nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. A Agência Nacional de Águas busca controlar o uso da água com o controle de outorgas e marcos regulatórios (COLLISCHONN, 2011). GAVA et al. (2016) mostram a viabilidade da irrigação com déficit hídrico de modo a minimizar o consumo de água na agricultura com baixas perdas na produtividade. LANDAU & GUIMARÃES (2015) fizeram o levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil em 2013.

O levantamento dos pivôs centrais de irrigação foi realizado pela identificação visual na fusão de imagens *Landsat 8* e *Sentinel 2* com resolução final de 10 metros. As imagens foram salvas no formato kmz utilizando o software Global Mapper v. 17 e a demarcação dos polígonos foi feita na plataforma Google Earth conforme metodologia de GUIMARÃES et al. (2012). Procedimento semelhante foi feito por MARTINS et al. (2016) no levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Rio Grande do Sul. ARAUJO et al (2015) não obtiveram êxito no uso de algoritmos para proceder a detecção automatizada dos equipamentos de irrigação em imagens de satélite.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil em 2015 apresentou uma área de aproximadamente um milhão e quatrocentos mil hectares distribuída por 1045 municípios. A Tabela 1 mostra os 20 municípios com maiores áreas irrigadas por pivôs centrais no Brasil, o número de equipamentos de irrigação e a porcentagem da área irrigada em relação à área do município.

Tabela 1. Municípios brasileiros com maior concentração de áreas irrigadas por pivôs centrais, nº de equipamentos de irrigação e proporção da área municipal ocupada pela irrigação.

Município	UF	Microrregião	Mesorregião	Área Irrigada	N Pivôs	% Município
Paracatu	MG	Paracatu	Noroeste de Minas	63141,97	946	7,67
Unaí	MG	Unaí	Noroeste de Minas	63003,28	700	7,46
Cristalina	GO	Entorno de Brasília	Leste Goiano	58830,72	732	9,54
São Desidério	BA	Barreiras	Extremo Oeste Baiano	39673,21	372	2,62
Barreiras	BA	Barreiras	Extremo Oeste Baiano	38986,73	374	4,96
Mucugê	BA	Seabra	Centro Sul Baiano	33658,09	480	13,70
Primavera do Leste	MT	Primavera do Leste	Sudeste Mato-Grossense	22479,32	184	4,10
Jaborandi	BA	Santa Maria da Vitória	Extremo Oeste Baiano	20322,05	180	2,13
Luis Eduardo Magalhães	BA	Barreiras	Extremo Oeste Baiano	16811,15	185	4,27
Itaí	SP	Avaré	Bauru	15520,28	318	14,33
Rio Paranaíba	MG	Patos de Minas	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	14865,46	295	11,00
Guaíra	SP	São Joaquim da Barra	Ribeirão Preto	14537,41	361	11,54
Brasília	DF	Brasília	Distrito Federal	14418,68	246	2,49
Sorriso	MT	Alto Teles Pires	Norte Mato-Grossense	14171,43	107	1,52
Paranapanema	SP	Avaré	Bauru	13004,27	305	12,76
Casa Branca	SP	São João da Boa Vista	Campinas	12770,67	311	14,77
Itapeva	SP	Itapeva	Itapetininga	12576,1	232	6,88
Jussara	GO	Rio Vermelho	Noroeste Goiano	12491,99	112	3,06
João Pinheiro	MG	Paracatu	Noroeste de Minas	12382,52	136	1,15
Perdizes	MG	Araxá	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	12159,07	179	4,96
Total				505804,4	6755	

Os resultados evidenciam que os municípios mineiros de Paracatu e Unaí são atualmente os que possuem maiores áreas irrigadas por pivôs centrais e superam a área irrigada em Cristalina, GO em mais de 4 mil hectares. Esses resultados refletem as limitações impostas pelo marco regulatório da Agência Nacional de Águas na Bacia do rio São Marcos e a deficiência no suprimento energia elétrica para os pivôs centrais de Cristalina, GO. Dentre os seis municípios com áreas irrigadas superiores à 10% da área municipal, quatro estão localizados em São Paulo (Casa Branca, Itaí, Paranapanema e Guaíra). Cerca de 30% da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil está localizada em apenas 20 municípios, o que indica a alta concentração da atividade no país e 13% dessa área localiza-se nos municípios de Paracatu, Unaí e Cristalina.

CONCLUSÕES

A agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil apresenta tendência de concentração e cerca de 30% da área irrigada ocorre em apenas 20 municípios.

Os municípios mineiros de Paracatu e Unaí, com aproximadamente 63 mil hectares, detém as maiores áreas irrigadas por pivôs centrais no Brasil e superam o município de Cristalina em mais de 4 mil hectares.

Seis municípios brasileiros apresentam áreas irrigadas por pivôs centrais superiores à 10% da área municipal, sendo que quatro destes estão localizados no estado de São Paulo (Casa Branca, Itaí, Paranapanema e Guaíra).

O crescimento sustentável da irrigação por pivôs centrais no Brasil deverá levar em consideração a descentralização da atividade e a busca de eficiência no uso da água.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, G. L. et al. Algoritmo para detecção automática de pivôs centrais. **Revista da Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu**, v. 13, n. 2, p. 34-42, 2015.

BRITO, L. T. de L.; MELO, R. F. de; GIONGO, V. Impactos ambientais causados pela agricultura no Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, cap. 5, p.137-169. 2010.

COLLISCHONN, B. **Marco regulatório do uso da água na bacia do rio São Marcos**. Trabalho apresentado na Reunião CTPI/CBH realizada em Paranaíba em maio de 2011. Disponível em: http://www.paranaiba.cbh.gov.br/Apresentacoes/15aCTPI/15aCTPI_MarcoRegulatorio.doSaoMarcos-ANA.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2013.

FOODAND Agriculture Organization of the United Nations- FAO, 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Rome. 223 pp.

FURQUIM, M. G. D.; ABDALA, K. O. Caracterização preliminar da agricultura irrigada em Cristalina-GO, a estreita relação entre o desenvolvimento sustentável e o crescimento econômico. Irriga, Botucatu, Edição Especial, IRRIGA & INOVAGRI, p. 129-134, 2016.

GAVA, R. et al. Estratégias de manejo de déficit hídrico na irrigação da cultura da soja. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v. 10(3): 305-315, 2016

GUIMARAES, D. P.; PIMENTA, F. M.; LANDAU, E. C. A integração Google Earth-SIG-Servidor de mapas e o monitoramento ambiental. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. Circular técnica, 183. 20p.

LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P.; SOUZA, D. L. de Variação da área irrigada por pivôs centrais no Brasil entre 2013 e 2014. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 126).

MARTINS, R. A. et al. Evolução da prática de irrigação por pivô central no município de Morrinhos (GO) e a pressão sobre os recursos hídricos. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v. 12, n. 3, p. 881-890, 2016.

MORAES, M. G. A.; CARNEIRO, A. C. M.; SILVA, M. P. R. Coeficientes técnicos de uso direto da água em termos monetários para regiões hidrográficas nos setores da agricultura irrigada e do abastecimento urbano: o caso de uma das bacias receptoras do Eixo Norte do Projeto de Integração do São Francisco. **Eng Sanit Ambient**. v.21 n°3 p. 469-477, 2016.

RIGOTTO, R. M. et al. Perímetros irrigados e direitos violados no Ceará e Rio Grande do Norte: “Por que a água chega e a gente tem que sair?”. **Revista Pegada**, v. 17 n°2, 122-144. 2016.

SILVA, L. M. C.; HORA, M. A. G. M. Conflito pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio São Marcos: o estudo de caso da UHE Batalha. **ENGEVISTA**, v. 17, n° 2, p. 166-174, junho 2015.

CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO DE IBIMIRIM-PE UTILIZANDO IMAGENS ORBITAIS

Carolina de Lima França¹, Diêgo Cezar dos Santos Araújo², Átyla de Paula Rego³

¹ Doutoranda em Engenharia Agrícola-UFRPE, Recife-PE, carolinadelimafranca@gmail.com ² Doutorando em Engenharia Agrícola-UFRPE, Recife-PE, diego@agro.eng.br ³ Graduando em Engenharia Civil- Faculdade dos Guararapes, Jaboatão dos Guararapes, atylarego@gmail.com

RESUMO: Este estudo objetivou caracterizar a vegetação do município de Ibimirim, situado no semiárido Pernambucano, por meio de imagens orbitais. As imagens foram obtidas através do satélite Landsat 8 OLI/TIRS, durante o mês de outubro de 2015 (estação seca na região). Foi utilizado o algoritmo SEBAL durante o processamento, com obtenção dos índices de vegetação NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) e IAF (Índice de Área Foliar). Os valores dos dois índices foram baixos, típicos de regiões com baixo índice pluviométrico, o que se justifica pela época do ano, onde não houve registro de precipitação. A presença de áreas marcadas pela agricultura irrigada elevou os índices de vegetação devido ao suprimento de água. De modo geral, percebe-se que o sensoriamento remoto pode ser utilizado para a identificação de alvos na superfície, permitindo o estudo da dinâmica da vegetação e contribuindo com o monitoramento ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: índices de vegetação, sensoriamento remoto, semiárido.

CHARACTERIZATION OF VEGETATION OF IBIMIRIM, PERNAMBUCO, USING ORBITAL IMAGES

ABSTRACT: This study aimed to characterize the vegetation of the municipality of Ibimirim, located in the semiarid of Pernambuco State, Brazil, through orbital images. The images were obtained through the satellite Landsat 8 OLI/TIRS, during the month of October of 2015 (dry season in the region). The SEBAL algorithm was used during processing, obtaining NDVI vegetation indexes (Index of Difference Vegetation Index) and LAI (Leaf Area Index). The values of the two indices were low, typical of regions with low rainfall, which is justified by the time of year, where there was no precipitation record. The presence of areas marked by irrigated agriculture increases the vegetation index due to the water supply. In general, it can be seen that remote sensing can be used to identify surface targets, allowing the study of vegetation dynamics and contributing to environmental monitoring.

KEY-WORDS: vegetation index, remote sensing, semiarid.

INTRODUÇÃO

Os dados do sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica tem sido de fundamental importância no contexto da observação e monitoramento da superfície terrestre e ao comportamento dinâmico da vegetação (CUNHA et al., 2012; BEZERRA et al., 2014; SALLO et al., 2014).

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) responde à densidade da vegetação, cor e diferentes estados de umidade do solo e práticas de cultivo, devido à intensa absorção na região visível do espectro eletromagnético, em 0,475 μm e 0,65 μm , por parte da clorofila (LUNA GUSMÃO et al., 2013).

O índice de área foliar é um parâmetro físico importante, pois, está relacionada ao crescimento da cultura. De acordo com Zhao & Yang (2012) o uso do sensoriamento remoto mostra-se como uma ferramenta confiável devido a correta caracterização de

paisagens florestais, que permite estimativas de áreas foliares, biomassas e densidade do dossel.

Neste contexto esta pesquisa objetivou-se caracterizar a vegetação da cidade de Ibimirim-PE, através de imagens orbitais, utilizando o algoritmo SEBAL.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Ibimirim (Figura 1), situado no semiárido Pernambucano, entre as coordenadas 8°39' S e 37°35' a 37°37' W, com altitude aproximada de 600 m. O clima é do tipo B'Swh', semiárido muito quente, tipo estepe (classificação de Köppen), com precipitação pluvial e temperatura média anual de 420 mm e 25 °C, respectivamente. Os meses mais quentes do ano são novembro e dezembro, com temperaturas máximas entre 35 e 40 °C.

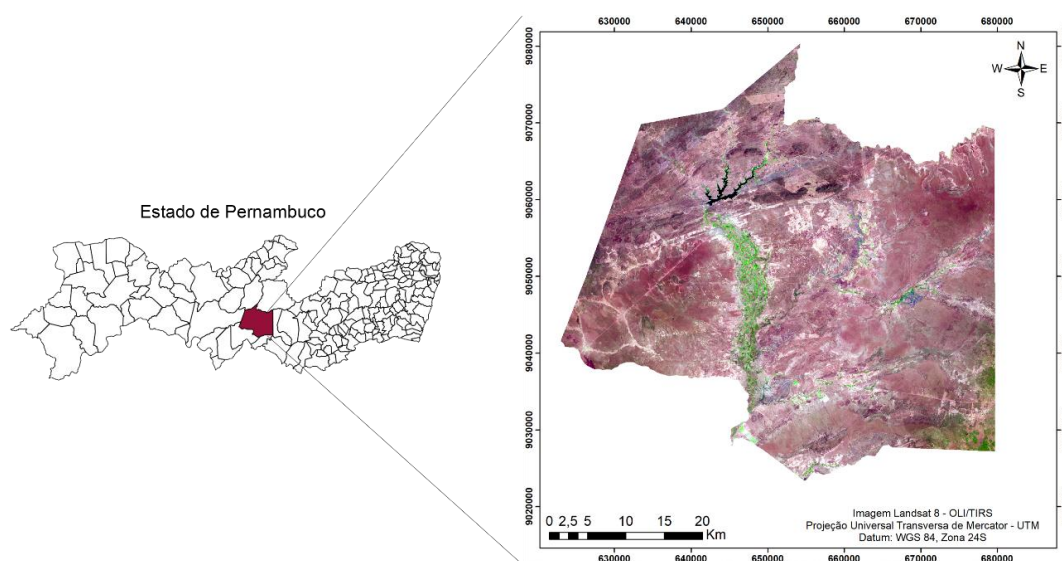


Figura 1. Localização do município de Ibimirim-PE.

Para aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, as imagens foram baixadas do satélite Landsat 8 OLI/TIRS, órbita 216 e ponto 66, para o dia 07/12/2015, referente à estação seca na região. No referido mês, não houve registro de precipitação.

Inicialmente, foi processada a calibração radiométrica, com conversões de números digitais (DN) para valores de radiância e, em seguida, foi obtida a reflectância planetária. O processamento foi realizado com o uso do software ERDAS Imagine 9.1, utilizando o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land).

Os índices de vegetação NDVI (Índice de Vegetação da diferença Normalizada) e IAF (Índice de Área Foliar) foram calculados conforme metodologia proposta por Allen et al. (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O NDVI médio para o município foi de 0,24, valor considerado indicativo de áreas secas, com baixo índice pluviométrico, segundo Gurgel, Ferreira e Luiz (2003). Maiores valores de NDVI foram encontrados próximo ao leito do rio (Figura 2), em área marcada por intensa atividade agrícola, o que aumenta a presença de biomassa em virtude do maior suprimento hídrico. Por absorver quase que toda a radiação emitida, a faixa composta por água apresentou valores de NDVI negativos. O mesmo resultado foi

identificado por Rodrigues et al. (2009) ao estudarem a dinâmica da vegetação em uma bacia hidrográfica no Ceará.

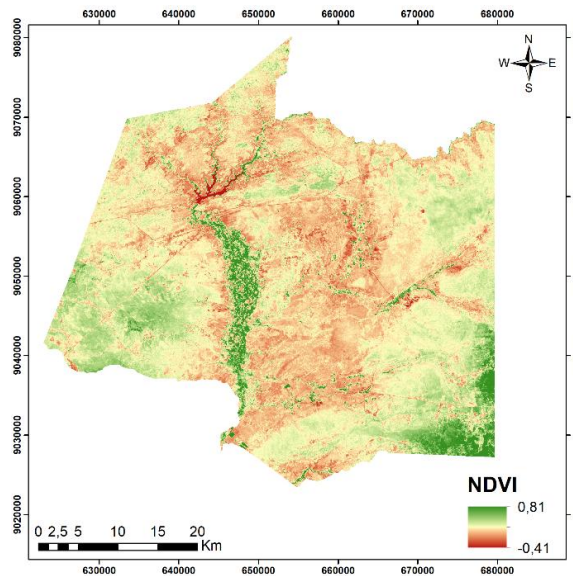


Figura 2. Índice de vegetação (NDVI) para o município de Ibimirim-PE, em outubro de 2015.

Quanto ao IAF, por ser um subproduto dos índices de vegetação, a forma de interpretação é bastante similar. Áreas com maior índice de IAF estão associadas a faixas em que há maior NDVI (Figura 3). Mais uma vez, nota-se valores mais expressivos na faixa irrigada e em pontos isolados, provavelmente associados a área de vegetação preservada. Cunha et al. (2012), estudando índices de vegetação em uma bacia da Paraíba, também notaram a característica peculiar de o índice IAF tender a aumentar em áreas ribeirinhas, o que se justifica pelo suprimento hídrico e presença de áreas marcadas pela agricultura irrigada.

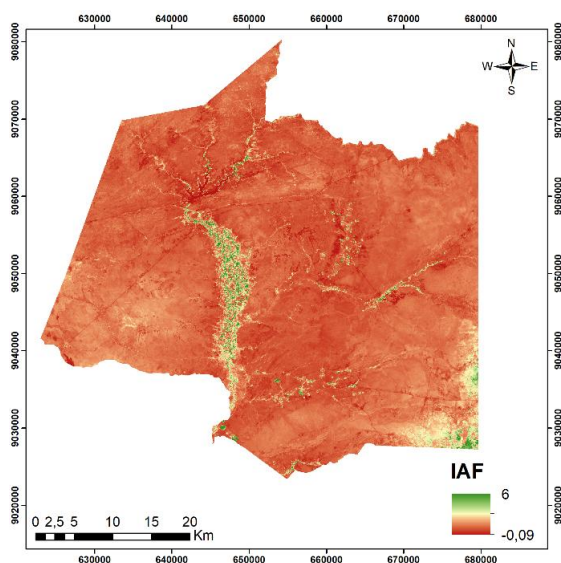


Figura 2. Índice de vegetação IAF para o município de Ibimirim-PE, em outubro de 2015.

CONCLUSÕES

Maiores índices de vegetação NDVI e IAF foram encontrados em áreas com presença marcante de agricultura irrigada, evidenciando que a variação espacial destes parâmetros está diretamente associada ao uso e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; BASTIAANSEN, W. G. M. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation**, v.1, p. 97, 2002.

BASTIAANSEN, W. G. M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MA, Y.; MORENO, J. F.; ROERINK, G. J.; VAN DER WAL, T. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 198-212, 1998.

BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. A.; SILVA, B. B.; LOPES, P. M. O.; SILVA, E. F. F. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 73–84, 2014.

CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B.; CHAVES, I. B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 539–548, 2012.

GURGEL, H.C.; FERREIRA, N.J.; LUIZ, A.J.B. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil utilizando-se a análise de agrupamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 85-90, 2003.

GUSMÃO, A. C. V. L.; SILVA, B. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; OLIVEIRA, L. M. M. Índice de vegetação e temperatura da superfície no ecótono ilha do bananal por sensoriamento remoto. **Revista de Geografia**, v. 30, n. 3, p. 209-225, 2014.

PRUSKI, F. F.; PRUSKI, P. L. Tecnologia e inovação frente a gestão de recurso hídricos. In: MEDEIROS, S. de S. et al. (Ed.). Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 27-58.

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; TEIXEIRA, A. S.; SILVA, B. B. Sazonalidade de variáveis biofísicas em regiões semiáridas pelo emprego do sensoriamento remoto. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 3, p. 452-465, 2009.

SALLO, F. S.; FRANÇA, M. S.; MORAIS, D. M.; RODRIGUES, R.; BIUDES, M. S. Estimativa de componentes do balanço de radiação em diferentes tipos de uso e cobertura do solo. **Revista Ambiente & Água**, v. 9 n. 2, Taubaté, 2014.

SANTOS, S. M. S.; ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na bacia do rio Una, Pernambuco-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 2, p. 243-257, 2014.

ZHAO, D.; YANG, T.; AN, S. Effects of crop residue cover resulting from tillage practices on LAI estimation of wheat canopies using remote sensing. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 14, p.169-177, 2012.

DINÂMICA DA VEGETAÇÃO EM UMA BACIA EXPERIMENTAL DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Diêgo César dos Santos Araújo¹, Suzana Maria Gico Lima Montenegro², Daniella Pereira dos Santos³, Abelardo Antônio de Assunção Montenegro⁴, José Diorgenes Alves Oliveira⁵

¹ Doutorando em Eng. Agrícola, UFRPE/DEAGRI, Recife, PE, diego@agro.eng.br; ² Professora Titular, UFPE/CTG, Recife, PE, suzanam.ufpe@gmail.com; ³ Doutoranda em Eng. Agrícola, UFRPE/DEAGRI, Recife, PE, daniellapsantos@hotmail.com; ⁴ Professor Titular, UFRPE/DEAGRI, Recife, PE, abelardomontenegro666@gmail.com; ⁵ Doutorando em Eng. Agrícola, UFRPE/DEAGRI, Recife, PE, josediorgenes@gmail.com.

RESUMO: O uso de dados obtidos por sensoriamento remoto pode auxiliar no monitoramento e compreensão da dinâmica da vegetação em uma determinada região. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica da vegetação de caatinga em uma bacia experimental situada no município de Pesqueira, semiárido pernambucano, durante as estações seca e chuvosa, utilizando índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) e temperatura de superfície do solo (Ts), por meio de técnicas e produtos de sensoriamento remoto. Foram realizadas as etapas de calibração radiométrica e reflectância e, em seguida, geraram-se as cartas temáticas dos índices de vegetação NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo), IAF (Índice de Área Foliar) e a temperatura de superfície do solo, comparando-se os dados obtidos remotamente com informações meteorológicas monitoradas em campo (precipitação e temperatura do ar). Os índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF apresentaram valores mais expressivos no mês de julho, devido ao maior regime pluviométrico (114,4 mm). Em outubro, devido à escassez de chuvas (1 mm), estes índices apresentaram valores mais baixos, que foram combinados com temperaturas de superfície bastante elevadas. Nos dois períodos, os índices de vegetação foram menores e as temperaturas de superfície mais expressivas em porções da bacia marcadas pela atividade antrópica e presença de solo exposto ou pouco vegetado. Observou-se que maior parte da cobertura vegetal fotossinteticamente ativa na bacia tende a diminuir rapidamente com a redução das chuvas, alertando à necessidade do monitoramento local.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, caatinga, precipitação.

VEGETATION DYNAMICS IN AN EXPERIMENTAL BASIN IN THE SEMIARID OF PERNAMBUCO, BRAZIL

ABSTRACT: The use of data obtained by remote sensing can help in the monitoring and understanding of vegetation dynamics in a given region. The objective of this work was to evaluate the dynamics of the caatinga vegetation in an experimental basin located in the municipality of Pesqueira, in the semiarid of Pernambuco, during the dry and rainy season, using vegetation indices (NDVI, SAVI and LAI) and soil surface temperature (Ts), through remote sensing techniques and products. The radiometric calibration and reflectance steps were performed, then the thematic charts of vegetation indexes NDVI (Vegetation Index by Normalized Difference), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), LAI (Leaf Area Index) and surface temperature are generated, comparing the data obtained remotely with field-monitored meteorological information

(precipitation and air temperature). NDVI, SAVI and LAI vegetation indexes presented more expressive values in July, due to the higher rainfall volume (114.4 mm). In October, due to the scarcity of rainfall (1 mm), these indexes presented lower values, which were combined with very high soil surface temperatures. In both periods, vegetation indexes were lower and the surface temperatures more significant in portions of the basin marked by anthropic activity and presence of bare or slightly vegetated soil. It was observed that most of the photosynthetically active vegetation cover in the basin tends to decrease rapidly with the reduction of rainfall, alerting to the need for local monitoring.

KEY-WORDS: remote sensing, caatinga, precipitation.

INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das grandes responsáveis pela disponibilidade de biomassa em regiões semiáridas e, por esse motivo, está relacionada à cobertura vegetal, de modo que alterações mínimas no regime de chuvas podem influenciar diretamente na resposta da vegetação (CUNHA et al., 2014).

O monitoramento ambiental no Nordeste é essencial, especialmente em zonas semiáridas, que correspondem a 86% da área da região e se caracterizam por apresentar alta irregularidade na distribuição espacial e temporal das precipitações, que se expressa em diversas escalas (NÓBREGA; SANTIAGO, 2016). Com o advento do sensoriamento remoto, tornou-se possível avaliar como a cobertura vegetal processa a radiação eletromagnética por meio de estudos que enfatizam o comportamento espectral da vegetação (ZANZARINI et al., 2013).

Diversos parâmetros biofísicos e físicos, como os índices de vegetação e temperatura de superfície, obtidos por imagens de satélite, podem ser utilizados para caracterização e determinação de mudanças que ocorrem na superfície terrestre (Lopes et al., 2010). Bezerra et al. (2014) conseguiram representar bem as variações sazonais de uso e ocupação do solo e alterações climáticas em uma zona semiárida do Rio Grande do Norte utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), temperatura de superfície (T_s) e albedo de superfície, bem como Ferreira et al. (2011), avaliando a dinâmica da vegetação no município de Petrolina, no início da estação chuvosa na região, tendo sido possível diferenciar bem áreas de vegetação de caatinga em relação às áreas de cultivo irrigado, permitindo discriminar bem os alvos.

O presente trabalho propôs avaliar a dinâmica da vegetação de caatinga em uma bacia experimental do semiárido pernambucano, em estação seca e chuvosa, utilizando índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) e temperatura de superfície (T_s), por meio de técnicas e produtos de sensoriamento remoto.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Bacia Experimental do Riacho Jatobá, que possui uma área de drenagem de 14 km², com perímetro de 16 km e área total de 149 km², localizada no município de Pesqueira-PE, entre as coordenadas 8° 34' 17" e 8° 18' 11" de Latitude Sul, e 37° 1' 35" e 36° 47' 20" de Longitude Oeste (Figura 1). A precipitação média anual é de 600 mm, com temperatura média de 23 °C e evapotranspiração potencial em torno de 2.000 mm/ano (SILVA JUNIOR; MONTENEGRO; MELO, 2016).

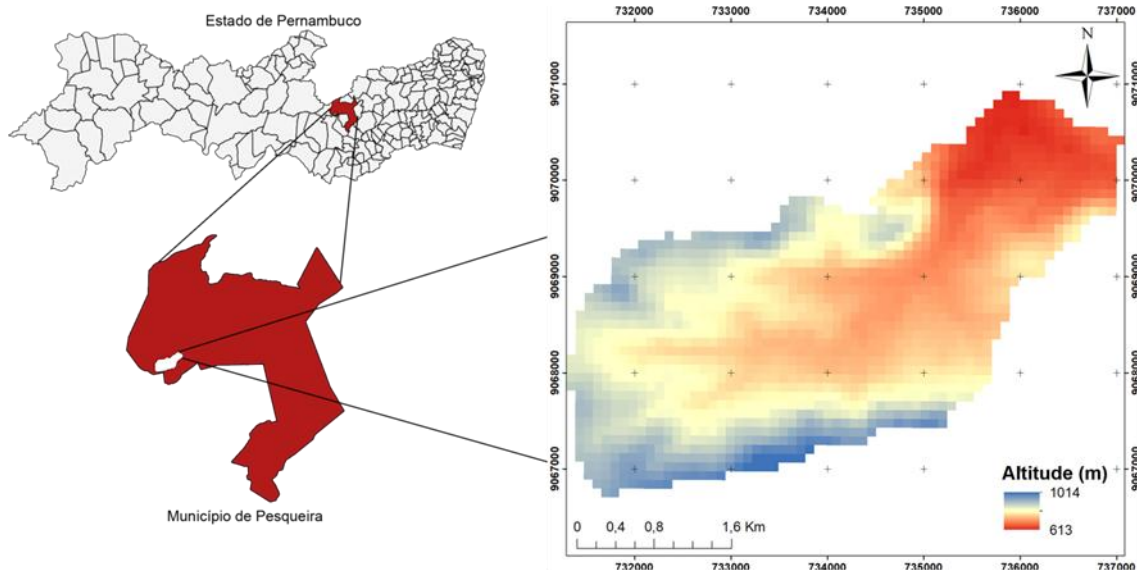


Figura 1. Localização da Bacia Experimental do Riacho Jatobá no município de Pesqueira, PE.

A vegetação predominante é do tipo Caatinga hiperxerófila. De acordo com levantamento feito por Melo (2013), na bacia há poucos aglomerados habitacionais, o que a caracteriza como sendo tipicamente rural. A vegetação natural, no entanto, vem cedendo lugar a diferentes tipos de uso do solo, o que causa sensível alteração na paisagem ao longo do tempo.

O clima da região é caracterizado por período de chuvas entre os meses de março a agosto e estiagem entre os meses de setembro e fevereiro, de modo que, para que fosse avaliada a influência da precipitação no padrão da vegetação, o estudo foi realizado em dois meses, sendo um para a estação seca e outro para a chuvosa (Figura 2). Foram utilizados dados orbitais para os meses de julho (chuvoso) e outubro (seco), obtidos para o ano de 2015.

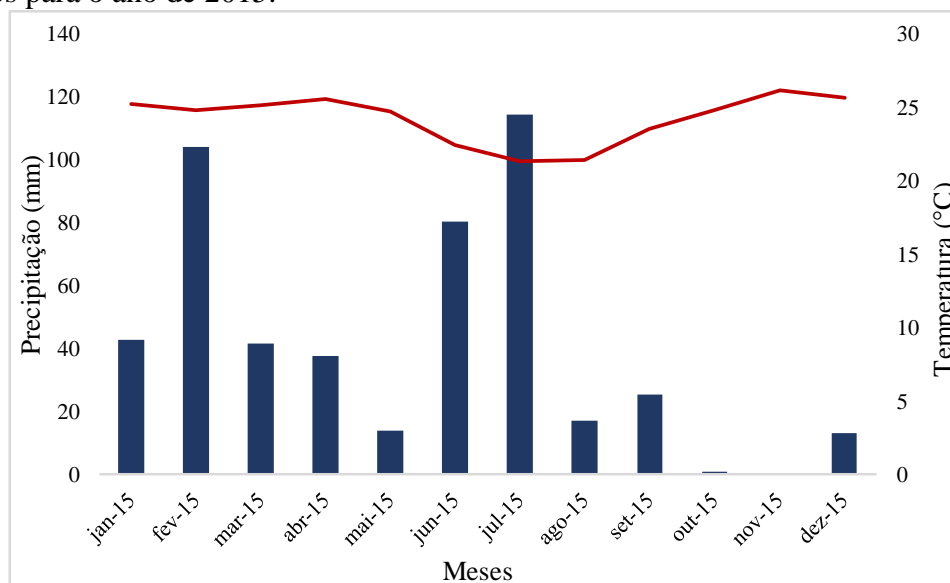


Figura 2. Precipitação pluviométrica e temperatura médias para o ano de 2015

registradas na Bacia Experimental do Riacho Jatobá, Pesqueira, PE.

As imagens foram obtidas a partir do satélite Landsat 8 OLI/TIRS, durante as passagens na órbita 215 e ponto 66, com datas de 09/07/2015 e 29/10/2015, correspondentes às estações chuvosa e seca, respectivamente. As imagens são compostas por 11 bandas multiespectrais entre os comprimentos de onda 0,43-12,51 μm , com sistema de projeção cartográfica UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum WGS 84 e Zona 24, a mesma na qual está inserida a área da pesquisa. Devido ao objetivo do estudo, foram utilizadas apenas as bandas de 2 a 7 e a 10 (termal). O processamento foi realizado com o uso do software ERDAS Imagine 9.1, utilizando o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land), conforme metodologia proposta por Bastiaanssen et al. (1998).

Inicialmente, foi processada a calibração radiométrica por meio da conversão de número digital (DN) em radiância espectral monocromática para as bandas espectrais refletivas. Em seguida, foi obtida a reflectância planetária (SILVA; LOPES; AZEVEDO, 2005).

O NDVI, que é um indicador da variação sazonal e interanual da vegetação, com valores variando de -1 a +1, foi obtido através da razão entre a diferença das reflectâncias do infravermelho próximo e do vermelho pela soma das mesmas, conforme Allen et al. (2002) e expresso na Equação 1:

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{\text{IV}} - \rho_{\text{V}}}{\rho_{\text{IV}} + \rho_{\text{V}}} \quad (1)$$

onde ρ_{IV} e ρ_{V} correspondem, respectivamente, às bandas 5 e 4 do Landsat 8 – OLI/TIRS, sendo a banda 5 referente ao infravermelho próximo e a 4 ao vermelho. Para superfícies vegetadas, o NDVI varia de 0 a 1. Valores negativos indicam, geralmente, presença de água ou nuvens.

O SAVI, que é o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (Equação 2) e visa amenizar o “background” que o mesmo pode causar na representação da vegetação, foi obtido de acordo com Huete (1988).

$$\text{SAVI} = \frac{(1+L)(\rho_{\text{IV}} - \rho_{\text{V}})}{(L + \rho_{\text{IV}} + \rho_{\text{V}})} \quad (2)$$

em que L é uma constante que depende do tipo de solo e varia de 0,25 a 1. No entanto, o valor mais utilizado e sugerido em pesquisas é de 0,5 (médias densidades de vegetação).

O Índice de Área Foliar (IAF), é um indicador de biomassa de cada pixel da imagem, foi obtido de acordo com Allen et al. (2007), pela expressão empírica descrita na Equação 3.

$$\text{IAF} = \frac{\ln\left(\frac{0,69 - \text{SAVI}}{0,59}\right)}{0,91} \quad (3)$$

A temperatura de superfície (T_s), que é um parâmetro físico, foi calculada para dar uma ideia da variação do calor presente no solo em função da maior ou menor presença de vegetação, nas duas épocas. Utilizou-se a radiância espectral da banda termal ($L_{\lambda,6}$) e a emissividade (ϵ_{NB}), conforme Allen et al. (2002), na Equação 4.

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{NB} K_1}{L_{\lambda,6}} + 1\right)} \quad (4)$$

onde $K_1 = 774,89$ e $K_2 = 1321,08 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$, extraídos dos metadados das imagens processadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O recorte da imagem utilizando as bandas 4, 3 e 2 (RGB), com composição em cores naturais, permitiu uma boa visualização da vegetação (Figura 3), nos dois períodos, com grande quantidade de área vegetada (verde intenso), facilmente identificável no mês de julho, onde a precipitação acumulada mensal foi de 114,4 mm. No mês de outubro, apesar do pequeno intervalo temporal, a precipitação reduziu drasticamente, totalizando 1 mm. Essa queda foi registrada nos meses anteriores, com totais de 17,2 e 25,4 mm para agosto e setembro, respectivamente, fato que culminou na redução de biomassa e ‘seca’ da vegetação da bacia, nitidamente observada na imagem.

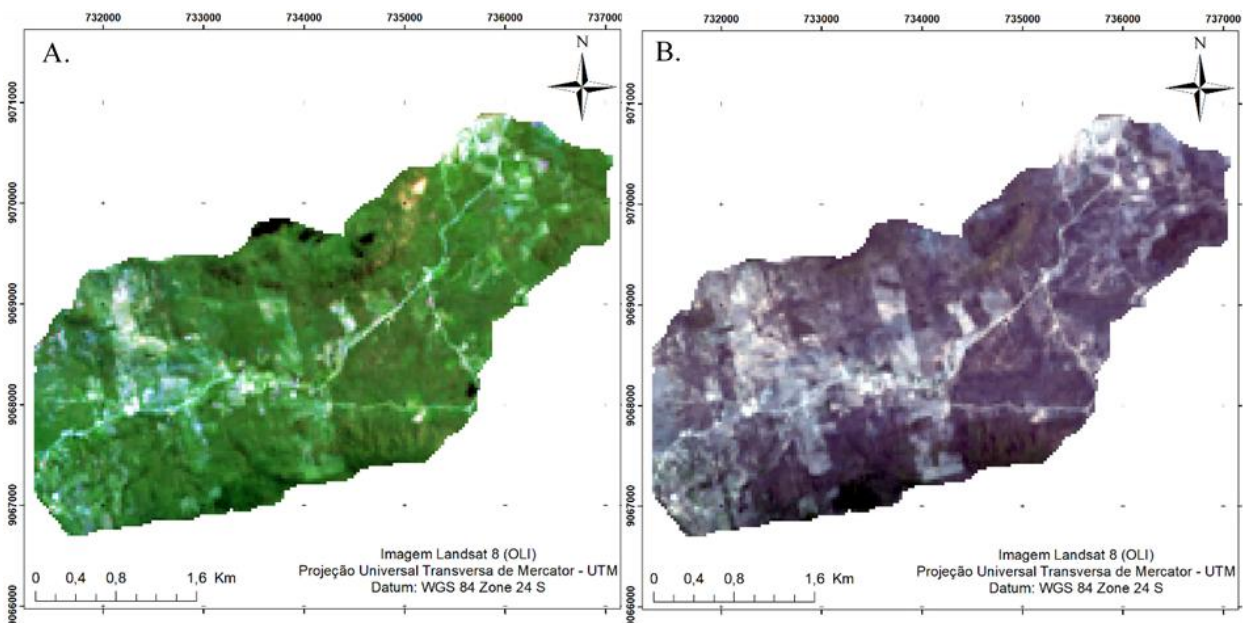


Figura 3. Recorte da imagem em composição colorida (RGB) da Bacia Experimental do Riacho Jatobá, Pesqueira-PE no mês chuvoso e seco.

Com base nos dados de NDVI obtidos (Figura 4), pode-se inferir que, no mês de julho, foi detectada alta atividade fotossintética em função dos altos valores deste parâmetro, com média de $0,69 (\pm 0,07)$. De acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2010), o NDVI é um índice que pode mensurar o teor de clorofila presente na vegetação. Áreas

com valores mais baixos encontram-se em condição de solo quase que totalmente exposto, coincidindo com pontos onde há aglomerados habitacionais, especialmente à montante da bacia. Esse resultado é esperado, visto que, conforme Lima et al. (2013), valores de NDVI mais baixos estão associados a áreas sem cobertura vegetal e podem até mesmo ter relação com a presença de pastagem degradada em associação com declives acentuados dominantes no relevo, que são bem comuns nessa faixa da bacia. Já para o mês de outubro, o valor médio de NDVI foi 0,37 ($\pm 0,07$), evidenciando o impacto do baixo índice pluviométrico na dinâmica da fitomassa. Ainda assim, é possível identificar alguns pontos persistentes, caracterizados pela presença de vegetação mais densamente fechada e inserida em faixas de maior altitude

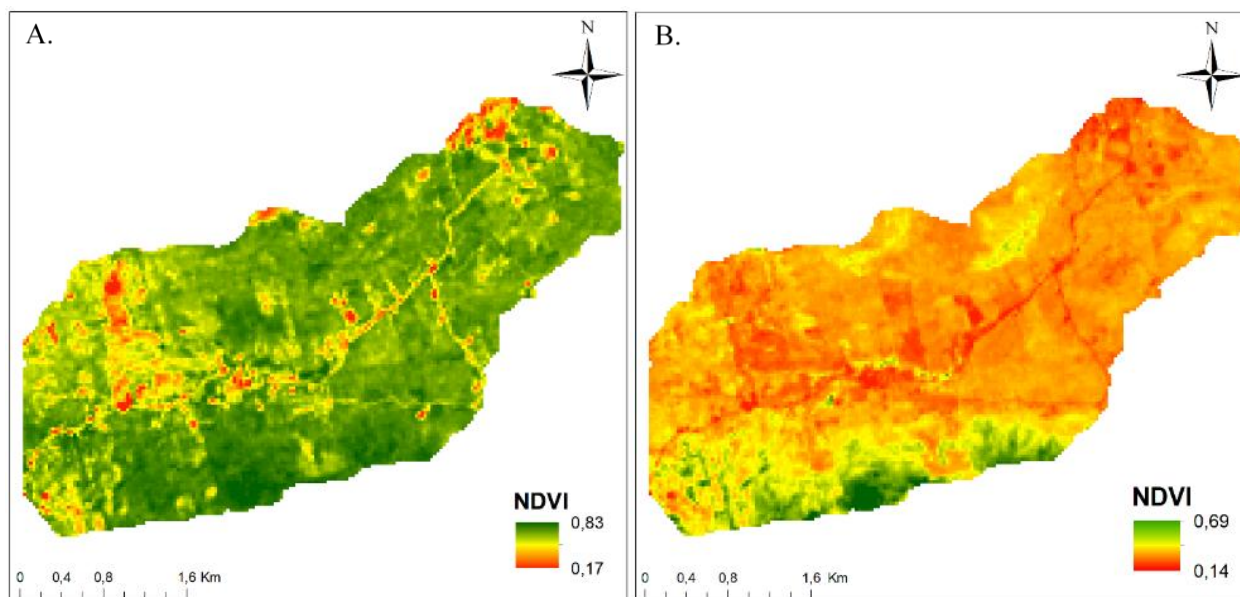


Figura 4. Índice de vegetação NDVI da Bacia Experimental do Riacho Jatobá, Pesqueira-PE, obtidos para os meses de julho (A) e outubro (B) de 2015.

Como forma de corrigir o efeito do solo sobre o índice de vegetação, foram geradas imagens com o SAVI (Figura 5), que procura minizar os efeitos da sua refletância com base em um fator de ajuste. Os resultados observados no SAVI são bastante similares àqueles do NDVI, o que já era esperado. No entanto, em alguns pontos, este índice destacou mais a influência do solo pouco vegetado e exposto, embora neste caso não seja tão perceptível devido à dimensão da bacia e consequente resolução dos pixels da imagem (30 x 30 m), que acabam omitindo maiores detalhes. Esse resultado também foi encontrado por Figueirêdo et al. (2013), ao estudar a dinâmica da vegetação em uma bacia situada no Agreste Pernambucano, bem como Boratto e Gomide (2013) analisando índices de vegetação no estado de Minas Gerais, com área de dimensões similares à da bacia. Além disso, o SAVI reduziu os valores máximos do NDVI, alterando a média, que passa a ser de 0,59 ($\pm 0,06$) para o mês chuvoso e 0,29 ($\pm 0,05$) para o mês seco.

Tanto para o NDVI quanto para o SAVI, existe a tendência de serem encontrados maiores valores nas áreas mais elevadas da bacia. Resultado similar foi encontrado por Cunha et al. (2012), avaliando a dinâmica da vegetação em uma bacia da Paraíba. Os autores enfatizam que isso reflete a menor pressão antropogênica nesses locais, por serem áreas mais altas, remotas, em terrenos íngreme e de difícil acesso. Os

autores também perceberam que as áreas centrais, próximas à rede de drenagem, possuem índices de vegetação geralmente mais baixos.

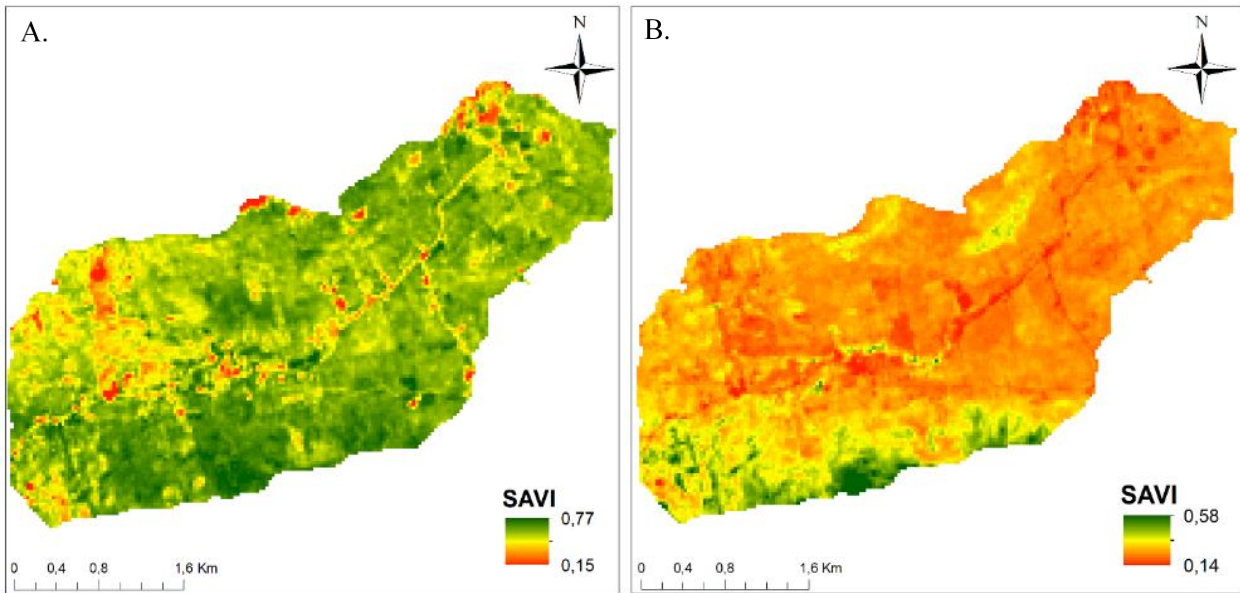


Figura 5. Índice de vegetação SAVI da Bacia Experimental do Riacho Jatobá, Pesqueira-PE, obtidos para os meses de julho (A) e outubro (B) de 2015.

De acordo com Souza, Silva e Silva (2016), o IAF é um indicador de biomassa de cada pixel da imagem, constituindo-se de um índice biofísico que é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por esta vegetação. Por ser um subproduto do SAVI, a forma de interpretação é similar e, os resultados expressos, estão correlacionados (Figura 6).

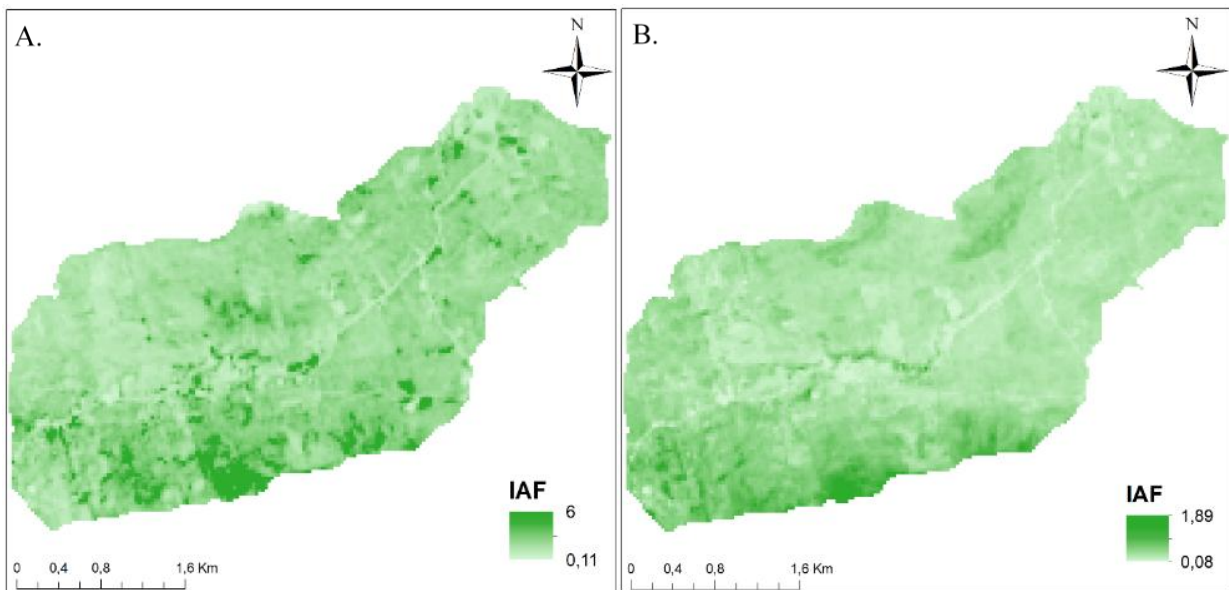


Figura 6. Índice de vegetação IAF da Bacia Experimental do Riacho Jatobá, Pesqueira-PE, obtidos para os meses de julho (A) e outubro (B) de 2015.

Para o mês de julho, o IAF médio foi de 2,28 ($\pm 0,05$), ao passo que no mês de outubro, a média foi de 0,44 ($\pm 0,17$), evidenciando, mais uma vez, a rápida influência da escassez de chuvas sobre os índices de vegetação. Boratto e Gomide (2013) também perceberam o mesmo comportamento ao estudar o IAF nas estações seca e chuvosa, em Minas Gerais, com queda acentuada do IAF na segunda condição, embora os autores tenham optado por não comparar as duas situações dentro de um mesmo ano e sim em dois anos distintos (2010 e 2011).

Conforme esperado, a temperatura de superfície (T_{sup}) foi inferior para a estação chuvosa em comparação com a seca (Figura 7). Foi possível perceber que as zonas de maior temperatura, nos dois períodos, concentrou-se nas porções da bacia com maior atividade antrópica (aglomerados habitacionais e pastagem) e solo exposto e pouco vegetado.

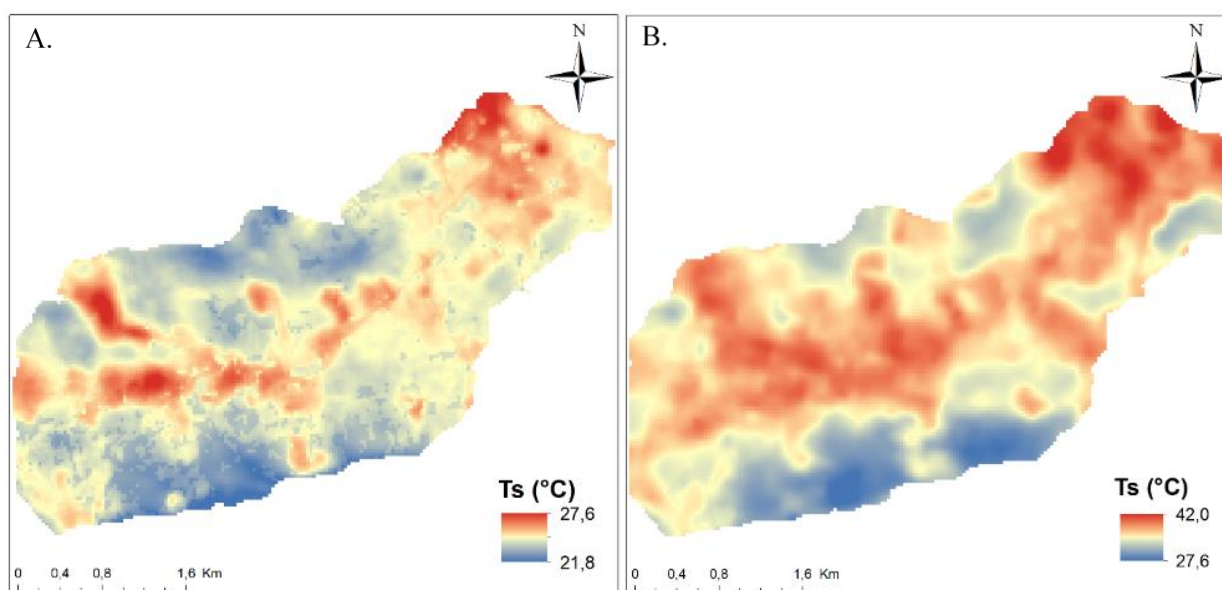


Figura 7. Temperatura de superfície ($^{\circ}\text{C}$) da Bacia Experimental do Riacho Jatobá, Pesqueira-PE, obtidos para os meses de julho (A) e outubro (B) de 2015.

No mês de julho, a T_{sup} média foi de 24,58 $^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,86$), com média de temperatura do ar de 21,33 $^{\circ}\text{C}$, a mais baixa do ano. Em outubro, as médias foram de 35,35 $^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2,64$) e 24,8 $^{\circ}\text{C}$ para as temperaturas de superfície e do ar, respectivamente. Devido à redução na quantidade de biomassa neste período, as regiões com maior T_{sup} foram intensificadas, o que também foi favorecido pela maior temperatura do ar.

Oliveira et al. (2012), analisando quantitativamente parâmetros biofísicos em uma bacia representativa do estado de Pernambuco, encontraram resultados similares, evidenciando que o suprimento hídrico no período chuvoso favoreceu a diminuição da T_{sup} . Além disso, os autores também perceberam que áreas associadas com ação antrópica, como centros urbanos, tendem a apresentar T_{sup} mais elevada em decorrência dos menores índices de vegetação. Embora na bacia do Riacho Jatobá não haja centros urbanos, pequenos aglomerados habitacionais acabam alterando a paisagem ao seu redor, o que interfere na variação deste parâmetro.

CONCLUSÕES

1. Por meio de técnicas de sensoriamento remoto, com imagens de satélite, foi possível compreender a dinâmica temporal e espacial da vegetação na bacia, favorecendo a visualização, identificação e caracterização de alvos na superfície;

2. A redução da biomassa e aumento da temperatura de superfície incrementaram rapidamente em função da queda abrupta do regime de chuvas, alertando para a necessidade de realizar monitoramento ambiental constante na região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP pelo financiamento do projeto REHIDRO, ao CNPq pelo financiamento do projeto “Estudos de processos hidrológicos como base para o gerenciamento de recursos hídricos no estado de Pernambuco - experimentação e modelagem, cenários atuais e futuros” (Processo 446254/2015-0) e pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa e doutorado.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation**, v.1, p. 97, 2002.

BASTIAANSEN, W. G. M. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 198-212, 1998.

BEZERRA, J. M. et al. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 73–84, 2014.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBSR, 2013. p. 7345-7352.

CUNHA, J. E. B. L. et al. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 539–548, 2012.

CUNHA, J. E. B. L. et al. Dinâmica Sazonal da Cobertura do Solo em uma Região Semiárida e seus Impactos no Ciclo Hidrológico. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n.2, p. 197-207, 2014.

FIGUEIRÊDO, A. C. et al. Determinação de Índices de Vegetação para a análise da cobertura vegetal em bacia hidrográfica do Agreste pernambucano. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBSR, 2013. p. 7009-7015.

HUETE, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, n.3, p.295-309, 1988.

LIMA, G. C. et al. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 8, n. 2, 2013.

LOPES, H. L. et al. Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1210–1219, 2010.

MELO, R. O. Estabilidade temporal e variabilidade da umidade do solo em uma bacia experimental do semiárido pernambucano. 2013. 91 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, v. 63, p. 9-26, 2016.

OLIVEIRA, L. M. M. et al. Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1209-1217, 2012.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, YOSIO EDEMIR. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

SILVA JUNIOR, V. P.; MONTENEGRO, A. A. A.; MELO, R. O. Temporal stability of soil moisture in an experimental watershed in the Pernambuco semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 10, p. 880-885, 2016.

SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 13, p. 201-211, 2005.

SOUZA, J. F.; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa-PE. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 21-37, 2016.

ZANZARINI, F. V. et al. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 6, p. 608–614, 2013.

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL EM PERNAMBUCO

Diêgo César dos Santos Araújo¹, Daniella Pereira dos Santos², Ana Claudia Villar e Luna Gusmão³, Fabrício Marcos Oliveira Lopes⁴, Abelardo Antônio de Assunção Montenegro⁵.

¹ Doutorando, UFRPE, Recife, Pernambuco; ² Doutoranda, UFRPE, Recife, Pernambuco, daniellapsantos@hotmail.com; ³ Doutora, UFRPE, Recife, Pernambuco, villareluna@yahoo.com.br; ⁴ Professor, UFRPE, Recife, Pernambuco, pabriciope@gmail.com; ⁵ Professor, UFRPE, Recife, Pernambuco, abelardo.montenegro@yahoo.com.br

RESUMO: A Caatinga constitui um rico ecossistema exclusivamente brasileiro, com grande diversidade de espécies e elevada incidência de endemismo. Em recente levantamento florístico de todo o território brasileiro, embora destacada pela heterogeneidade, a Caatinga está entre os ecossistemas brasileiros mais ameaçados, marcada pela desertificação, resultante de fatores climáticos, bem como de atividades humanas. O estudo objetivou mapear, através de imagens de satélite, a vegetação do município de Belém do São Francisco, caracterizando-a quanto sua condição biológica utilizando o IVDN (índice de vegetação por diferença normalizada). As imagens utilizadas foram do satélite LANDSAT 5 de 20/11/2009 (período pós chuvas na caatinga). Através da imagem de IVDN foi realizada uma classificação multiespectral supervisionada, a qual classificou a região em áreas com vegetação, com solo exposto e com corpos hídricos. A vegetação presente no município de Belém do São Francisco, caracterizada através do IVDN e analisada quanto à sua dinâmica espectral, apresenta-se com uma predominância de áreas densas. Como uma região do semiárido do estado de Pernambuco, esse município apresenta vegetações com uma predominância de vegetação rala na porção central e densa na porção leste (limite com os municípios de Itacuruba e Carnaubeira da Penha).

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, SIG, Spring

USE AND LAND OCCUPATION FOR ANALYSIS OF VEGETATION COVER IN PERNAMBUCO REGION

ABSTRACT: The Caatinga is an exclusively Brazilian rich ecosystems, with high species diversity and high rates of endemism. In recent floristic survey of the entire Brazilian territory, although highlighted by the heterogeneity, the Caatinga is among the most threatened Brazilian ecosystems, marked by desertification resulting from climatic factors and human activities. The study aimed at mapping through satellite imagery, the vegetation in the city of Belém de São Francisco, characterizing it as a biological condition using the NDVI (normalized difference vegetation index). The images used were from the satellite Landsat 5 of 20/11/2009 (post rainy period in the bush). By NDVI image was carried out a supervised multispectral classification, which ranked the region in areas with vegetation, bare soil and water bodies. The vegetation present in the city of Belém de São Francisco, characterized by NDVI and analyzed as to its spectral dynamics, is presented with a predominance of dense areas. As a semi-arid region of Pernambuco state, this city has vegetation with a predominance of sparse vegetation in central and dense portion in the eastern portion (limit with the municipalities of Itacuruba and Carnaubeira da Penha).

KEY-WORDS: Remote sensing, GIS, Spring.

INTRODUÇÃO

No cenário do polígono das secas, a escassez hídrica constitui um forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população. A ocorrência cíclica das secas e seus efeitos catastróficos são por demais conhecidos e remontam aos primórdios da história do Brasil (Sobrinho & Sousa 2016).

Como principal consequência do desmatamento, além da perda de habitat, a fragmentação de habitats provoca: aumento nos efeitos de borda; perda de biodiversidade; alterações nas interações ecológicas e nos processos reprodutivos de várias espécies; isolamento das formações vegetais; aumento da predação e da competição; perda de micro-habitat; a extinção de espécies e a perda de biodiversidade (LINDENMAYER et al., 2008).

A Caatinga constitui um rico ecossistema exclusivamente brasileiro, com grande diversidade de espécies e elevada incidência de endemismo. Em recente levantamento florístico de todo o território brasileiro, o bioma caatinga apresentou o total de 4.322 espécies de plantas com sementes, sendo 744 endêmicas deste bioma, o que corresponde a 17,2% do total de táxons registrados (FORZZA et al., 2012).

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal, mediante a utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, representa importante instrumento para o planejamento e administração da ocupação do meio físico, possibilitando a avaliação e o monitoramento do mesmo, a fim de garantir a conservação de seus recursos naturais (BORGES et al, 2008).

Para Assis et al., 2014, as técnicas dos Sistemas de Informações Geográficas – SIG permitem a realização de diversas análises integradas, onde o uso de imagens orbitais, como o sensor TM / Landsat 5 representa uma ferramenta de extrema importância na análise espaço temporal dos recursos naturais. Dessa maneira, as utilizações destas técnicas contribuem tanto em nível de planejamento e gerenciamento do município quanto em pesquisas relacionadas às potencialidades e fragilidades da área, com a possibilidade de contínuo monitoramento. O estudo objetivou mapear, através de imagens de satélite, a vegetação do município de Belém do São Francisco, caracterizando-a quanto sua condição biológica utilizando o IVDN (índice de vegetação por diferença normalizada).

MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O município de Belém de São Francisco está localizado a 455,8 km a Sudoeste da cidade de Recife (capital de Pernambuco), na mesorregião do São Francisco e na microrregião de Itaparica. Limita-se a Norte com o município de Salgueiro, a Sul com a margem esquerda do Rio São Francisco, a Leste com o município de Itacuruba e Carnaubeira da Penha e a Oeste com o município de Cabrobó. Possui uma área total de 1.830,32 km², o que corresponde a 7,48% da área total da mesorregião do São Francisco. O município de Belém de São Francisco, encontra-se totalmente inserido na porção do semiárido nordestino entre as coordenadas 8°45'57" de latitude Sul e 38°57'45" de longitude Oeste (Figura 1)

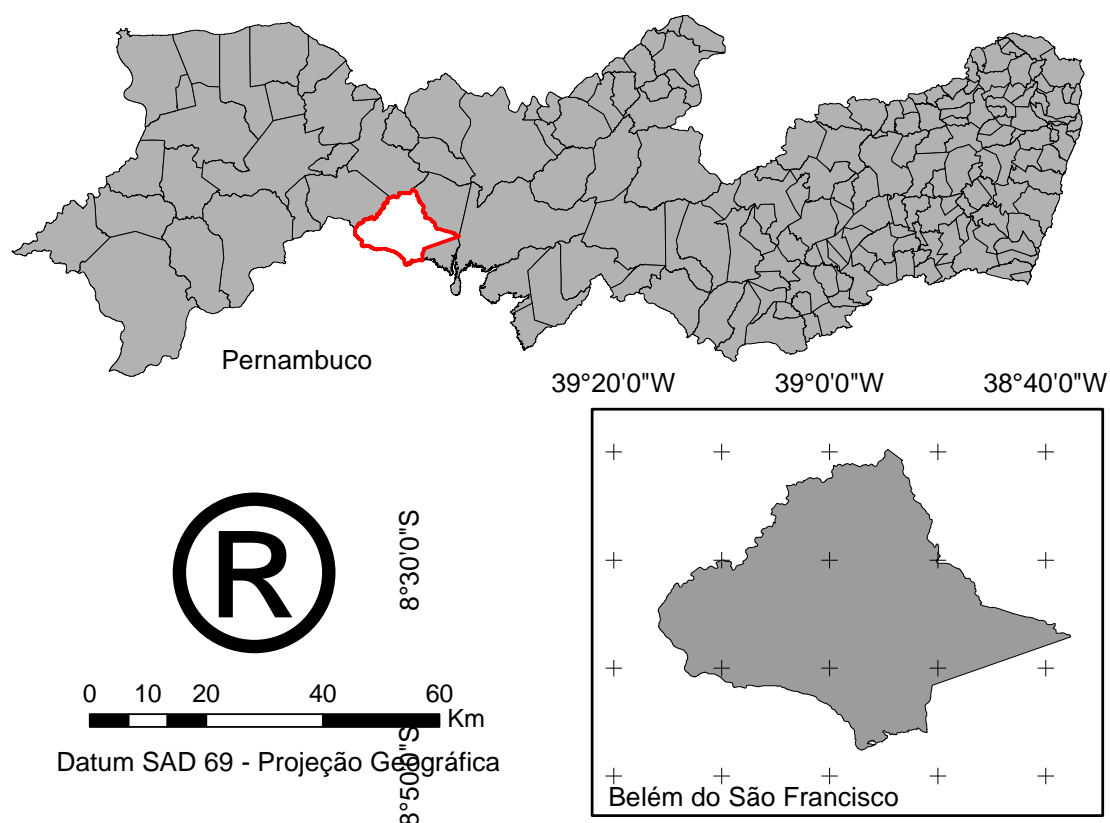


Figura 1. Mapa de localização da cidade Belém do São Francisco, Sertão de Pernambuco.

O solo é um dos mais importantes meios naturais da paisagem do semiárido. O município de Belém de São Francisco, assim como todo o sertão de Pernambuco apresentam, de forma geral, baixo teor de matéria orgânica, com baixa fertilidade natural, drenagem limitada, baixa capacidade de infiltração e retenção de umidade solos rasos e apresentam grande potencial para a erosão hídrica.

A classe de solos predominante no sertão pernambucano são os tipos Planossolos, com extensas manchas de Luvisolos e Neossolos (EMBRAPA, 2006).

A vegetação é basicamente composta por Caatinga Hipertermófila com trechos de Floresta Caducifólia e o clima é do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão (CPRM, 2005). Do ponto de vista climático, a área de estudo é caracterizada pela grande irregularidade das precipitações pluviométricas e apresenta como principal período chuvoso os meses de janeiro a abril.

As chuvas que ocorrem no Sertão de Pernambuco têm sua origem nas frentes frias, nos vórtices ciclônicos de ar superior (VCAS) e na zona de convergência intertropical (ZCIT). O início das chuvas no Sertão de Pernambuco ocorre em dezembro (extremo oeste) e está associado às instabilidades das frentes frias e aos VCAS. A partir de fevereiro ou março, dependendo do ano, a ZCIT começa a atuar em todo o Sertão, que já se encontra em seu principal período chuvoso. A média pluviométrica anual do município é de 432 mm (ASSIS et al, 2012).

O Semiárido é um sistema complexo e que apresenta tendências observáveis na sua variabilidade climática ao longo do tempo, em várias escalas no tempo e no espaço. A variabilidade climática se dá de forma sazonal, entre os meses com precipitação e os meses sem precipitação significativa durante o ano. Ainda apresenta variabilidade com os grandes ciclos, com os períodos de anos de grandes secas. A variabilidade se dá em escalas de tempo ainda maiores ao longo de décadas e séculos (BARRETTO, 2010).

2.2. Dados utilizados

A imagem TM – Landsat 5 selecionada para a pesquisa foi obtida através do site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – www.inpe.br), sendo esta referente a órbita 216 e ao ponto 66, para o dia: 20 de junho de 2009 (período pós chuvas na caatinga). Para o processamento da imagem foi utilizado o software SPRING 5.3, que foi utilizado para visualização, análise e digitalização das classes de uso do solo.

Foram utilizados dados mensais de precipitação pluviométrica para o ano de 2009, do posto pluviométrico localizado no município de Belém de São Francisco. Estes dados de precipitação foram coletados junto à Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC. Por meio desses dados, foram elaborados gráficos com a variabilidade anual das precipitações relativo ao ano de 2009 e realizada classificação de acordo com a tabela 2, sobre a classificação do ano como seco, chuvoso ou normal.

Tabela 2. Classificação Climatológica da quadra chuvosa para Belém do São Francisco.

Classificação Climática	Quadra Chuvosa (JFMA)
Quadra Seca	269,6 mm
Quadra Normal	345,3 mm
Quadra Chuvosa	567,0 mm

Fonte: Fonte: www.itep.br/LAMEPE.asp

Segundo Meis et al. (1981), podem-se analisar as precipitações no decorrer do tempo de diferentes maneiras, possibilitando o reconhecimento do seu comportamento geral, dos seus padrões habituais e extremos.

2.2.1. Índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN)

Para obtenção do IVDN foi utilizada a reflectância das bandas 3 e 4 do sensor TM, através da fórmula (1):

$$IVDN = (pivp - pv) / (pivp + pv) \quad (1)$$

onde, pivp e pv são as refletividades do infravermelho próximo (banda 4) e do vermelho (banda 3), respectivamente.

2.2.2. Classificação multiespectral supervisionada

Através da imagem de IVDN foi realizada uma classificação multiespectral supervisionada, a qual classificou a região em áreas com vegetação, com solo exposto e

com corpos hídricos. As áreas com vegetação foram classificadas quanto à densidade da cobertura vegetal em quatro fitofisionomias (Tabela 1), seguindo a metodologia de Lourenço & Landim (2004), onde os valores mais altos de IVDN foram associados com uma maior densidade de cobertura vegetal.

Tabela 1. Classificação da área segundo metodologia de Lourenço e Landim (2004).

CLASSE	IVDN
Água	< - 0,1
Solo exposto	0,01 a 0,1
Vegetação rala	0,1 a 0,2
Vegetação Esparsa	0,2 a 0,4
Vegetação de transição	0,4 a 0,6
Vegetação densa	> 0,6

Em cada fitofisionomia definida foi verificada a reflectância em todas as bandas espectrais do sensor TM e, com os valores da reflectância, foi construído um gráfico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área total do município de Belém de São Francisco é de aproximadamente 1.830 km² e a forma de uso predominante no município é a vegetação rasteira. De acordo com Callegari et al (2010), os fragmentos florestais são áreas de vegetação natural interrompidas por barreiras antrópicas, capazes de reduzir significativamente o fluxo de animais, pólen ou sementes, sendo o tamanho e a forma dos fragmentos os fatores principais a serem considerados, uma vez que, a expansão do uso da terra, que acompanha o crescimento da população humana, resulta na fragmentação dos habitats naturais, com a formação de fragmentos florestais de diferentes tamanhos e formas.

Os valores de IVDN oscilam entre -1 e +1, quanto mais próximo a +1 estiver o valor de IVDN mais longe do estresse hídrico e mais exuberante estará a vegetação (POELKING *et al.*, 2007), indicando que a vegetação densa que recobre uma pequena parte do município de Belém do São Francisco, encontra-se saudável e com um adequado suprimento hídrico para o desenvolvimento de sua parte aérea (Figura 2).

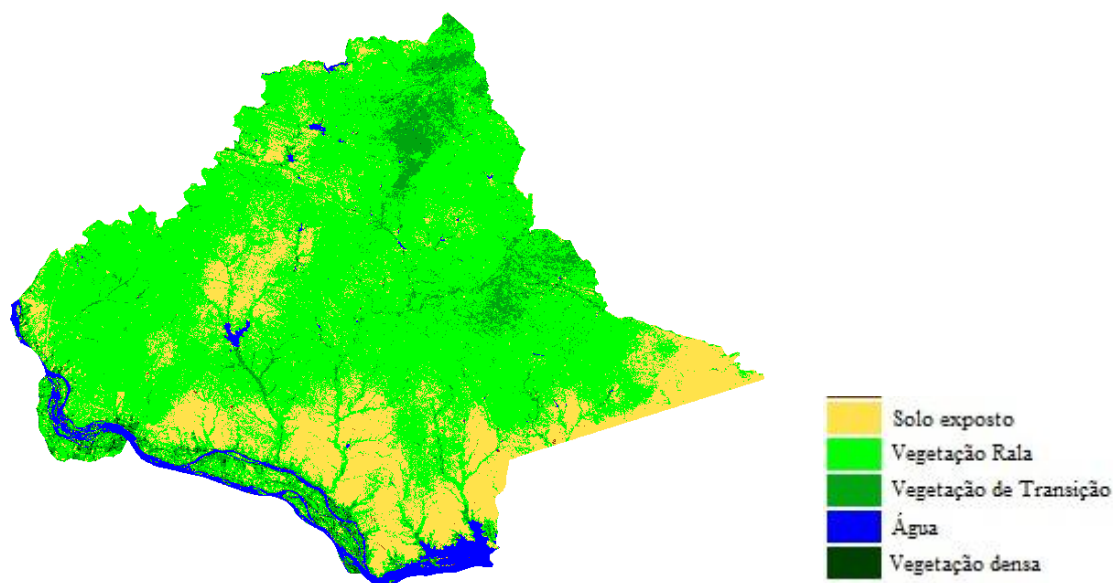


Figura 2. Classificação da cobertura vegetal obtida a partir do Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (IVDN) para o município de Belém do São Francisco, Pernambuco.

Ainda de acordo com o mesmo autor, este aumento na fragmentação das florestas com o passar dos anos é um efeito das atividades madeireiras, pecuárias, industriais, da construção de rodovias e linhas de transmissão de energia, oleodutos e gasodutos.

Sobre a análise da vegetação densa o processo de ocupação da caatinga, no município de Belém de São Francisco, remonta a introdução da agricultura de sequeiro e pecuária extensiva no semiárido nordestino. Desse modo, o desmatamento dessa vegetação mais densa está associado à expansão das atividades produtivas na região. Brasileiro (2009), mostrou resultados similares na análise do processo de degradação da caatinga que vem ocorrendo no semiárido nordestino, a partir das práticas de desenvolvimento rural sustentável. Ainda segundo Brasileiro (2009), “a retirada da cobertura vegetal do bioma caatinga coloca em risco toda a biodiversidade existente na região, pois, além de interferir nas condições físicas, afeta o desenvolvimento e a manutenção de atividades ligadas ao social, econômico, cultural”.

Conforme observado o solo exposto é o terceiro uso predominante no município de Belém de São Francisco, onde o solo exposto corresponde a áreas onde a cobertura vegetal foi retirada em sua totalidade e onde há caso de processos erosivos. Esses processos podem ocorrer por fenômenos naturais, mas intervenções antrópicas são responsáveis por esse tipo de fenômenos. A salinização do solo é uma consequência disto, visto que, sendo o solo da caatinga raso e pedregoso e o clima muito quente, colaboram para o processo de salinização. Mas as ações humanas têm influenciado negativamente com as práticas de manejo inadequado da água, desmatamento da vegetação original que deixa o solo exposto a altas temperaturas da região forçando a ocorrência da salinização.

De acordo com Silva et al. (2005), em Pernambuco, a problemática com a salinização atinge áreas com irrigação às margens do rio São Francisco e o processo é comum na mesorregião do São Francisco Pernambucano, incluindo o município de Belém de São Francisco, onde foi delimitada a área do presente estudo. Neste

município, o processo de salinização, encontra-se bastante avançado, levando os agricultores a abandonarem suas terras, quando as crostas de sal se formam na superfície dos solos, ou quando as culturas não conseguem mais se desenvolver. Essas áreas já atingem centenas de hectares no município.

O processo de desertificação é um outro problema que tem aumentado ao longo dos anos neste município, em decorrência principalmente da pressão antrópica sobre os ecossistemas da região, que possuem baixa capacidade de regeneração. A desertificação acarreta, ao município, impactos sociais e econômicos devido diminuição das condições agricultáveis, principalmente a agricultura de sequeiro, devido ao baixo nível técnico de irrigação, fica inteiramente dependente das condições ambientais. De acordo com o artigo 1 da convenção das nações unidas para o combate à desertificação (UNCCD), desertificação significa a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as atividades humanas e as variações climáticas (MATALLO JÚNIOR, 2009).

Além do manejo agrícola, os desmatamentos são igualmente responsáveis pelo processo de desertificação na área de estudo, uma vez que, de acordo com Sampaio et al. (2005), a retirada da cobertura original do solo do bioma caatinga é um dos primeiros indicadores dos processos de degradação e desertificação da região. Se a cobertura vegetal nativa é mantida, a possibilidade de qualquer degradação é pequena e, a degradação por causa antrópica é menor ainda. Portanto a desertificação tende a iniciar com o desmatamento.

Contrapondo-se ao cenário de escassez hídrica do Sertão de Pernambuco, Belém de São Francisco, juntamente com alguns municípios também localizados às margens do rio São Francisco (Petrolândia e Itacuruba), se diferem do restante dos municípios dessa região. A maior parte da zona semiárida do estado de Pernambuco tem apresentado menor potencial hídrico ao longo dos anos, processo esse que vem desencadeando sucessivas secas nos últimos 30 anos. De acordo com o SIAGAS (Banco de dados do Serviço Geológico do Brasil), o estado de Pernambuco lidera o ranking dos piores com disponibilidade de água inferior a 1.500 m³/habitante/ano (CPRM, 2014).

Assis (2014), em estudo sobre disponibilidade hídrica no solo do semiárido de Pernambuco, encontrou resultados que constaram um déficit hídrico, juntamente com as altas taxas de evapotranspiração na região. Para obtenção desses resultados, o estudo realizou o balanço hídrico climatológico utilizando um período de 40 anos de dados observados e estimados de precipitação e temperatura, respectivamente. Medeiros et al. (2012) em estudo realizado no semiárido paraibano também constatou uma situação crítica das condições dos recursos hídricos na região.

Estas comparações da situação hídrica do município de Belém de São Francisco em relação aos demais municípios do semiárido de Pernambuco mostra o grande potencial, dentre outras atividades, da prática da agricultura sustentável nesta região, visto a grande disponibilidade hídrica e o favorecimento ambiental.

Na Figura 3, observa-se a precipitação ocorrida no ano de 2009, ano de avaliação da imagem deste estudo em três estações distintas.

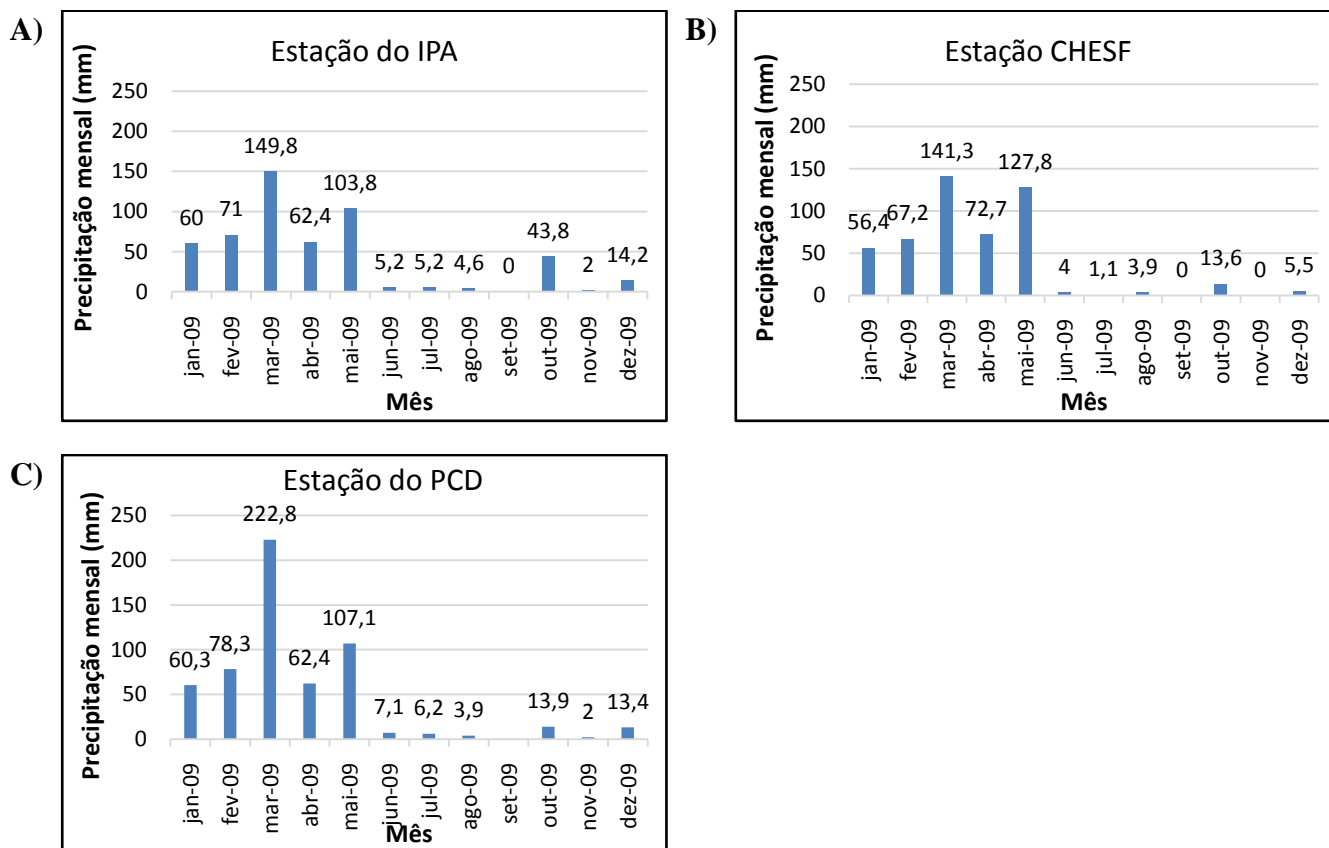


Figura 3. Em A: distribuição da precipitação anual de 2009 estação IPA; em B: Estação CHESF e em C: Estação PCD.

Para o ano de 2009 a estação do IPA apresentou precipitação na quadra chuvosa de 343,2 mm, a estação da CHESF de 337,6 mm e a PCD de 423,8 mm, sendo classificado como ano normal.

Barbosa Júnior e Galvínio (2009a), verificaram que na análise das precipitações diárias para o município de Belém de São Francisco, evidenciou-se o caráter temporal das precipitações no nordeste do Brasil, conforme sugerido por Nobre (2002), com uma baixa distribuição das chuvas em 17,97% dos dias durante as quadras chuvosas do período de 1962 a 2009.

Na Figura 4 é apresentado a série histórica anual das três estações utilizadas neste estudo.

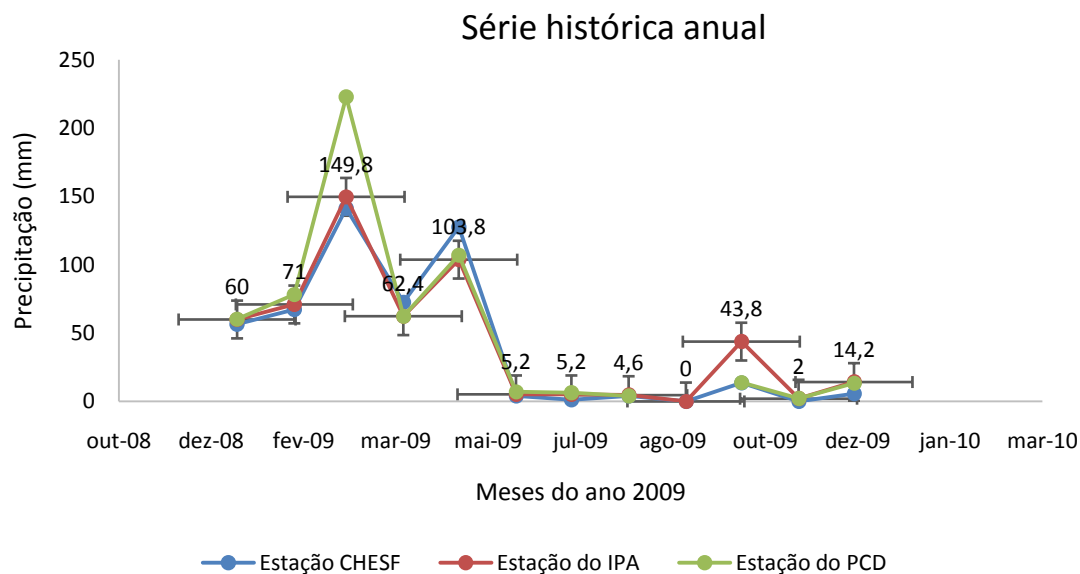


Figura 4. Série histórica da estação IPA, CHESF e PCD, para comparativo entre estações.

O ano de 2009 apresentou índices pluviométricos muito baixos, com maior índice pluviométrico no mês de março, com apenas 149,8 mm, na estação do IPA, sendo este valor superior na estação da CHESF para o mesmo mês. Em análise climatológica da quadra chuvosa do município de Belém de São Francisco, entre os anos de 1962 a 2009, Barbosa Jr. e Galvêncio (2009b) utilizaram metodologia que classificam os anos em função do total pluviométrico do período chuvoso do ano. Nessa metodologia, os anos que apresentam total pluviométrico da quadra chuvosa até 269,6 mm são caracterizados como secos, os que apresentam até 345,3 mm são classificados como normais e os que apresentam acima 567 mm são classificados como chuvosos.

CONCLUSÕES

Como uma região do semiárido do estado de Pernambuco, esse município apresenta vegetações com uma predominância de vegetação rala na porção central e densa na porção leste (limite com os municípios de Itacuruba e Carnaubeira da Penha). De acordo com a classificação da quadra chuvosa, o período chuvoso do município de Belém de São Francisco, foi classificado como seco.

REFERÊNCIAS

ASSIS, J.M.O., CALADO, L.O., SOUZA, W.M., SOBRAL, M.C. Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo no Município de Belém de São Francisco – PE nos Anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física, Recife**, v. 7, n. 5, p. 858-869, 2014.

ASSIS, J. M. O., SOBRAL, M. C. Impactos das projeções das mudanças climáticas na deficiência hídrica do solo no semiárido de Pernambuco. In: XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** Natal. 2014.

ASSIS, J. M. O., SOBRAL, M. C., SOUZA, W. M. Análise de Detecção de Variabilidades Climáticas com Base na Precipitação nas Bacias Hidrográficas do Sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 3, 2012.

BARBOSA JUNIOR, E. V.; GALVÍNCIO, J. D. Análise climatológica da quadra chuvosa do município de Belém de São Francisco – PE, para o período de 1962 a 2009. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 2, n. 2, 2009a.

BARBOSA JR., E. V.; GALVÍNCIO, J. D. Análise Climatológica da Quadra Chuvosa do Município de Belém de São Francisco – PE, para o Período de 1962 A 2009. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 2 n. 2, p. 31-42, 2009b.

BARRETO; P. C. A. Avaliação hidrológica de microbacias de nascentes de rios: Contribuições para a gestão de recursos ambientais no semiárido pernambucano. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 196 p. 2010.

BRASILEIRO, R. S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Revista Scientia Plena**, Aracaju, v. 5, n. 5, 2009.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010.

COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; Accioly, L. J. O. & Silva, F. H. B. B. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.13 (Suplemento), p.961-974, 2009.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Diagnóstico do município de Belém de São Francisco, estado de Pernambuco / Organizado por João de Castro Mascarenhas, J. C. Recife: CPRM/PRODEEM. 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa SPI. 306p. 2006.

FORZZA, R. C. et al. New Brazilian Floristic List Highlights Conservation Challenges. **BioScience**, v. 62, n. 1, Jan. 2012.

LINDENMAYER, D. B. et al. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. **Ecology Letters**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 78-91, 2008.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. Estudo da variabilidade do “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada/NDVI” utilizando krigagem indicativa. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 4, n. 1, p. 38-55, 2004.

MATALLO JUNIOR, H. Glossário de Termos e Conceitos usados no Contexto da UNCCD. Brasília: MMA, 2009.

MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; BANDEIRA, M. M. Balanço Hídrico Climatológico, em Decorrência do Aquecimento Global, no Município de Picuí - Semiárido Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 1, 2012.

MEIS, M. R. M.; COELHO NETTO, A. L.; OLIVEIRA, P. T. T. M. Ritmo e variabilidade das precipitações no vale do rio Paraíba do Sul: o caso de Resende. **Revista de Hidrologia e Recursos Hídricos**, v. 3, n. 1, p. 43-51, 1981.

NOBRE, P. MELO, A. P. C. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. São Paulo. CPTEC/INPE. 2002.

SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2014. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acessado em: 10 de dezembro de 2015.

SOBRINHO, A. I., SOUSA, A. J. J. de. A seca no sertão paraibano: causas e consequências. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, João Pessoa, v. 10, n. 1, p.26-30, 2016.

BORGES, R. F.; BORGES, F. A.; COSTA, F. P. M.; NISHIYAMA L. Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da porção de alto curso da bacia do rio Uberabinha – MG. In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação, Recife, 2008.

VANZELA, L. S., HERNANDEZ, F. B. T., FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55–64, 2010.

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL ENTRE O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E A TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE EM BAIÃO/PA.

Joyse Tatiane Souza dos Santos¹, Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes², Adriano Marlisom Leão de Sousa³, Ana Karla dos Santos Pontes⁴, Paulo Vinicius Caldas da Silva⁵

¹Doutoranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, joysetaty@hotmail.com; ²Doutorando em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Belém, Pará, garibalde13@gmail.com; ³Professor Dr., UFRA, Belém, Pará, marlisoms@yahoo.com.br; ⁴Graduanda em Engenharia Ambiental, UFRA, Belém, Pará, anakarlapontes@hotmail.com; ⁵Graduando em Engenharia Ambiental, UFRA, Belém, Pará, paulo_v@hotmail.com.

RESUMO: O objetivo deste trabalho é estimar a Temperatura de Superfície e o Índice de vegetação por diferença normalizada (Normalized Difference Vegetation Index/NDVI), durante dois anos (1999 e 2011) e verificar a variabilidade espaço-temporal, no município de Baião/PA. Para isso mapeou-se as bandas 3, 4, 5 e 6 do Landsat 5, dia 28 de julho de 2009 e 29 de julho de 2011, os quais foram processados no software ArcGis 10.1. Os anos de 1999 e 2011 apresentaram respectivamente 35°C e 39°C em relação aos valores máximos de temperatura da superfície terrestre, um aumento de 11,4% durante os doze anos, esse aumento ocorreu em áreas que apresentaram NDVI próximo de -1, ou seja, pouca cobertura vegetal. Demonstrando a eficácia de imagens termais para esse tipo de análise.

PALAVRAS-CHAVE: Satélites orbitais, Cobertura Vegetal e Bandas termais.

SPACE-TEMPORAL ANALYSIS BETWEEN THE VEGETATION INDEX AND THE SURFACE TEMPERATURE IN BAIÃO/ PA.

ABSTRACT: The objective of this work is to estimate the Surface Temperature and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for two years (1999 and 2011) and to verify spatiotemporal variability in the municipality of Baião / PA. For this purpose, bands 3, 4, 5 and 6 of Landsat 5 were mapped on July 28, 2009 and July 29, 2011, which were processed in ArcGis 10.1 software. The years 1999 and 2011 presented respectively 35 ° C and 39 ° C in relation to the maximum values of the terrestrial surface, an increase of 11.4% during the twelve years, this increase occurred in areas that presented NDVI near -1 , That is, little vegetation cover. Demonstrating the effectiveness of thermal imaging for this type of analysis.

KEY-WORDS: Orbital Satellites, Vegetal cover and Thermal Bands.

INTRODUÇÃO

As imagens de satélites têm proporcionado uma visão sinóptica (de conjunto) e multitemporal (de dinâmica) de extensas áreas da superfície. Mostrando o ambiente e as suas transformações, destacam os impactos tanto por fenômenos naturais, quanto pela ação do homem, com o uso e ocupação do espaço (FLOREZANO, 2007). A sua aplicação no monitoramento e gerenciamento ambiental tem sido cada vez constantes na busca de resultados melhores, além de ser efetiva e econômica.

As imagens do satélite Landsat 5 TM são as mais usadas para análises da cobertura vegetal, que possui características espectrais particulares nas faixas do infravermelho e infravermelho próximo, destacando alta reflectância da energia solar incidente. O NDVI é o índice mais utilizado e permite não só mapear a vegetação, mas também medir a sua quantidade e condições em uma determinada área.

A temperatura de superfície está relacionada com o fluxo de calor, sendo de suma importância para o entendimento das interações entre a superfície terrestre e a atmosfera, sendo a banda termal do Landsat (banda 6), onde neste comprimento de onda existe uma atenuação da radiação emitida, causada pela presença de vapor d'água, CO₂, O₃, aerossóis e outros gases.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo estimar a Temperatura de Superfície e o Índice de vegetação, durante dois anos (1999 e 2011) e verificar a variabilidade espaço-temporal, no município de Baião/PA.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Baião/PA está localizado a margem direita do rio Tocantins, na mesorregião de Cametá, distante de Belém a 204 km, com acesso pela rodovia PA-151. Segundo o último censo demográfico do IBGE realizado em 2010, o município possuía 36.882 habitantes, possuindo uma área territorial de 3.758,297 Km². (SANTOS, 2016) (Figura 1).

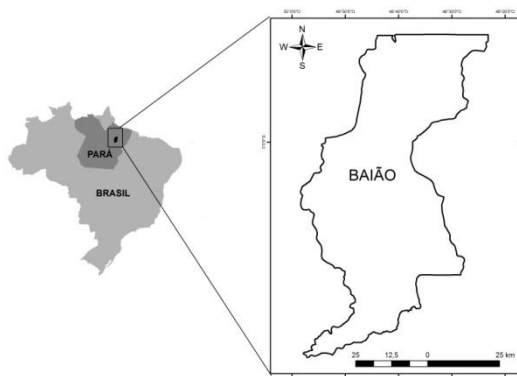


Figura 1: Localização do município de Baião/PA. Fonte: Autor.

Para a extração das informações espaciais de temperatura de superfície e geração do NDVI no município de Baião/PA, foram adquiridos dados de imagem orbital digital do satélite Landsat 5 TM (Thematic Mapper), órbita 224, ponto 062, com datas de passagens 28 de julho de 1999 e 29 de julho de 2011. As bandas utilizadas foram 2, 3, 4 e 6 correspondentes as frequências do azul (B), verde (G), vermelho (R) e ao infravermelho termal (faixa espectral de 10, 4 a 12, 5 μm – micrômetro). As imagens foram adquiridas no banco de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O procedimento de processamento de imagem para execução dos dados referentes ao índice de vegetação através do NDVI e a temperatura de superfície foram realizadas utilizando o software *ArcGis* (versão 10.1). A metodologia foi baseada na descrição de Almeida et al, (2015).

A Temperatura da Superfície Terrestre foi extraída a partir da banda 6 da imagem Landsat-5 TM, primeiramente é convertido os números digitais (DN), valor do pixel, para valores de temperatura superficial, por meio de uma equação, a fim de tornar os dados comparáveis.

Equação (1) é usada para realizar a conversão dos números digitais (DN) para radiação de energia espectral (L_{λ}):

$$L_{\lambda} = L_{min} + (L_{max} - L_{min}) * \frac{DN}{255} \quad (1)$$

Onde: L_λ = radiação de energia espectral; $L_{min} = 1.238$ (radiância espectral valor do DN 1); $L_{max} = 15.600$ (radiância espectral valor do DN 255); e DN= Número Digital.

Uma vez que o valor do espectro de radiação é conhecido, o passo seguinte é utilizar o valor da L_λ para calcular a Temperatura de superfície. Nesta etapa, foi utilizada a equação (2) para a conversão de radiação para o valor Temperatura de superfície:

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{K_\lambda}\right)+1} \quad (2)$$

Onde: K_1 = constante de calibração (607,76); K_2 = constante de calibração (1260.56); T_b = temperatura da superfície; $T_b = T_b - 273$ (Conversão de Kelvin para Celsius).

O NDVI normaliza a razão simples para o intervalo de -1 a +1, onde as áreas de vegetação mais intensa aproximam-se dos patamares superiores. O NDVI é calculado como a relação entre a refletividade medida nas porções vermelho e infravermelho do espectro eletromagnético, bandas 3 e 4 do Landsat-5 TM. Estas duas bandas espectrais são escolhidas porque são as mais afetadas pela absorção de clorofila na vegetação de folhas verdes e pela densidade da vegetação verde na superfície. A transformação NDVI é calculada como a razão entre as intensidades medidas no vermelho (R) e no infravermelho próximo (NIR) das bandas espectrais, com a seguinte equação (3):

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (3)$$

Onde: NIR = Infravermelho próximo (0,75 a 0,90 μm); e R = Vermelho (0,63 a 0,70 μm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processamento dos dados possibilitou a interpretação da distribuição espacial-temporal do índice de vegetação e da temperatura de superfície terrestre na área de estudo. A aplicação de técnicas computacionais nas imagens orbitais, dos períodos estudados, permitiu a transformação dos números digitais dos pixels em temperatura aparente, bem como a assinatura espectral da planta.

O NDVI varia de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior o vigor da vegetação, isso ocorre devido, quanto mais verdes, nutridas, sadias e bem supridas do ponto de vista hídrico for a planta maior será a absorção do vermelho e maior será a reflectância do infravermelho.. No município de Baião/PA é possível verificar que em uma escala temporal (período que corresponde entre os anos de 1999 e 2011) é possível ver que houve uma mudança significativa em áreas dentro desses doze anos, isso ocorreu em virtude da intensidade do uso do solo na região (Figura 2).

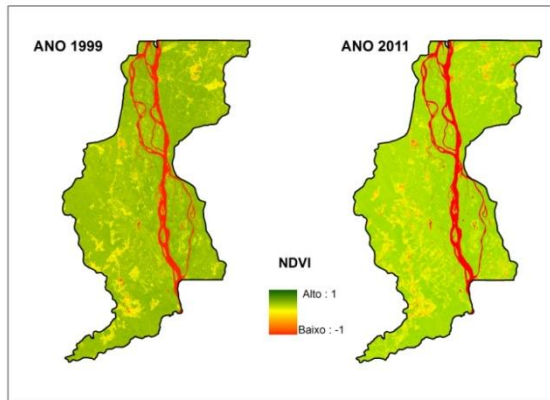


Figura 2: Espacialização do Índice de Vegetação, NDVI, no Município de Baião/PA.

As temperaturas mais elevadas encontram-se nas áreas onde temos solo exposto, áreas ocupadas pela agricultura e regiões urbanizadas, enquanto que temperaturas amenas são observadas em regiões de mata ciliar, corpos d'água e áreas cobertas por vegetação. Os anos de 1999 e 2011 apresentaram respectivamente 35°C e 39°C em relação aos valores máximos de temperatura da superfície terrestre. No entanto, não variou valor de temperatura mínima, por esse motivo usou-se a mesma escala para os dois períodos analisados (Figura 3).

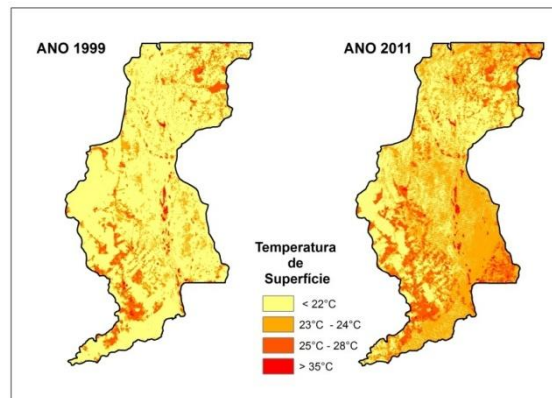


Figura 3: Mapa temático da temperatura de superfície terrestre para os dias 28/07/09 e 29/07/11 obtida com o sensor TM do Landsat 5.

Os resultados obtidos confirmam que as áreas de maiores valores de temperatura se concentram em áreas com menor índice de vegetação, isso ocorreu devido o aumento da ocupação dos espaços e a retiradas da vegetação.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que, através do tratamento de imagem do satélite Landsat-TM 5 no canal termal, o município de Baião demonstrou uma grande diferença em relação à temperatura de sua superfície no período estudado, ocorrendo um aumento 11,4 %, durante nos doze anos. Foi possível perceber quanto ao NDVI, que houver visivelmente uma diminuição das áreas de vegetação de reflectância densa (1), em relação às de menos reflectância (-1). Julgando-se necessários outros estudos paralelos *in loco*, para atestar um bom nível de eficácia e acerto neste tipo de mapeamento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Capes pela concessão de bolsa de doutorado e a Universidade Federal Rural da Amazônia, pelo espaço cedido.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.J.P. et al. Relação entre o Índice de Vegetação e a Temperatura de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 25 a 29 de abril de 2015 João Pessoa-PB, Brasil, INPE. 2015. P. 4-5.

FLORENZANO, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto. Oficina de Textos, 2007.

SANTOS, S. da P. A cidade de baião e seu patrimônio histórico: reflexões iniciais de um processo de tombamento ainda em curso. In: XI SEUR – V Colóquio Internacional sobre Comércio e Consumo Urbano. 2016. Anais do Seminário de Estudos Urbanos e Regionais 2016.

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E OCORRÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS EM CAFEZEIROS DE MINAS GERAIS

Margarete Marin Lordelo Volpato¹, Julián Mauricio Agredo Hoyos², Helena Maria Ramos Alves³, Tatiana Grossi Chquiloff Vieira⁴, Rogério Antônio Silva⁵

¹ Pesquisadora, Bolsista BIPDT-FAPEMIG, Epamig Sul, Lavras, MG, margarete@epamig.br; ² Bolsista CBP&D Café, Embrapa Café, Brasília, DF, maofahien@yahoo.com; ³ Pesquisadora, Embrapa Café, Brasília, DF, helena.alves@embrapa.br; ⁴ Bolsista CBP&D Café, Embrapa Café, Brasília, DF, tatianagcvieira@gmail.com; ⁵ Pesquisador, Bolsista BIPDT-FAPEMIG, Epamig Sul, Lavras, MG, rogeriosilva@epamig.br

RESUMO: Uma das maiores dificuldades para os monitoramentos fitossanitários é a aquisição de dados meteorológicos locais, isso porque a rede de estações de superfície é insuficiente para esse fim. Uma alternativa para superar este problema é utilizar dados e produtos de imagens obtidas por satélites, em função da excelente cobertura espacial e temporal, e de sua relação com as variações das condições meteorológicas. Entretanto, são escassos os exemplos de monitoramento fitossanitário utilizando dados espectrais das lavouras. Diante disso, o presente estudo objetivou conhecer a relação entre índices de vegetação NDVI e EVI do sensor MODIS satélite TERRA e ocorrência de pragas e doenças em cafeeiros do sul de Minas Gerais. Para tanto, o estudo foi realizada no campo experimental da EPAMIG, no município de São Sebastião do Paraíso, MG, onde é realizado o monitoramento fitossanitário de cafeeiros e possui estação meteorológica pertencentes à rede oficial do INMET. As análises da distribuição temporal do NDVI e EVI indicaram existir relação entre a ocorrência de pragas e doenças dos cafeeiros. A incorporação dessas variáveis espectrais ao monitoramento fitossanitário podem ajudar a decidir sobre o manejo adequando de aplicações de medidas de controle, reduzindo efeitos tóxicos sobre as plantas e reduzindo a exposição de agrotóxicos aos trabalhadores e aos consumidores.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, monitoramento fitossanitário, cafeicultura.

INDEX OF VEGETATION AND OCCURRENCE OF PESTS AND DISEASES IN COFFEE IN MINAS GERAIS

ABSTRACT: The greatest difficulty for phytosanitary monitoring is the acquisition of in situ meteorological data, because the network of surface stations is insufficient for this purpose. An alternative to overcome this problem is to use data and products of images obtained by satellites, due to the excellent spatial and temporal coverage, and their relation with the variations of the meteorological conditions. However, there are few examples of phytosanitary monitoring using crop spectral data. Therefore, the present study aimed to know the relationship between vegetation indices NDVI and EVI of MODIS sensor of TERRA satellite and occurrence of pests and diseases in coffee, in southern Minas Gerais. For this, the study was carried out in the experimental field of EPAMIG, in São Sebastião do Paraíso, MG, where the phytosanitary monitoring of coffee and there is a meteorological station belonging to the INMET official network are carried out. The analysis of the temporal distribution of NDVI and EVI indicated relationship between the occurrence of pests and diseases of coffee trees. Incorporating these spectral variables into phytosanitary monitoring can help to decide on management by tailoring applications of control measures, reducing toxic effects on plants, and reducing pesticide exposure to workers and consumers.

KEY-WORDS: Remote sensing, phytosanitary monitoring, coffee production.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de doenças e pragas é favorecida por fatores ligados ao cafeeiro e sua relação com o ambiente. Entre os fatores ligados ao ambiente pode-se citar que a temperatura do ar e o regime de chuvas têm indicado alterações capazes de promover mudanças no progresso das doenças e pragas (CHALFOUN, 1997). Portanto, o conhecimento dos fatores que influenciam o desenvolvimento das doenças e pragas constitui-se num dos aspectos mais importantes, já que os fatores climáticos envolvidos condicionam a distribuição, a ocorrência e severidade (SOUZA, 1980).

O monitoramento fitossanitário das áreas cafeeiras tem sido realizado em campo utilizando-se dados de estações meteorológicas e visitas á lavoura. Contudo, a utilização de imagens de satélite, que permitem avaliar grandes áreas a custos menores, pode ser uma grande contribuição para auxiliar esse monitoramento.

A relação entre as características morfológicas de plantas e de propriedades ópticas foi estabelecida inicialmente por Barrett e Curtis (1992) que fundaram as técnicas das modernas aplicações do sensoriamento remoto, nas quais as características espectrais de plantas podem ser associadas às condições de desenvolvimento das mesmas, bem como aos estresses ocasionados por deficiência de nutrientes, doenças, patógenos e pragas.

Os produtos MOD13 preparados a partir de imagens do sensor MODIS do satélite TERRA possuem os índices de vegetação NDVI e EVI, sensíveis à presença de clorofilas e outros pigmentos da vegetação e tem sido utilizados para estimar biomassa e mudanças no desenvolvimento da vegetação (TUCKER et al., 2005).

O presente estudo objetivou conhecer a relação entre índices de vegetação NDVI e EVI do sensor MODIS satélite TERRA e ocorrência de pragas e doenças em cafeeiros do sul de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no campo experimental da EPAMIG, no município de São Sebastião do Paraíso, MG, onde é realizado o monitoramento fitossanitário de cafeeiros e possui estação meteorológica pertencente à rede oficial do INMET.

O período de tempo selecionado foi o ano de 2016. Foram utilizados os dados de ocorrência das pragas bicho mineiro (*Leucoptera coffeellum*) e broca do café (*Hypothenemus hampei*) e ocorrência de ferrugem (*Hemileia vastratrix*) e cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), coletados mensalmente no campo experimental.

As variáveis meteorológicas mensais utilizadas foram temperatura do ar, precipitação e dias sem chuva.

Foi preparado um mapa de uso e ocupação do solo com cafés próximos á área de monitoramento e foram selecionadas 10 áreas para coleta de dados espectrais NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e EVI (*Enhanced Vegetation Index*). As áreas cafeeiras foram selecionadas no Sistema de Análise Temporal da Vegetação (EMBRAPA, 2016) que posteriormente foram visitadas *in situ* com auxílio de um a GPS de navegação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a distribuição temporal das variáveis ocorrência das pragas bicho mineiro (*Leucoptera coffeellum*) e broca do café (*Hypothenemus hampei*), temperatura do ar, dias sem chuva (DSCh), NDVI e EVI, no ano de 2016.

O bicho mineiro exige clima seco, com baixa umidade, alta insolação e altas temperaturas (ALMEIDA, 1973), no ano de 2016 as maiores ocorrências foram nos meses de junho a outubro, nesse período os índices de vegetação permaneceram mais baixos. No caso da broca do café, os meses com maior ocorrência foram abril e maio que de acordo com a literatura apresentaram as melhores condições de desenvolvimento desse inseto, ou seja, temperaturas amenas e boa umidade (SOUZA e REIS, 1997), nesse período os índices de vegetação estão em processo de queda, porém ainda com valores altos.

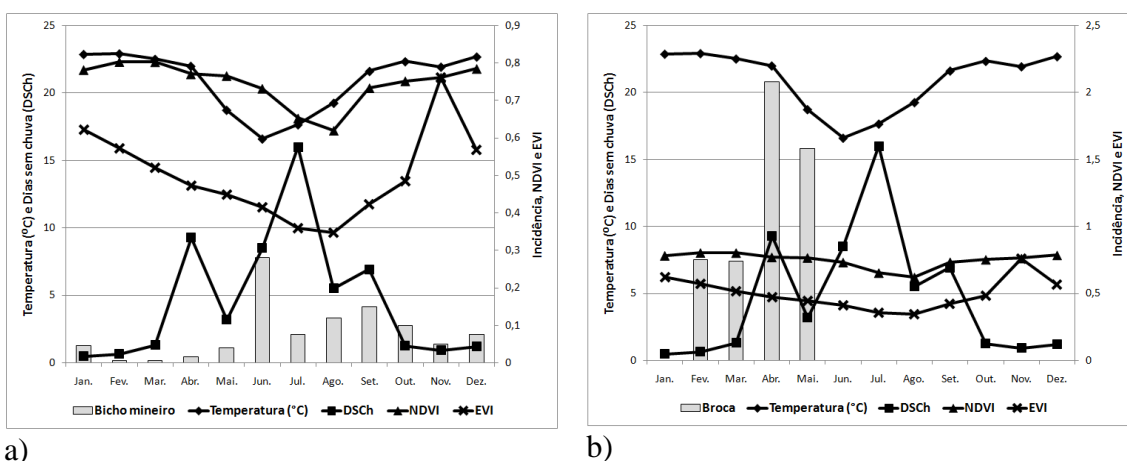


Figura 1. Variáveis climáticas, índices de vegetação e ocorrência do bicho mineiro (a) e broca do café (b) e em São Sebastião do Paraíso - MG, em 2016.

A Figura 2 apresenta a distribuição temporal das variáveis ocorrência de ferrugem (*Hemileia vastratrix*) e cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), temperatura do ar, dias sem chuva (DSCh), NDVI e EVI, no ano de 2016.

Os meses com maior ocorrência da ferrugem foi de março a maio, que de acordo com a literatura apresentaram as melhores condições de desenvolvimento desse fungo, ou seja, temperaturas amenas e boa umidade (ZAMBOLIM et al., 1997), nesse período os índices de vegetação estão em processo de queda, porém ainda com valores altos.

Com relação á cercosporiose, geralmente os meses de maior ocorrência são os que apresentam temperaturas ainda mais amenas e boa umidade (ZAMBOLIM et al., 1997), mas no ano de 2016, em São Sebastião do Paraíso, os meses de maior ocorrência foram julho e agosto (Figura 2b), nesse período os índices de vegetação permaneceram mais baixos. Neste caso, ouve um “deslocamento” temporal da doença, do primeiro para o segundo semestre, favorecido pelas condições ambientais.

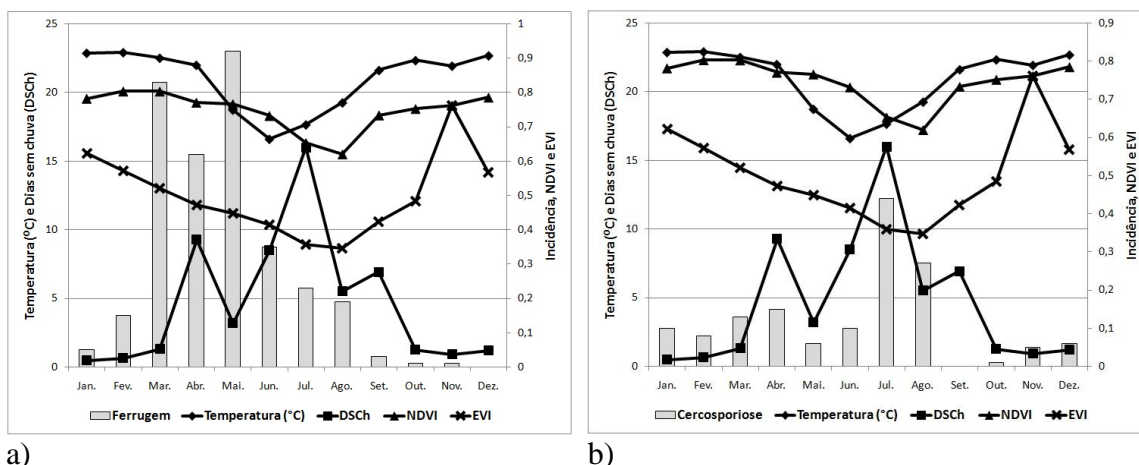


Figura 2. Variáveis climáticas, índices de vegetação e ocorrência de ferrugem (a) e cercosporiose (b) e em São Sebastião do Paraíso - MG, em 2016.

Observou-se que os índices de vegetação NDVI e EVI apresentaram boa correlação como a variável dias sem chuva (DSC) e por isso podem auxiliar no monitoramento de pragas e doenças dos cafeeiros, especialmente em locais sem a disponibilidade de dados de precipitação. E que os períodos em que os índices de vegetação apresentaram diminuição de seus valores, observou-se a ocorrência de pragas e doenças nos cafeeiros monitorados.

CONCLUSÕES

As análises da distribuição temporal do NDVI e EVI indicaram existir relação entre a ocorrência de pragas e doenças dos cafeeiros. A incorporação dessas variáveis espectrais ao monitoramento fitossanitário podem ajudar a decidir sobre o manejo adequando de aplicações de medidas de controle, reduzindo efeitos tóxicos sobre as plantas e reduzindo a exposição de agrotóxicos aos trabalhadores e aos consumidores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG e Consórcio Pesquisa Café pelo financiamento do projeto e bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P.R. O bicho mineiro do cafeeiro, *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Méneville, 1842) (Lepidoptera-Lyonetidae) como fator de restrição na produção do cafeeiro. In: Reunião Anual da Sociedade Entomológica do Brasil, 1., 1973. Viçosa. **Resumos.** Sociedade Entomológica do Brasil, p.31, 1973.

BARRETT, E. C.; CURTIS, L. F. **Introduction to Environmental Remote Sensing.** 3.ed. London, Chapman & Hall. 1992. 412 p.

CHALFOUN, S.M. **Doenças do cafeeiro:** importância, identificação e métodos de controle. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997, 96p.

EMBRAPA. **Sistema de Análise Temporal da Vegetação**. Disponível em: <<https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg>>. Acesso em: 8 de dezembro de 2016.

HATFIELD, L.J.; GITELSON, A.A.; SCHEPERS, S.J.; WALTHALL L.C. Application of spectral remote sensing for agronomic decisions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 3, p. S117-S131, 2008. Supplement.

SOUZA, S.M.C. **Importância da chuva e da temperatura do ar na incidência da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) em cafeeiros, de três localidades do estado de Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1980. 50p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

SOUZA, J. C. de; REIS, P. R. Broca-do-café: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos, monitoramento e controle. 2. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 1997. 40 p. (EPAMIG. **Boletim Técnico**, 50).

TUCKER, C.J., PINZON, J. E., BROWN M.E., SLAYBACK, D.A., PAK E.W., MAHONEY R., VERMOTE E.F., SALEOUS N. An extended AVHRR 8-km NDVI Data Set Compatible with MODIS and SPOT Vegetation NDVI Data. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 26, p. 4485-4498, 2005.

ZAMBOLIM, L.; RIBEIRO do VALE, F. X.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Café (*Coffea arábica* L.), controle de doenças. In: Ribeiro do Vale, F. X.; Zambolim, L. **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa: Departamento de Fitopatologia; Brasília: Ministério da Agricultura e Abastecimento, v.2, p.83-179, 1997.

DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES NDVI E SAVI PARA COBERTURA VEGETAL EM SÃO CARLOS - SP

Felipe Souza dos santos¹, Ivens Coelho Peixoto², Ismael Guidson Farias de Freitas³,
Laurizio Emanuel Ribeiro Alves⁴, Heliofábio Barros Gomes⁵

¹Graduando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas/ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, phillipe_marvel@hotmail.com, ²Graduando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas/ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, ivenspeixoto@hotmail.com, ³Mestrando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas/ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, ismael.guidson@gmail.com; ⁴Graduando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas/ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, laurizio.r@gmail.com; ⁵Professor Dr. em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas/ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, heliofab@gmail.com

RESUMO: O uso de técnicas de sensoriamento remoto tem sido de suma importância para o monitoramento de áreas ambientais e de bacias hidrográficas, essas técnicas nos oferecem ampla área de cobertura espacial favorecendo a análise dos diversos índices de vegetação e obtenção de dados espaço-temporal. Este artigo busca analisar e comparar os índices de vegetação, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e o Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), ademais averiguar qual melhor representa e discrimina a cobertura vegetal. Para o cálculo dos índices de vegetação foi utilizado o software QGIS 2.8.1 e ERDAS 9.2. As imagens foram coletadas através dos sensores TM e OLI, respectivamente abordo dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, para os dias 15 de agosto 2010 e 13 de agosto 2015. Através dos dados coletados foram desenvolvidos imagens e gráficos onde viabiliza a interpretação das informações obtidas. Dessa forma foi possível observa que os índices de vegetação SAVI e NDVI obtiveram valores similares para os pontos observados, no entanto, o índice que teve maior relação com o RGB foi o SAVI melhor representando a área de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: NDVI, SAVI, LANDSAT-5, LANDSAT-8

DETERMINATION OF THE NDVI AND SAVI INDICES FOR VEGETABLE COVERAGE IN SÃO CARLOS - SP

ABSTRACT: The use of remote sensing techniques has been of paramount importance for the monitoring of environmental and watershed space, These techniques offer us a wide spatial coverage area favoring the analysis of the various vegetation indexes and obtaining spatio-temporal data. This paper aims to analyze and compare the vegetation indexes, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), in addition to investigating which best represents and discriminates the vegetation cover. For the calculation of vegetation indices, the software QGIS 2.8.1 and ERDAS 9.2 were used. The images were collected through the TM and OLI sensors, respectively on the Landsat 5 and Landsat 8 satellites, for August 15, 2010 and August 13, 2015. Through the collected data, images and graphs were developed where the interpretation of the obtained information is feasible. In this way it was possible to observe that the SAVI and NDVI vegetation indexes obtained similar values for the observed points, however, the index that had the highest relation with the RGB was the SAVI better representing the study area.

KEY-WORDS: NDVI, SAVI, LANDSAT-5, LANDSAT-8

INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto tem se constituído como ferramenta de grande importância nos estudos, pesquisas e monitoramento dos fenômenos ambientais, pois o mesmo está consolidado em diversos ramos da ciência. Suas imagens polissêmicas e recursos permitem realizar levantamentos periódicos o que torna possível a aplicação em diferentes temáticas e o monitoramento de fenômenos dinâmicos que ocorrem na superfície terrestre (KALAF et al.; 2013).

As informações produzidas a partir de diferentes tipos de sensores têm sido melhor aproveitadas com o emprego de métodos de Processamento Digital de Imagens (PDI). Alguns destes métodos é a fusão de imagens que combina imagens de diferentes características espectrais e espaciais para sintetizar uma nova imagem com melhor resolução espacial do que a imagem multiespectral original (BRYN, 2008).

Por meio das técnicas de sensoriamento remoto é possível obter informações a respeito da cobertura vegetal, através do cálculo dos índices NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index* - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index* - Índice de Vegetação Ajustado ao Solo), onde o SAVI possui um fator de ajuste ao solo, ou seja, permitindo uma melhor análise no comportamento vegetativo da região em maior escala espacial.

Objetivou-se, neste artigo, realizar análises em imagens de orbitais processadas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, bem como comparar a configuração da cobertura vegetal obtida por meio dos índices de vegetação NDVI e SAVI.

MATERIAL E MÉTODOS

São Carlos é um município brasileiro localizado no interior do estado de São Paulo, na região Centro-Leste, e a uma distância rodoviária de 230 quilômetros da capital paulista. Está situada nas coordenadas geográficas 22° 0' 55" Sul, 47° 53' 28" Oeste com uma população recenseada em 243.765 habitantes (IBGE/2016), distribuídos em uma área total de 1.137,332 km², é a 13^a maior cidade do interior do estado em número de residentes.

Para a elaboração deste trabalho, foi necessário à aquisição das cenas espectrais no site do United States Geological Survey (USGS) onde foi possível obter as imagens do satélite Landsat 5 TM do ano de 15/08/2010 como também as imagens do sensor OLI Landsat-8 do ano de 13/08/2015 por apresentarem menor quantidade de nuvens. Utilizaram-se os canais 1, 2, 3, (elaboração do RGB Landsat-5) e 2, 3, 4 para (elaboração do RGB Landsat- 8) além de utilizar as bandas do infravermelho próximo e vermelho, correspondentes aos canais 4 e 3 para Landsat-5 e 5 e 4 para o Landsat-8 respectivamente os canais utilizados para o computo dos índices NDVI e SAVI.

O software utilizado foi o demonstrativo do Erdas Imagine 9.2 utilizando as funções de registro, empilhamento das bandas espectrais, recortes e uso de modelos matemáticos entre as bandas espectrais, que possibilita a determinação de índices de vegetação (NDVI, SAVI), além do uso do software Qgis 2.14.13 para a elaboração dos mapas temáticos de NDVI e SAVI.

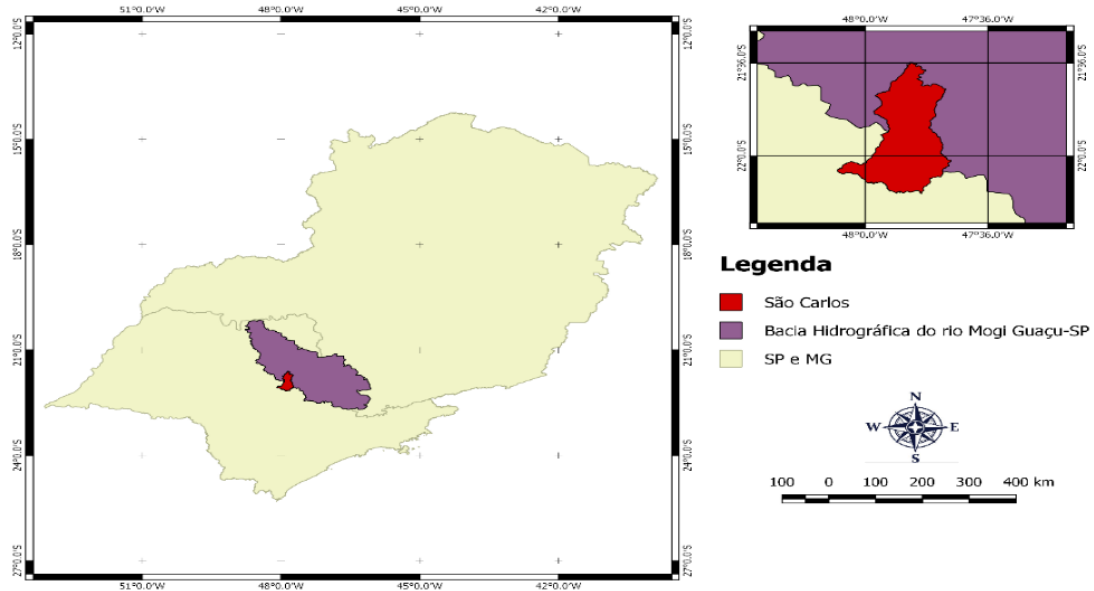


Figura1-Localização do município de São Carlos-SP.

Para identificar as principais feições encontradas na área de estudo foi utilizada a composição RGB falsa cor, com as bandas (Red-banda5, Green-banda4e Blue-banda3) do sensor ETM+ Landsat-7 e as bandas (Red- banda 6, Green- banda 5 e Blue- banda 4) do sensor OLI Landsat-8. As feições destacadas foram: solo exposto (representado pela cor rosa claro, escuro e branco), corpo d'água (representado pela cor preta), agricultura (representado pela cor verde vibrante) e áreas urbanas (representado pela cor rosa escuro, roxo), representado pela figura2, nas respectivas datas 15/08/2010 – Landsat- 5 e 13/08/2015 – Landsat- 8. Essa composição apresenta a cobertura espacial do uso e cobertura do solo.

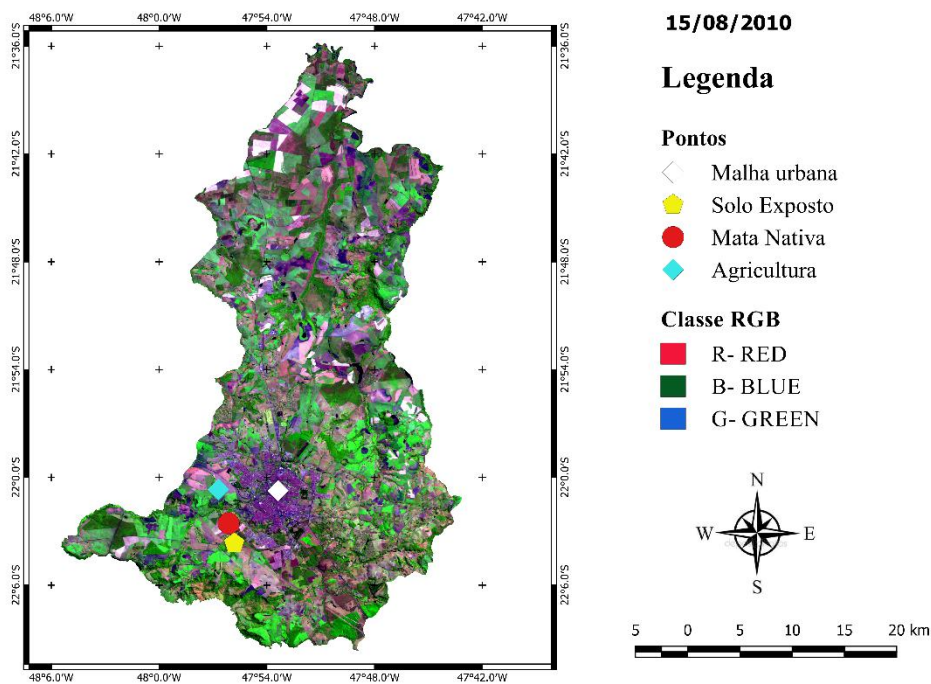


Figura 2-Composição **RGB** falsa cor, (BHRMG) para as datas de (15/082010).

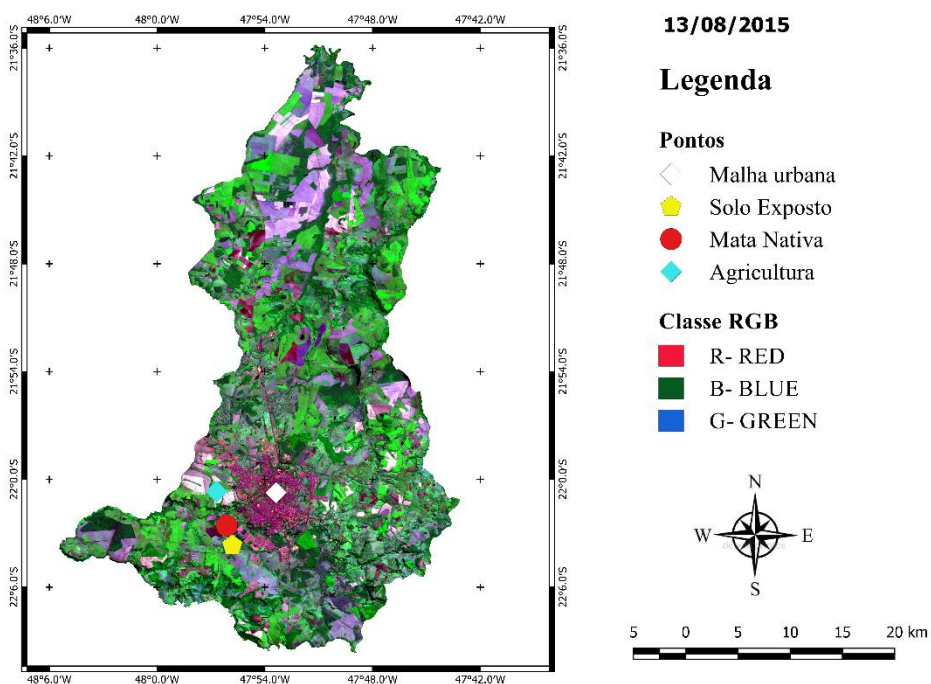


Figura 3-Composição **RGB** falsa cor, (BHRMG) para as datas de (13/082015).

O NDVI é um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde, quanto mais alto o NDVI, mais representativa é a vegetação. Assim, o NDVI é alcançado pela razão entre a diferença das refletividades das bandas do infravermelho próximo (banda 3) e do vermelho (banda 4) para o satélite Landsat - 7 e (banda 5) e

(banda 4) para o Landsat - 8 e pela soma das mesmas como expressa a Equação 1 (ALLEN et al., 2002; LIU, 2006):

$$NDVI = \frac{\rho_2 + \rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \quad (01)$$

Em que ρ_2 e ρ_1 são as refletâncias das bandas (infravermelho próximo e vermelho) dos sensores TM e OLI.

O SAVI desenvolvido por Huete (1988) procura amenizar os efeitos do “background” do solo na resposta espectral da vegetação. Assim, o SAVI é obtido pela Equação:

$$SAVI = \frac{(1+L)*(\rho_2 - \rho_1)}{(L + \rho_2 + \rho_1)} \quad (02)$$

Sendo a constante L um fator de ajuste que depende do tipo de solo, variando de 0 a 1 (HUETE,1988). Apesar de $L=0,5$ ser um valor mais frequente (BOEGH; SOEGAARD; THOMSEM, 2002), aplicou-se neste estudo $L = 0,1$, conforme recomendado por Tasumi (2003) e Silva et al. (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição do período chuvoso de São Carlos-SP se estende de Dezembro a Março enquanto que o período seco está entre julho e agosto de acordo com a normal climatológica disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Figura 3). O município passou por um longo período seco em 2010 tendo em vista que os regimes pluviométricos possuem um papel importante nas condições vegetativas para a área de estudo.

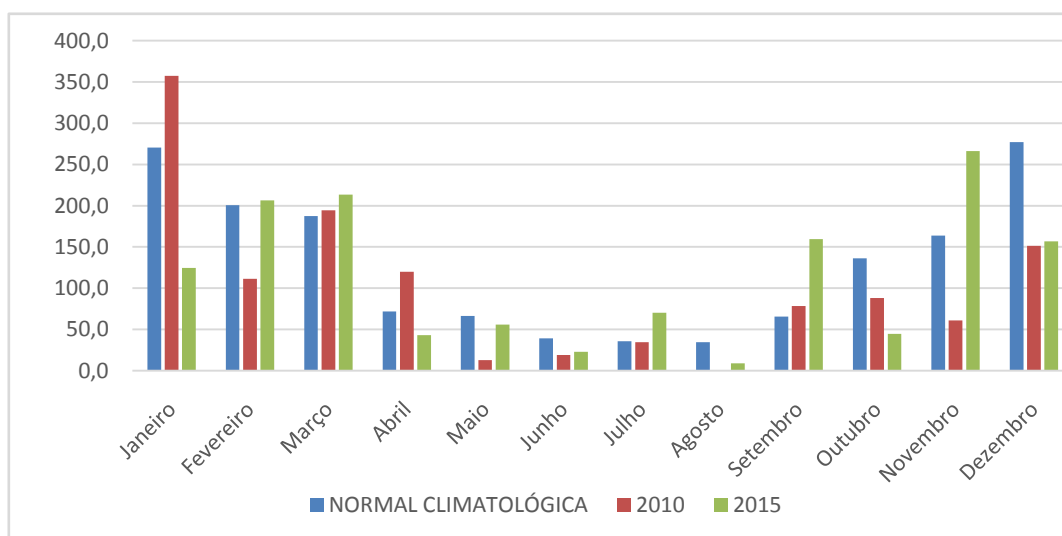


Figura 3- Normal Climatológica do período chuvoso do município de São Carlos- SP entre 1960– 1990 e durante os anos de 2010 e 2015.

As principais mudanças espaciais do NDVI para o município de São Carlos representadas nas imagens estudadas mostram que devido o tipo de vegetação (cerado e mata atlântica), uma vegetação resiliente, ou seja, que possui a capacidade de retornar as suas condições originais, como também o avanço da agricultura sobre as áreas de

vegetação, aumento das regiões de pastos como também o aumento das plantações de cana de açúcar e laranja.

Para observar as principais diferenças dos índices de vegetação (NDVI e SAVI) os mapas temáticos foram classificadas da seguinte forma: -1,0 a 0,0 (corpo d'água), 0,0 -0,12 (solo exposto e malha urbana), 0,12 a 0,24 (vegetação rala e área de pasto), 0,24 a 0,36 (vegetação arbustiva e agricultura), 0,36 a 0,48 (transição de vegetação arbustiva – arbórea) 0,48 a 1,0 (vegetação nativa), os resultados estão de acordo com literatura, apresentando valores inferiores a zero para corpos d'água, valores próximos de zero para áreas urbanas e solo exposto e valores mais elevados para áreas com maior densidade vegetativa (ANDRADE, (2013); ALVES et al., (2015); FREITAS et al., (2016)).

Ao observarmos os resultados obtidos após a classificação das imagens que estão dentro do intervalo -1 e 1 para as Figuras 4 e 5, onde os valores de corpo d'água são inferiores a 0, é possível observar, que na área de estudo o NDVI apresentou seus maiores valores nas classes 0,36 – 0,48 e 0,48 – 1 onde se encontra a vegetação nativa, e distintos tipos de agriculturas (cana de açúcar e plantação de laranja), Os valores apresentados corroboram aos obtidos por Santiago et al., (2009) e Alves et al., (2015), que encontraram seus maiores valores entre 0,45 – 0,80. Já os valores encontrados para solo exposto e malha urbana estão presentes no mesmo intervalo de classe 0,0-0,12, tendo em vista que ambas as áreas estão desprovidas de cobertura vegetal, Freitas et al., (2016), para estudo no município de Cabrobró-PE observou valores de NDVI para solo exposto e malha urbana de forma intercalada variando de 0,0- 0,17.

Através dos dados analisados é possível observar no mês de agosto de 2010 (data referente a imagem de satélite), não foi registrado nenhum volume pluviométrico que pudesse suprir a necessidade hídrica da vegetação resultando em índices de NDVI menores. Já para a imagem de agosto de 2015 verificou-se uma melhora na vegetação após a ocorrência de precipitação (volume pluviométrico de 8,8mm). Na imagem de agosto de 2015 (Figura 5) é possível notar o avanço da área de solo, por ser uma área de extração de minérios ocorre o aumento da região de degradação do solo.

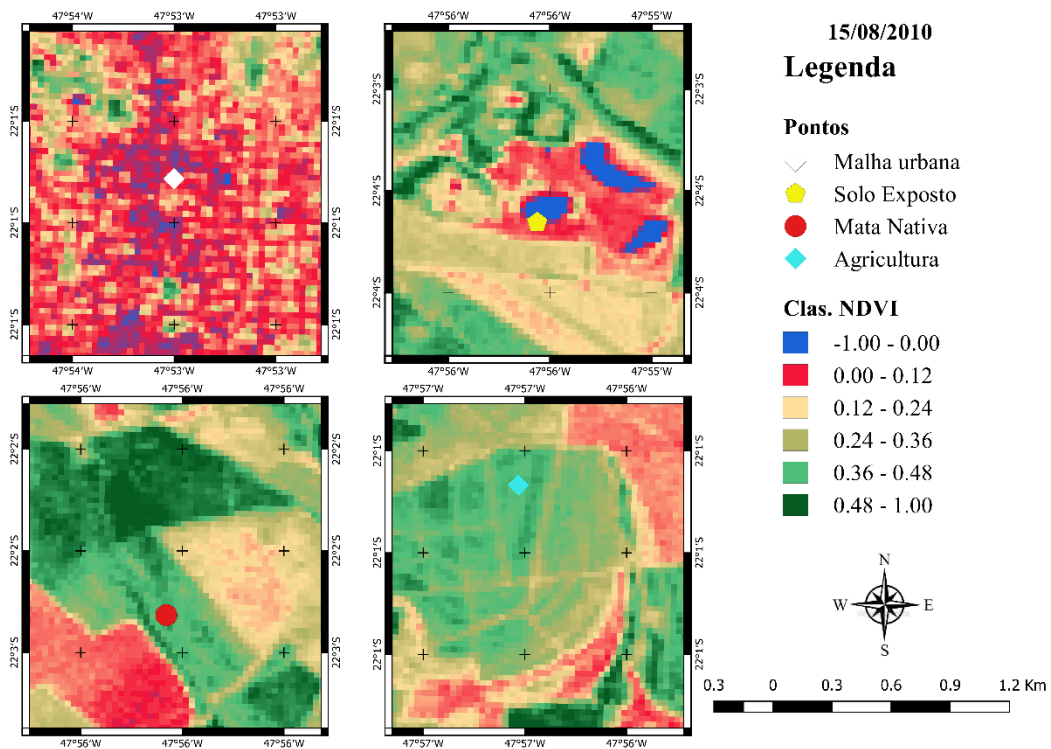


Figura4-Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) Município de São Carlos- SP para a data 15 de agosto de 2010.

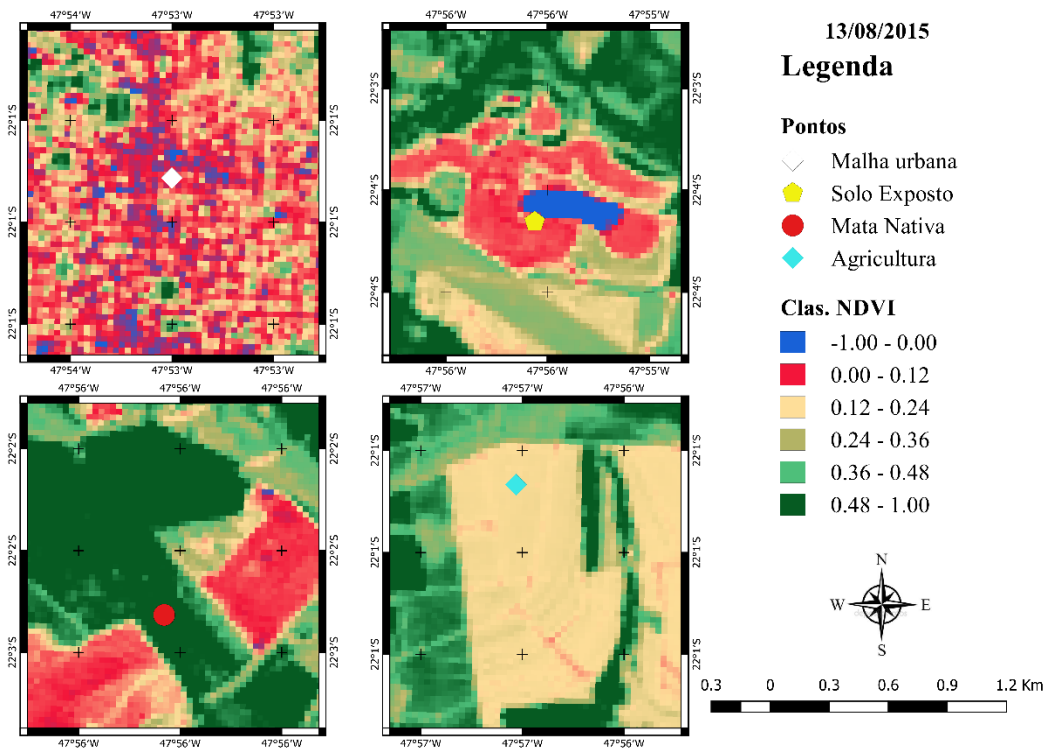


Figura5-Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) Município de São Carlos- SP para data 13 de agosto de 2015.

Já o índice de vegetação SAVI, onde o cálculo é realizado levando em consideração o efeito da reflectância do solo nos valores do índice, os resultados de SAVI obtidos estão expostos nas figuras 6 e 7.

Os valores negativos estão atribuídos a corpos d'água, já os seus maiores valores estão entre as classes 0,36 – 0,48 e 0,48 – 1 que representam mata nativa (vegetação densa), Figueiredo et al., (2013) encontraram seus maiores valores acima de 0,5 para vegetação densa., Solo exposto e malha urbana apresentam características próximas e estão presentes no mesmo intervalo de classe 0,00 - 0,12, Freitas et al., (2016) encontraram valores próximos em sua área de estudo entre 0,00 - 0,17 para malha urbana e solo exposto. Para a área de agricultura foram encontrados valores entre 0,12 – 0,24, corroborando com Alves et al., (2015) que observou valores entre 0,10 – 0,30 para agricultura em estágio de desenvolvimento.

Um fator que interfere diretamente nas características biofísicas da área de estudo, uma vez que, o tipo de vegetação que é observado no local de estudo sofre grandes impactos com a diminuição dos regimes pluviométricos. Como o fator de ajuste ao solo que se encontra no SAVI é possível observar algumas mudanças na região entre as datas 15 de agosto de 2010 e 13 de agosto de 2015, (datas referentes a passagem do satélite) figuras 6 – 7.

Tanto as áreas de agriculturas quanto a própria vegetação nativa (Mata Atlântica e Cerrado), sofreram bastante com a falta de chuva que já estava diminuindo em 2010 porem teve seu menor índice em agosto de 2010 onde não foram registrados nenhum volume pluviométrico para a região mudando bastante as características do local, em 2015 é possível observar uma recuperação da vegetação devido o retorno da precipitação na mesma data é possível notar o solo sendo preparado para a agricultura pelo fator de ajuste ao solo isso fica evidente. Para área urbana notamos um pequeno crescimento, isso se deve por conta do aumento da industrialização, tento em vista que, a cidade tornou-se um importante centre regional industrial. O solo exposto apresentou um avanço maior, isso se deve ao local selecionado ser uma área de extração de minério.

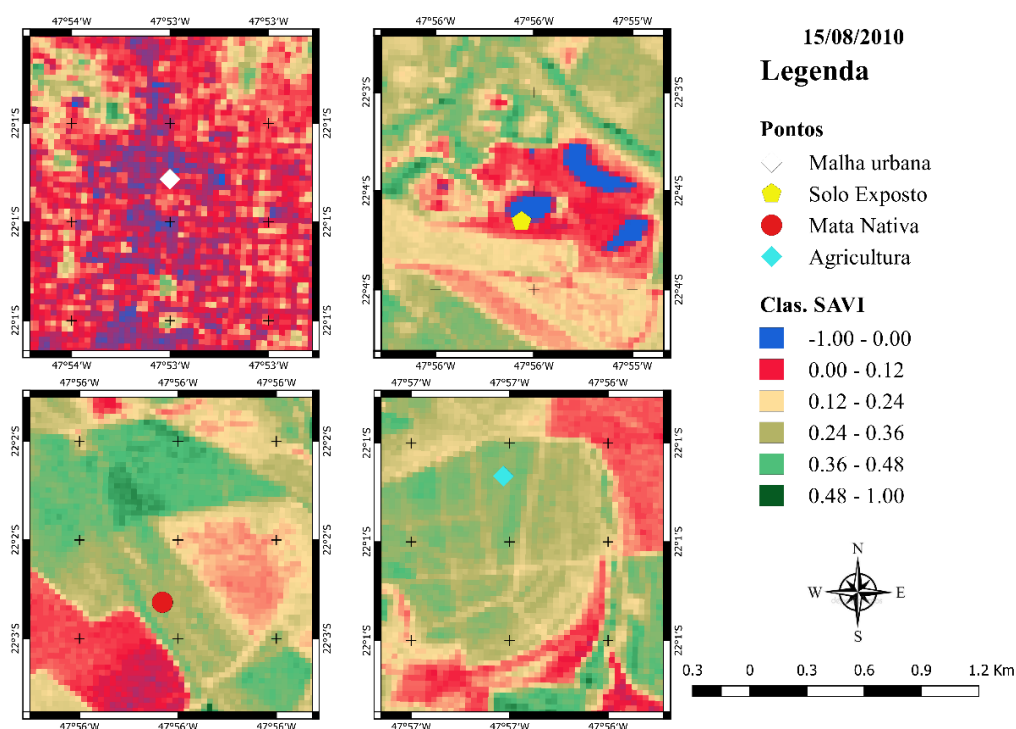


Figura6-Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) Município de São Carlos– SP para data 15 de agosto de 2010.

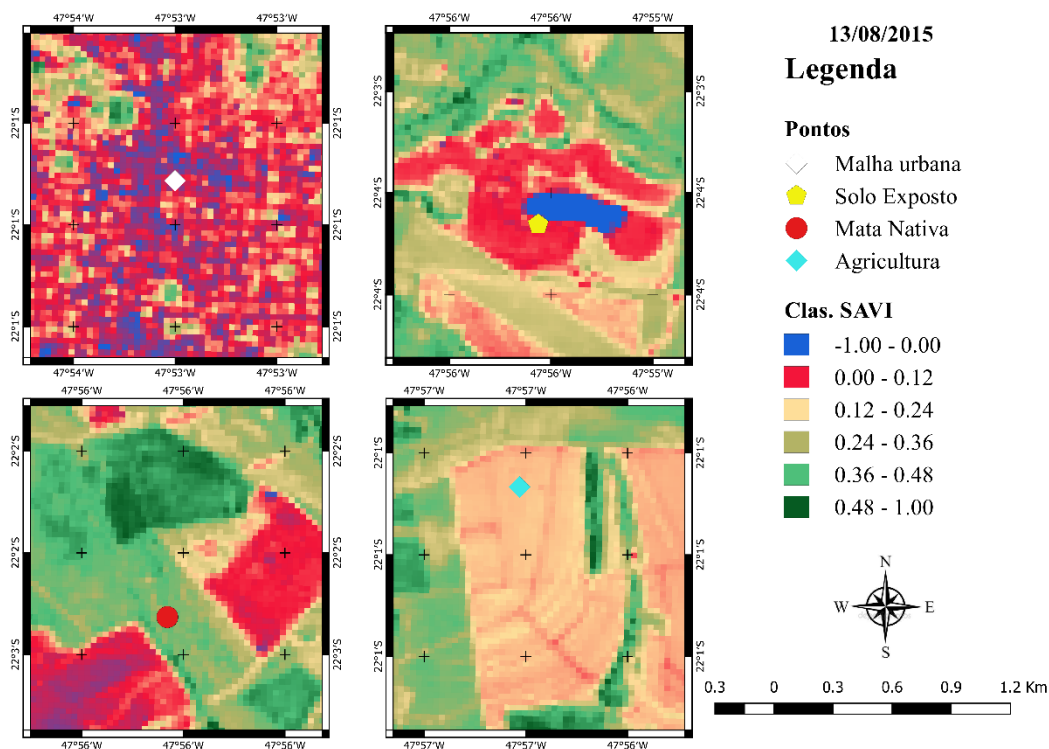


Figura7-Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) Município de São Carlos– SP para data 13 de agosto de 2015.

Ao comparar o NDVI e o SAVI, para as áreas de estudo selecionadas é possível observar que para os valores máximos e mínimos os índices apresentaram resultados próximos, ainda que para o SAVI observou-se valores menores que no NDVI conforme está representado na tabela 1, porem as áreas foram melhor representadas pelo SAVI onde mostrou uma melhor precisão ao compararmos com o RGB outro ponto observado é com relação a densidade da vegetação quanto mais densa maior a diferença dos dados calculados

Segundo Jensen (2009), o NDVI é bastante relacionado ao IAF, (Índice de Área Foliar) que não foi abordado nesse artigo, entretanto um dos seus limites é a saturação dos seus dados em relação a altos valores de IAF, podendo, então, justificar o aumento da diferença entre os valores dos índices conforme aumenta a densidade da vegetação. Portanto após compararmos os índices NDVI e SAVI através das imagens orbitais processadas requer uma análise profunda para implantar o índice de vegetação que melhor responderá as necessidades da área de estudo conforme os objetivos do trabalho, pois, apesar de apresentarem resultados similares eles possuem características próprias podendo interferir nos resultados finais do estudo.

Tabela 1 – Valores pontuais extraídos em diferentes tipos de cobertura da superfície para as datas 15/08/2010 e 13/08/2015.

Pontos	Latitude	Longitude	15/08/2010		13/08/2015	
			NDVI	SAVI	NDVI	SAVI
Malha urbana	22.01 S	47.88 O	0,20	0,16	0,19	0,14
Solo exposto	22.06 S	47.93 O	0,09	0,08	0,16	0,12
Agricultura	22.01 S	47.94 O	0,25	0,22	0,48	0,40
Mata nativa	22.04 S	47.93 O	0,65	0,43	0,48	0,39

CONCLUSÕES

O uso das técnicas de sensoriamento remoto nos proporciona suporte para tomarmos as melhores decisões a respeito do monitoramento das áreas de cobertura vegetal dessa forma observamos mudanças ao longo do espaço-temporal, através dos índices de vegetação NDVI e SAVI a partir das imagens do LANDSAT 5 e LANDSAT 8 onde nos proporcionou a elaboração das imagens para melhor caracterizar as áreas de estudo onde encontramos valores próximos entre o NDVI e o SAVI porém podemos ressaltar que o índice que teve maior relação com o RGB foi o SAVI melhor representando o local de estudo.

Diante dos resultados é importante salientar a realização de novos estudos para essa área a fim de obter novos resultados para melhor determinação da vegetação de acordo com suas características, para identificar a relação com a saturação do NDVI ao IAF, tal como analisar a ação das sombras na área de estudo podendo de comparar com o fator de ajuste ao solo obtido neste estudo.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece a Universidade Federal de Alagoas pela concessão da bolsa de iniciação científica. Os demais autores agradecem ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados (SENSORGEO) e o Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT/UFAL).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, S. C. P.; VIEIRA, V. R.; MORAIS, H. F.; ALBUQUERQUE, E. M.; SANTOS, C. A. C. Estimativa de albedo, NDVI e Temperatura da Superfície no município de Santarém-PA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2013. Foz do Iguaçu. **Anais... XVI SBSR**, 2013. p. 1129-1135.

FREITAS, I. G. F.; GOMES, H. B. ; MOURA, M. A. L. ; ALVES, L. E. R. ; SILVA JUNIOR, J. R. ; SANTOS, M. N. Estudo dos índices de vegetação e temperatura em anos de El Niño para o município de Cabrobró- PE com uso de imagens de Satélite. In: Geoalagoas, Maceió. **Anais 4º GEOALAGOAS**. 2016, v. 1, p. 328-339.

KALAF, R.; BRASILEIRO, R.; CARDOSO, P.V.; CRUZ, C.B.M. Landsat8 Avanços para mapeamento em meso escala. **Anais. 4º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO**. 2013. Rio de Janeiro, 2013.

BRYN, L. M. Página dinâmica para aprendizado do sensoriamento remoto. 2008. 172 p. **Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13788>>. Acesso em: 15 out. 2014.

ALVES, L. E. R.; GOMES, H.B. ; Silva, E. F. S. ; SANTOS, M. N. ; SANTOS, C. Mapeamento do IVDN e IVAS para o município de Coqueiro Seco -AL a partir de imagens geradas pelo Thematic Mapper do Landsat 5. In: **GEOALAGOAS. Anais 3º GEOALAGOAS - Simpósio sobre geotecnologias e geoinformação do Estado de Alagoas**. 3ed. Maceió, 2015, v. 1, p. 181-188. 2015a.

FIGUEIREDO, A. C.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, E. S.; GUERRA, S. M. S.; GUSMAO, A. C. V. E. L. Determinação de Índices de Vegetação para a análise da cobertura vegetal em bacia hidrográfica do Agreste pernambucano.. **Anais do XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2013, Foz do Iguaçu. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013. p. 7009-7015.

JENSEN, J. R. "**SENSORIAMENTO REMOTO DO AMBIENTE: UMA PERSPECTIVA EM RECURSOS NATURAIS**." São José dos Campos, SP: Parêntese (2009).

VIGANÓ, H. A.; BORGES, E. F.; ROCHA, W. J. S. F. Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem. In: **XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2011, Curitiba. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011.

MAPEAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (IDVN) PARA A ÁREA URBANA DE PETROLINA / PE: RESULTADOS PARCIAIS

BORGES, C.C.¹ DACANAL, C.² RAMOS, R.R.D. ³

¹Camila Carvalho Borges, Estudante de Agronomia, Bolsista PIBIC - UNIVASF, Petrolina, PE, camicborges@hotmail.com; ²Cristiane Dacanal, Profesora do ensino superior, Colegiado de Engenharia Agrônômica, UNIVASF, Petrolina, PE, cristiane.dacanal@univasf.edu.br; ³Ricardo Rivelino Dantas Ramos, Mestrando em Engenharia Agrícola, CPGEA - UNIVASF, Petrolina, PE, ricardo.rdramos@hotmail.com.

RESUMO: O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) é utilizado para mapear, através do sensoriamento remoto, a quantidade e condição da vegetação. O objetivo do presente trabalho é obter o IVDN para a área urbana de Petrolina-PE, e relacioná-lo à temperatura superficial, por meio de análises de imagem do satélite Landsat 8, para os anos de 2015 e 2016. A metodologia consiste no Processamento Digital de Imagens (PDI) hiper-espectrais com média resolução espacial. A geração do índice foi realizado em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). O trabalho encontra-se em andamento e os resultados servirão de diagnóstico para a elaboração de um plano de arborização urbana para o município.

PALAVRAS-CHAVE: Arborização urbana, Sensoriamento remoto, Temperatura de superfície.

MAPPING AND DISTRIBUTION OF THE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) IN THE URBAN AREA OF PETROLINA CITY (BRAZIL): PARCIAL RESULTS

ABSTRACT:

The Normalized Difference Vegetation Index (IVDN) is used to map, through remote sensing, the amount and condition of the vegetation. The objective of the present work is to obtain the IVDN for the urban area of Petrolina-PE, and to relate it to the surface temperature, by means of image analyzes of the satellite Landsat 8, for the years of 2015 and 2016. The methodology consists of the Processing Hyper-Spectral Digital Images (PDI) with medium spatial resolution. The generation of the index was carried out in a Geographic Information System (GIS) environment. The work is under way and the results will serve as a diagnostic for the elaboration of an urban afforestation plan for the municipality.

KEY-WORDS: Urban trees, Remote Sensing, Surface temperature.

INTRODUÇÃO

Análises a respeito da vegetação têm sido de grande importância para estudos sobre modelagem climática e alterações nas paisagens. Nas cidades, análises sobre a distribuição espacial da vegetação, concomitante aos padrões de uso e ocupação do solo, é essencial para o estabelecimento de planos de arborização adequados, visando a melhoria do conforto térmico e a minimização das ilhas de calor.

Segundo NASA (2010), o sensoriamento remoto é definido como um conjunto de instrumentos e técnicas empregados na aquisição e medidas, de informações da superfície terrestre sem o contato físico com o alvo. Para isso, são usados sensores instalados a bordo de plataformas em altitude, os quais coletam a radiação eletromagnética emitida ou refletida por um alvo, convertendo-a em um sinal que é posteriormente processado em terra, para geração de imagens (Almeida, 2010), que são utilizadas na espacialização de índices de vegetação. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) tem adquirido uma função fundamental no

acompanhamento e estimativa dos variados fenômenos ambientais e meteorológicos, servindo de base para o entendimento de maneira precisa em uma escala regional.

Nesta perspectiva, este estudo tem como objetivo obter e correlacionar o IDVN e a Temperatura da Superfície Terrestre na área urbana de Petrolina-PE, por meio do Sensoriamento Remoto, com base em imagens do Landsat 8. O mapeamento dará subsídio para a elaboração de um plano de arborização urbana, em etapas posteriores da pesquisa.

MATERIAL E MÉTODOS

Apresentação do local de estudos

O estudo está sendo desenvolvido na área urbana de Petrolina – PE, localizada entre as coordenadas 9°25'07'' e 9°20'25'' Sul de latitude e 40° 33' 55'' e 40° 27' 12'' Oeste de longitude. O município está inserido na mesorregião Sertão Pernambucano do São Francisco, com área de 4.561,872 km², altitude média de 395 m acima do nível dos mares. A área urbana compreende 113,500 km², equivalente a 2,49% da área total do município. A população estimada em 2016 é de 337.683 habitantes (IBGE Cidades, 2015). Apresenta um clima Semiárido, quente e seco, segundo a Classificação Climática de Köppen-Geiger, com precipitação entre março e agosto, com média de 7,6 horas dia⁻¹ de brilho solar e 18.2 MJ m⁻² dia⁻¹ de irradiância solar (IBGE CIDADES, 2015; TEIXEIRA, 2010).

Processamento de imagens do satélite Landsat 8

Para a espacialização dos índices de vegetação, foram utilizadas imagens dos sensores OLI / TIRS a bordo do satélite norte-americano Landsat 8, com datas 28/01/2015 (Período T1), 23/07/2015 (Período T2) e 14/12/2015 (Período T3) com órbita/ponto 217/66. Essas imagens foram georreferenciadas, utilizando o software QuantumGis versão 2.8.

Para a determinação do IDVN e a Temperatura de Superfície (TS), calculou-se respectivamente, a refletância e radiância para as bandas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 e 11 do sensor a bordo do satélite Landsat 8 OLI/TIRS, utilizando algoritmos ajustados à coeficientes de ganho e ajustes hiper-espectrais característicos dos sensores.

Obtenção do IDVN a partir de imagem termal do satélite Landsat 8

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), proposto por Rouse et al (1973), é a normalização do índice razão simples das refletâncias a partir da Equação 1, determinando, intervalos entre -1 a 1 aos seus valores (Ponzoni, 2009). Onde, quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação e maior a atividade metabólica da vegetação; os valores positivos próximos a 0 (zero) indica superfície com ausência de atividade metabólico.

Os maiores valores de IDVN correspondem aos ND (Número Digital) normalizados mais elevados, e relacionam-se às áreas de vegetação com maior vigor. Enquanto os menores valores equivalem aos ND normalizados mais baixos, representam as áreas de vegetação que sofrem estresses hídricos, vegetação herbácea ou sem vegetação resultante de processos erosivos, degradação ou composição natural da vegetação e cobertura do solo.

O IDVN foi obtido por meio do cálculo das refletâncias das bandas 4 e 5 do Landsat 8.

$$IVDN = \frac{(\alpha_5 - \alpha_4)}{(\alpha_5 + \alpha_4)} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde, α_4 e α_5 são as refletâncias hiper-espectrais nos comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo, respectivamente.

Mapeamento de Ts a partir de imagem termal do satélite Landsat 8

A temperatura de superfície (Ts) refere-se ao fluxo de calor, dado em função da energia que chega e sai do alvo, sendo de grande relevância para o entendimento das relações entre a atmosfera e a superfície terrestre (FEAGLE; BUSINGER, 1980). É atenuante ao balanço energético entre a atmosfera, o ar e a matriz solo. Sendo observada a interação do fluxo de calor específico (aquecimento e resfriamento do ar), calor latente (evaporação do vapor d'água) e o fluxo de calor no solo, que também infere significativamente sobre o balanço energético final.

Para obter Ts através de imagens orbitais da região termal, é necessário utilizar técnicas de correção dos efeitos atmosféricos sobre as medidas de temperatura. No caso de dado termal do sensor TIRS, a correção atmosférica depende da realização de lançamentos de radiossondagem simultaneamente às passagens do satélite. Uma alternativa é utilizar modelos que demandem uma mínima quantidade de parâmetros de campo diminuindo assim a quantidade de correções a serem efetuadas.

A banda termal assim como as demais bandas do espectro eletromagnético, é representada através de uma imagem composta por uma matriz de pixels. Cada pixel que compõem a imagem apresenta um número digital (DN). Para a transformação DN em Ts, é necessário aplicar modelos de correção radiométrica, e posteriormente aplicam-se parametrizações para a obtenção da radiância espectral das bandas termais α_{10} e α_{11} .

Correlação entre os dados IVDN e Ts

Foram selecionados 9 pontos de controle, aleatoriamente sobre as imagens, com a finalidade de obter valores do IVDN e de Ts, para a geração de regressão linear e obtenção do coeficiente de determinação (R^2), que indica a porcentagem de ajuste do modelo, variando entre 0 e 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar os mapas de IVDN de 2015 e 2016 observa-se o baixo índice de vegetação no perímetro urbano de Petrolina. Os valores mais elevados correspondem a áreas de vegetação nativa, cursos d'água com vegetação aquática (0,32) e áreas de cultivos agrícolas (0,54). Os menores valores, próximos de 0, correspondem às áreas de solo exposto e avenidas largas. Nota-se redução na quantidade de vegetação entre os dois anos, com mudanças no uso e ocupação do solo.

Quando os mapas de IVDN e Ts são comparados, percebe-se a ocorrência de ilhas de frescor em pontos de elevado IDVN (Figura 1), bem como a formação de ilhas de calor em pontos de baixos valores deste índice. O fenômeno pode ser explicado devido ao aumento do fluxo de calor latente e aquecimento da superfície, com total evaporação da umidade na superfície do solo, em áreas desprovidas de vegetação.

Esta correspondência entre o IVDN e Ts pode ser observada em microescala, e deve depender de outros fatores, como por exemplo, da qualidade da vegetação. Apesar desta correspondência pontual, verificou baixa correlação positiva entre os parâmetros, com $R^2 = 0,3027$ (Figura 2).

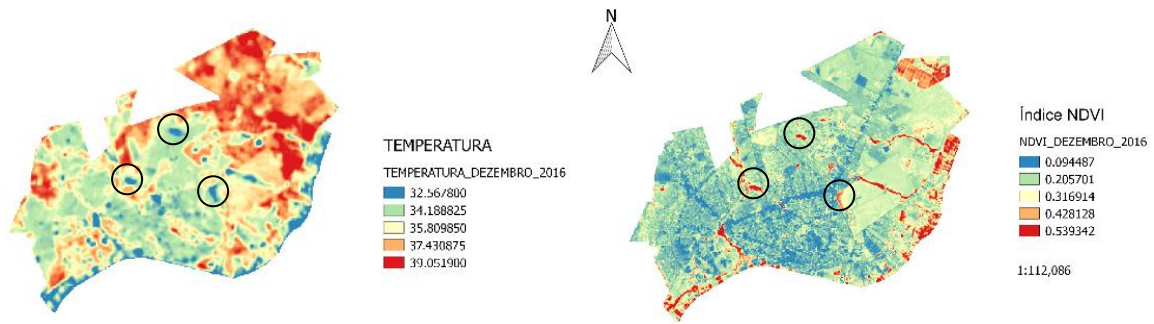


Figura 1. Imagens para o perímetro urbano de Petrolina - PE, obtidas pelo LANDSAT 8 em Dezembro de 2016. (a) Temperatura de superfície; b) IVDN.

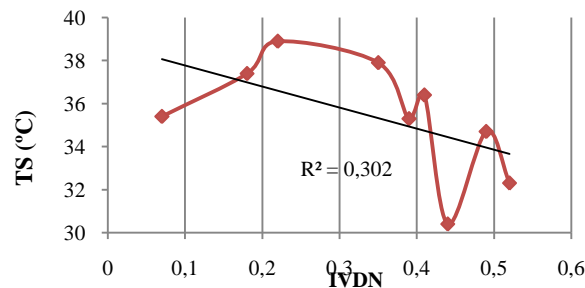


Figura 2. Gráfico de dispersão entre IVDN e Ts.

Assim, como produtos deste trabalho, têm-se: i) Índice parametrizado resultante da refletância (IVDN); ii) Valores absolutos escalares de temperatura da superfície (Ts) em °C.

CONCLUSÕES

Com a aplicação do IVDN e da TS é possível notar que a área foliar na área urbana da cidade de Petrolina/PE vem sendo reduzida, conseqüentemente altas temperaturas predominam na região, tanto pelas condições atmosféricas, como por resultante de altas pressões, aumento dos valores de calor sensível por aquecimento do ar e pouca vegetação presente no solo, aumentado a exposição do mesmo a radiação solar direta e substituição de áreas naturais por pavimentação artificial. No entanto, com base nos resultados de IVDN e Ts, planeja-se a realizar análises de correlação do IVDN com o albedo superficial e da Ts com medições em postos de observações inseridos no interior da área de estudo. Portanto, desde já se recomenda que sejam elaborados e instalados projetos de rearborização para a área urbana de Petrolina, afim de melhorar as condições aerodinâmicas e melhorias no bem estar e conforto térmico, reduzindo o acúmulo de calor proveniente dos efeitos atmosféricos regionais.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC / UNIVASF pela bolsa concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

NOVAS, M.F.B.; CRUZ, P.P.N.; SILVA, R.; PACE, F.T.D. Análise da variação dos índices de vegetação estimados por sensoriamento remoto em dois períodos ao sul da

bacia do Rio Traipu-AL. **Anais do II Simpósio Brasileiro de Ciências e Tecnologia da Geoinformação**. Recife, 2015. p. 1-4.

ALMEIDA, A.J.P.; JUNIOR, S.A.M.G.; ANDRADE, E.L.; NETO, J.V.F. Relação entre o índice de vegetação e a temperatura de superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. João Pessoa-PB, 2015.

AIMEIDA, C. M. “Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano regional”. Revista eletrônica de Arquitetura e Urbanismo (USJT) 3, pp. 98-123, 2010.

IBGE CIDADES. Dados do município de Petrolina / PE. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=261110&idtema=16&search=pernambuco|petrolina|sintese-das-informacoes>> (Acesso em 10 de maio 2017).

NASA. “Remote Sensing Tutorial”. Goddard Space Flight Center. Disponível em: <http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_1.html>. Acesso em: 15 julho 2010.

TEIXEIRA, A. H de C. Informações agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA-1963 a 2009. **Embrapa Semiárido. Documentos**, 2010, 21p.

FUCKNER, M.A.; MORAES, E.C.; FLORENZANO, T.G. Processamento de dados multiespectrais termais aplicado à análise espaço-temporal dos padrões de temperatura da superfície nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Natal, Brasil. 25-30 abril 2009, INPE, p.1369-1376.

EVOLUÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA DO AR E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EM VINHEDO NA SERRA GAÚCHA

Amanda Heemann Junges¹, Laura Pigatto Schaparini², Denise Cybis Fontana³

¹ Dra. Agrometeorologia, Pesquisadora, Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, Veranópolis, RS, amanda-junges@seapi.rs.gov.br; ² Graduanda do curso de Agronomia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, Porto Alegre, RS, laura_pigatto@yahoo.com.br; ³ Dra. Agrometeorologia, Prof^a, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, Porto Alegre, RS, dfontana@ufrgs.br

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi estabelecer o padrão de evolução temporal do índice de vegetação EVI em sistema produtivo de uvas 'Chardonnay' na região da Serra Gaúcha-RS, relacionando-o à condição térmica. Para isso, foram utilizadas imagens quinzenais de EVI provenientes do satélite Landsat/8, sensor OLI, órbita/ponto 221/081, de julho de 2014 a março de 2017 (safra 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017) e dados de temperatura do ar para obtenção das temperaturas médias quinzenais e definição do acúmulo de graus-dia. Os resultados indicaram que o perfil do índice de vegetação EVI é coerente com padrão de evolução temporal do acúmulo de biomassa verde em áreas de vinhedos, evidenciando a relação existente entre o desenvolvimento da vegetação e a temperatura do ar. Maiores valores de EVI ocorrem ao longo do ciclo vegetativo das videiras na região de estudo, nos períodos de maior disponibilidade térmica. Menores valores de EVI ocorrem no período de dormência das videiras e estão associados à vegetação espontânea que se desenvolve no período de menor temperatura do ar (inverno). A variabilidade temporal no perfil médio de EVI ao longo do ciclo das videiras está associada à disponibilidade térmica característica da região da Serra Gaúcha e às práticas de manejo que promovem intervenções no dossel vegetativo.

PALAVRAS-CHAVE: Graus-dia, EVI, Landsat-OLI, Chardonnay

TEMPORAL EVOLUTION OF AIR TEMPERATURE AND VEGETATION INDEX IN SERRA GAUCHA VINEYARD

ABSTRACT: The aim of this study was to establish the temporal evolution pattern of EVI vegetation index in 'Chardonnay' vineyard in the Serra Gaucha region, RS, Brazil, and related it to the thermal conditions. For this, 15-days composite of EVI Landsat 8-OLI images and air temperature dates for the 2014/2015, 2015/2016 and 2016/2017 season were use. The results show that EVI profile was consistent with the temporal evolution pattern of green biomass accumulation in vineyard areas and evidenced the relationship between vegetation development and air temperature. Higher EVI values occur throughout the vegetative cycle of the vines, during periods of higher air temperatures. Lower EVI values occur in the dormancy period of vines and corresponding to the non-cultivated vegetation that develops in the period of lower air temperature (winter). The temporal variability in the EVI mean profile reflects the grapevines development throughout the vegetative cycle, which were associated to the Serra Gaucha thermal availability and the management practices that promote interventions in the canopy.

KEY-WORDS: Degree-days, EVI, Landsat-OLI, Chardonnay

INTRODUÇÃO

O uso de técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto para o monitoramento de culturas agrícolas é uma realidade e, no Rio Grande do Sul, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos para culturas anuais produtoras de grãos (JUNGES; FONTANA, 2011; KLERING et al., 2016) ou pastagens naturais do Bioma Pampa (WAGNER et al., 2013; JUNGES et al., 2016). No entanto, o emprego de técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto em fruticultura é incipiente (BASSOI et al., 2014). Apesar da importância social e econômica do cultivo de uvas para vinhos no Rio Grande do Sul, mais importante polo vitivinícola brasileiro, poucos são os estudos de caracterização dos padrões de resposta espectral desse sistema de cultivo. Índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto orbital ou se superfície podem ser relacionados ao acúmulo de biomassa verde pelas plantas e empregados no monitoramento da superfície por meio da caracterização dos padrões de resposta da cobertura vegetal. O índice de vegetação EVI (do inglês *Enhanced Vegetation Index*), desenvolvido como aprimoramento do NDVI (do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*) a partir de fator de ajuste para solos e atmosfera, tem propiciado melhores resultados no monitoramento da vegetação em condições de alta biomassa. O crescimento e desenvolvimento de culturas agrícolas anuais ou perenes, embora influenciado por práticas de manejo, é extremamente dependente das condições meteorológicas. Para videiras cultivadas em regiões de clima temperado, a sucessão de ciclos vegetativos e de repouso é determinada pela temperatura do ar, também utilizada na estimativa de datas de ocorrência dos estádios fenológicos por meio de graus-dia (MANDELLI et al., 2009). O objetivo desse trabalho foi estabelecer o padrão de evolução temporal do índice de vegetação EVI em sistema produtivo de uvas ‘Chardonnay’ na região da Serra Gaúcha-RS, relacionando-o à condição térmica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em vinhedo de ‘Chardonnay’, situado em Veranópolis, na região ecofisiográfica da Encosta Superior da Serra do Nordeste (Serra Gaúcha). No vinhedo analisado, de área de 0,4 ha, o dossel vegetativo é conduzido de forma horizontal, elevada e de forma descontínua (lira). Para caracterização do crescimento e desenvolvimento das plantas, foram utilizadas imagens quinzenais de EVI provenientes do satélite Landsat/8, sensor OLI, órbita/ponto 221/081, de julho de 2014 a março de 2017 (safra 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017). Estas imagens foram adquiridas no endereço eletrônico do USGS (do inglês, *United States Geological Survey*) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Os vetores referentes aos vinhedos foram sobrepostos às imagens e extraídos, de cada imagem Landsat-OLI, os valores médios de EVI utilizando o Software ENVI 4.3.

Foram coletados dados de temperatura do ar para obtenção das temperaturas médias quinzenais, coincidentes às das imagens Landsat-OLI, da estação automática localizada no município e pertencente à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. Os dados também foram empregados na definição do acúmulo de graus-dia, segundo a fórmula $GD = (T_m - T_b) + (T_m - T_b)/2$, para $T_m > T_b$; $GD = (T_m - T_b)^2 / 2(T_m - T_b)$, para $T_m < T_b$; $GD = 0$, para $T_b > T_m$, sendo $GD =$ graus-dia; $T_m =$ temperatura máxima diária (°C); $T_m =$ temperatura mínima diária (°C) e $T_b =$ temperatura basal para videira (10°C). A relação entre as variáveis espectral (EVI/Landsat) e agrometeorológicas (temperatura do ar e graus-dia) foi expressa por meio de gráficos de evolução temporal elaborados no software SigmaPlot 10.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil do índice de vegetação EVI (Figura 1A) indicou o padrão típico da evolução temporal do crescimento e desenvolvimento da vegetação existente na área do vinhedo e evidenciou a relação entre acúmulo de biomassa verde e temperatura do ar. Durante o ciclo vegetativo de 'Chardonnay', de setembro a abril, que compreende desde a brotação até a senescência e queda das folhas, os valores de EVI foram maiores (em média, acima de 0,60). Maiores valores de índices de vegetação decorrem do incremento no contraste da reflectância nos comprimentos de onda infravermelho e vermelho, o que está associado ao incremento da biomassa verde.

Os valores de EVI foram, de modo geral, menores no inverno, especialmente nos meses de junho e julho (Figura 1A). Dado que esse é o período de dormência das videiras, os menores EVI referem-se à biomassa verde da vegetação espontânea que se desenvolve na área, já que não há implantação de culturas de cobertura no vinhedo analisado. Padrões similares de oscilações em perfis temporais de índices de vegetação obtidos de imagens Landsat foi verificada por Pithan et al. (2015) e Schaparini et al. (2016) na mesma região de estudo.

A evolução temporal da temperatura do ar, que demonstrou padrão sazonal similar ao do índice de vegetação EVI (Figura 1A), é característica do clima subtropical (Cfb, de acordo com a classificação climática de Köppen) predominante na região com menores temperaturas do ar médias ocorrendo no inverno (13,1°C) e maiores no verão (21,4°C). As estações de transição, outono e primavera, na região, caracterizam-se pelos valores intermediários de temperatura médias do ar, 17,4°C e 16,9°C, respectivamente. Assim, a associação entre o EVI e a temperatura do ar no Estado é coerente e já foi abordada em outros estudos (WAGNER et al., 2013).

Ao longo dos três ciclos vegetativos das videiras foi possível obter entre 5 e 8 imagens por ciclo, ou seja, não foi possível obter valores de EVI do vinhedo em todas as quinzenas (setembro a abril) das safras analisadas em decorrência da presença de nuvens nas imagens Landsat-OLI. Apesar das falhas decorrentes da nebulosidade, a evolução temporal de EVI obtido de imagens Landsat-OLI demonstrou coerência com o ciclo das videiras e pode ser considerada referência para o estabelecimento de padrões espectrais de vinhedos 'Chardonnay'. Este padrão pode servir de subsídios a programas de monitoramento e emissão de alertas em presença de anomalias no mesmo, as quais podem ser decorrentes de estresses ambientais bióticos ou abióticos.

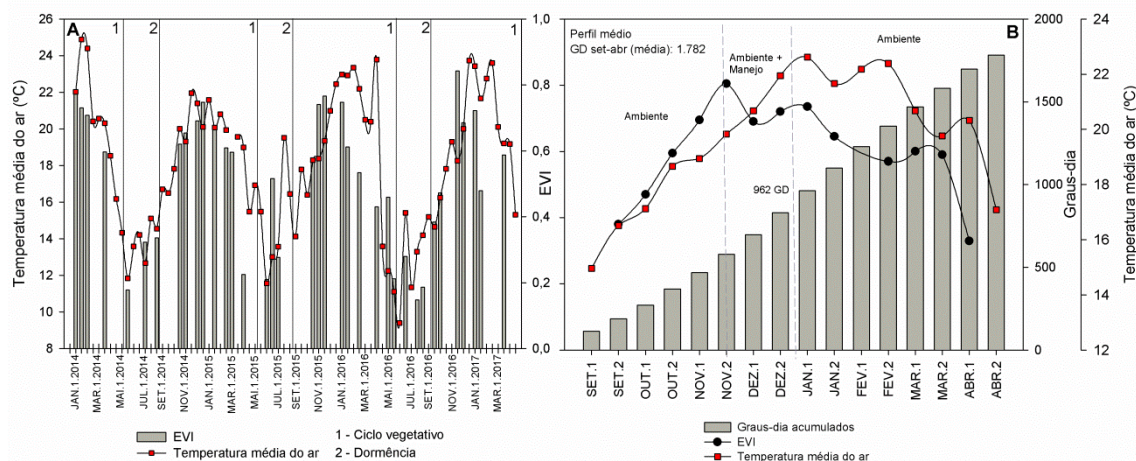


Figura 1. Evolução temporal do índice de vegetação EVI e da temperatura média do ar, de janeiro de 2014 a abril de 2017, durante os períodos vegetativos (1) e de dormência (2) (A) e (B) perfil temporal médio de EVI, temperatura do ar e acúmulo de graus-dia no ciclo vegetativo (setembro a abril) de videiras ‘Chardonnay’ em Veranópolis, na região da Serra Gaúcha-RS. Média das safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017.

Na região da Serra Gaúcha, ‘Chardonnay’ é considerada precoce, pois a brotação ocorre até 10 de setembro (MANDELLI et al., 2003). Coerentemente, o perfil temporal do índice de vegetação indicou os menores valores de EVI (Figura 2) em setembro (0,38). O aumento gradual do EVI ocorreu até a segunda quinzena de novembro (0,80), refletindo a expansão da área foliar associada ao aumento das temperaturas médias do ar e ao acúmulo de graus-dia. Apesar do contínuo incremento da temperatura média do ar até janeiro, observou-se queda no valor de EVI entre a segunda quinzena de novembro e a primeira de dezembro, decorrente de podas verdes, as quais objetivam reduzir o vigor vegetativo e propiciar aeração e entrada de radiação solar no dossel, diminuindo a probabilidade de ocorrência de doenças (MANDELLI et al., 2009). Posteriormente, os valores de EVI voltaram a aumentar até a primeira quinzena de janeiro (0,74), embora não tenham atingido o valor máximo. A partir de janeiro, mesmo com temperaturas do ar mantendo-se elevadas até fevereiro, os valores de EVI decresceram gradativamente, refletindo o período de senescência e queda de folhas. O início da queda do EVI ocorreu, na média das safras, com acúmulo de 962 graus dia, valor próximo ao verificado por outros autores como o de ocorrência do máximo índice de área foliar em vinhedos da região de estudo (CARDOSO et al., 2010). Pelo fato dos perfis temporais de EVI apontarem redução dos valores em torno de 1.000 GD, pressupõe-se que o decréscimo de biomassa seja decorrente da redução da área foliar após IAF máximo.

CONCLUSÕES

O perfil do índice de vegetação EVI obtido de imagens Landsat-OLI é coerente com padrão de evolução temporal do acúmulo de biomassa verde em áreas de vinhedos e evidencia a relação entre desenvolvimento da vegetação e temperatura do ar. Maiores valores de EVI ocorrem ao longo do ciclo vegetativo das videiras, quando da maior disponibilidade térmica. Menores valores de EVI ocorrem no período de dormência das videiras e estão associados à vegetação espontânea que se desenvolve no período de menor temperatura do ar (inverno). A variabilidade temporal no perfil médio de EVI ao longo do ciclo das videiras está associada à disponibilidade térmica característica da região da Serra Gaúcha e às práticas de manejo que promovem intervenções no dossel vegetativo.

AGRADECIMENTOS

À família Anzanello, proprietária do vinhedo, ao CNPq pelo suporte financeiro (473398/2013-3) e Bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

BASSOI et al. Agricultura de precisão em fruticultura. In: BERNARDI, A.C.C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: EMBRAPA, 2014, p.350-360.

CARDOSO et al. Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.441-447, 2008.

JUNGES, A.H. et al. Temporal profiles of vegetation indices for characterizing grazing intensity on natural grasslands in Pampa biome. **Scientia Agricola**, v.73, n.4, p. 332-337, 2016.

JUNGES, A.H.; FONTANA, D.C. Modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento de grãos de trigo no Rio Grande do Sul. **Ceres**, v.58, n.1, p.695-700, 2011.

KLERING, E.V. et al. Modelo agrometeorológico-espectral para estimativa da produtividade de grãos de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Bragantia**, v.75, n.2, p. 247-256, 2016.

MANDELLI, F. et al. Fenologia da videira na Serra Gaúcha. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.9, n.1, 123-144, 2003.

MANDELLI, F. et al. Uva em clima temperado. In: MONTEIRO, J.E.B.A. **Agrometeorologia dos cultivos**. Brasília: INMET, 2009, p.505-515.

PITHAN, P.A. et al. Monitoramento do ciclo de videiras pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada obtido de imagens Landsat 8 no município de Veranópolis- RS, Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 2944-2951.

SCHAPARINI, L. P. et al. Variabilidade do padrão temporal do NDVI/Landsat na Serra Gaúcha, Brasil. In: XVI Reunión Argentina de Agrometeorología y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología, 2016, Puerto Madryn. **Actas...** Puerto Madryn: AADA, 2016. p. 1-2.

WAGNER, A.P.L. et al. Temporal trends of vegetation indices on Pampa grasslands in Brazil and Uruguay. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.9, p. 1192-1200, 2013.

ESTIMATIVA DO ALBEDO DA SUPERFÍCIE E IVDN PARA ZONA DA MATA ALAGOANA UTILIZANDO IMAGENS ORBITAIS

Jefferson Aparecido Arestides de Melo¹, Jadson Arestides de Melo² e Ianne Lopes de Araujo³.

¹ Doutorando em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UACA/UFCG, Campina Grande-PB, jefferson89_melo@hotmail.com.

² Graduando em Geografia, Instituto de Geografia e Meio Ambiente, IGDEMA/UFAL, Maceió, jadsonmelo26@gmail.com.

³ Mestranda em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UACA/UFCG, Campina Grande-PB, iannelopes13@hotmail.com.

RESUMO: O presente estudo tem o objetivo de estimar o albedo da superfície e determinar o IVDN, usando o algoritmo SEBAL, no município de Boca da Mata/AL na Zona da Mata Alagoana. Com área territorial de aproximadamente 190 km² e sede municipal está localizada em 09°38'27"S, 36°13'12"O e 132 m de altitude. Foram usadas imagens do sensor TM do satélite Landsat 5 da órbita / ponto 214/67 para o dia 17/03/2011. Os valores de albedo encontrados são coerentes com observados anteriormente em estudos de outros autores. O máximo valor de IVDN referente à vegetação mais densa alcançou 0,825, enquanto o valor médio foi de 0,548. Diante dos resultados observados, pode-se concluir que o algoritmo SEBAL, associado com as imagens do TM – Landsat 5 podem ser usados de maneira confiável na estimativa do albedo e do IVDN no município de Boca da Mata Alagoas.

PALAVRAS-CHAVE: Parâmetros biofísicos, Sensoriamento Remoto e SEBAL.

ESTIMATED SURFACE ALBEDO AND NDVI TO ZONE MATA ALAGOANA USING ORBITAL IMAGES

ABSTRACT: This study aims to estimate the surface albedo and NDVI determine, using the SEBAL algorithm in the Zona da Mata of Alagoas. The study area corresponds to the municipality of Boca da Mata / AL whose location is 09 ° 38'27 "S and 36 ° 13'12" W. In the process of the study were used TM images of Landsat 5 satellite orbit / point 214/67 para the day 17/03/2011. The albedo values are consistent with previously observed in studies of other authors. The maximum NDVI related to denser vegetation reached 0,825 while the average value was 0.548. Given the observed results, it can be concluded that the algorithm SEBAL associated with the images of TM - Landsat 5 may be reliably used to estimate the albedo and in the NDVI in the municipality of Boca da Mata Alagoas.

KEY-WORDS: Biophysical Parameters, Remote Sensing and SEBAL.

INTRODUÇÃO

As técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo amplamente utilizadas no monitoramento da superfície terrestre e gerenciamento recursos naturais. O aumento na utilização de imagens de satélites é consequência, principalmente, do baixo custo de seus produtos.

Essa ferramenta assume um papel importante no monitoramento e na estimativa dos diversos fenômenos meteorológicos e ambientais (RAMOS et al., 2010), em alguns programas globais têm sido geradas imagens de satélite que propiciam a determinação

do albedo que é imprescindível no monitoramento das mudanças climáticas e possibilitando a tomada de decisão para preservação ambiental. O estudo de parâmetros biofísicos como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) aplicado ao ecossistema tem sido relevante para entendimentos de mudanças relacionadas ao uso e cobertura do solo. De acordo com Ming (2000) a quantificação dos parâmetros biofísicos tais como albedo, IVDN, Temperatura de Superfície, entre outros, é de importância fundamental na estimativa do balanço de energia da superfície terrestre. Para isto, o uso das técnicas de sensoriamento remoto tem sido de vital importância para monitorar, mapear e fiscalizar tais mudanças na superfície, como afirma Tarifa e Azevedo (2001).

Desta forma, o objetivo deste trabalho é estimar através de imagens do Sensor TM do satélite Landsat 5, o albedo e o IVDN no município de Boca da Mata na Zona da Mata Alagoana, aplicando o algoritmo SEBAL.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A Zona da Mata alagoana apresenta algumas áreas com resquícios de Mata Atlântica, além de vegetação rasteira e arbustiva. A área selecionada para o estudo está localizada na parte leste do estado do Estado de Alagoas, no município de Boca da Mata, cuja sede está centrada na coordenadas de 09°38'27" de latitude Sul e 36°13'12" de longitude Oeste, com altitude média de 132m, possui cerca de 190 Km² o que equivale a 0,67% do território alagoano, possui regime pluviométrico anual de aproximadamente 1.300 mm, com clima do tipo Tropical chuvoso. Sua maior fração territorial encontra-se ocupada pelo cultivo de cana-de-açúcar, devido à economia da cidade esta diretamente relacionada à indústria sucroalcooleira.

Modelagem dos dados

Foram utilizadas imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5, adquiridas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no orbita/ponto 214/67 compostas de 7 bandas espectrais. A passagem do satélite sobre a área de estudo ocorreu em 17 de Março de 2011 às 12:19: 43 (GMT). Os procedimentos de tratamento foram realizados em software adequado, incluindo o recorte irregular da área de estudo principal. A calibração radiométrica das sete bandas espectrais do TM equivale a converter o número digital (ND) de cada pixel e banda em radiância espectral ($L_{\lambda i}$, em $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$).

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad 1.$$

onde a e b são, respectivamente, as radiâncias mínimas e máximas ($Wm^{-2} sr^{-1} m^{-1}$) detectadas pelo sensor TM, ND são os números digitais da imagem (0 a 255) e i representa as bandas espectrais do sensor.

A reflectância monocromática é a proporção entre o fluxo de radiação incidente numa superfície e o fluxo que é refletido, segundo Bastiaanssen (2000) e dada por:

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad 2.$$

em que $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $K_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2} \mu m^{-1}$), $\cos Z$ é o ângulo de elevação zenital do

sol, que se encontra no cabeçalho das imagens, e d_r é a distância Terra-Sol em dado dia do ano, e π uma constante resultante da integração hemisférica da radiância espectral.

Em seguida calculamos o albedo sem correção da transmissividade atmosférica, ou o albedo do topo da atmosfera.

$$\alpha_{\text{toa}} = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7 \quad 3.$$

onde $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5, \rho_7$ correspondem as reflectâncias monocromáticas das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Nossa atmosfera interfere na radiação solar incidente e na adiação refletida, provocando espalhamento e absorção, daí a necessidade de ser feita a correção no albedo do topo da atmosfera. Calculado pela equação 4.

$$\alpha = \frac{\alpha_{\text{toa}} - \alpha_p}{\tau_{\text{sw}}} \quad 4.$$

onde $\alpha_{\text{toa}} \rightarrow$ albedo planetário $\alpha_p \rightarrow$ radiação solar refletida pela atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04, mas para o modelo SEBAL é recomendado o uso do valor de 0,03, com base em Bastiaanssen (2000) e $\tau_{\text{sw}} \rightarrow$ é a transmissividade atmosférica, que para condições de céu claro, pode ser obtida por (ALLEN et al., 2002):

A partir da determinação da reflectância para cada banda, foi possível calcular o IVDN através da equação 5. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) é calculado pela razão entre a diferença da reflectância na região do infravermelho próximo e do vermelho pela soma dessas bandas.

$$IVDN = \frac{\rho_{\text{IV}} - \rho_{\text{V}}}{\rho_{\text{IV}} + \rho_{\text{V}}} \quad 5.$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra o mapa temático da imagem processada referente aos cálculos do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) para o período de estudo (17/03/2011). Verifica-se que há ocorrência de valores negativos de IVDN, que podem ser observados no mapa na cor azul, representando a Barragem pertencente à Usina Triunfo Agroindústria LTDA e outros pontos de menor expressão. Valores próximos a zero tendem a representar solo exposto, geralmente variam entre 0,05 e 0,30, no entanto, não se pode definir um intervalo fixo para valores de IVDN referentes a solos expostos ou com pouca cobertura vegetal, devido às propriedades do solo que tem grande variabilidade. As regiões onde se observa solos com baixa cobertura vegetal ou até expostos estão representados no mapa nas cores verde e amarelo, em uma faixa aceitável tendo em vista o que foi dito anteriormente sobre solos expostos.

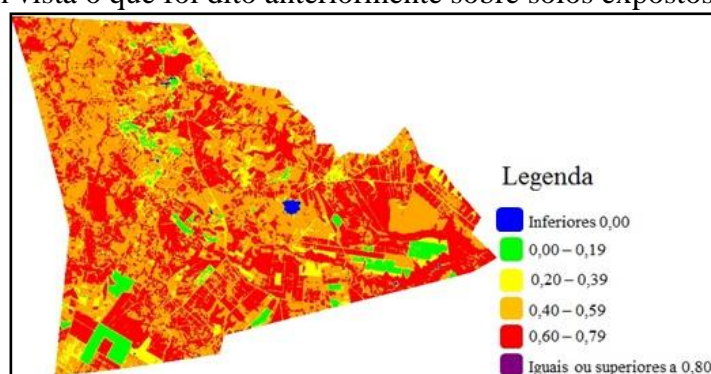


Figura 1: Mapa temático com valores de IVDN para a cidade de Boca da Mata AL obtido com o sensor TM do Landsat 5.

A maior parte do território da área de estudo predomina o cultivo da caná-de-açucar, devido a isto observa-se de maneira bem caracterizada os lotes cultivados em sua maior porção nas mesmas cores, evidenciando um estágio de desenvolvimento homogêneo proporcionando uma densidade vegetativa similar para cada lote de cultivo.

O máximo valor de IVDN visualizado para as vegetações mais densas foi 0,825, o valor médio ficou em 0,548 enquanto o menor valor observado foi de -0,487. Percebe-se que valores iguais ou superiores a 0,80 formam um fração muito pequena quase imperceptível. O IVDN teve sua maior fração representada pelas cores laranja e em seguida vermelho que compreendem os intervalos 0,40-0,59 e 0,60-0,79 respectivamente.

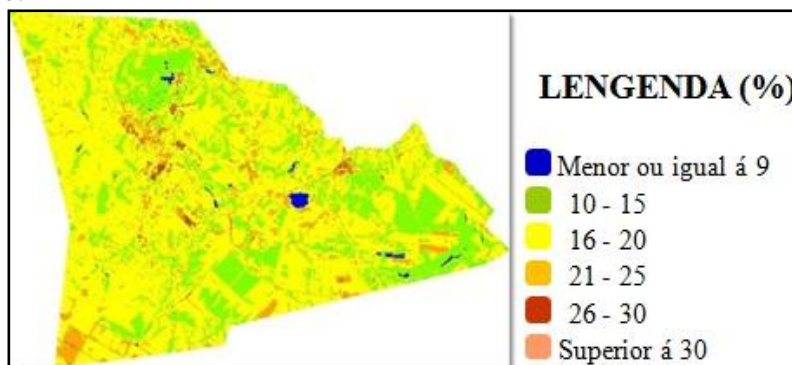


Figura 2 – Albedo de superfície obtido através de imagens TM Landsat 5 para o dia 17/03/2011.

Na Figura 2 é apresentado o mapa temático referente ao albedo de superfície para a data (17/03/2011) que foi selecionada neste trabalho. As áreas na cor azul correspondem a solo úmido e corpos d'água, representando a menor classe de albedo com valores inferiores a 10%. Diversos autores encontraram valores semelhantes para albedo em superfícies d'água (SILVA, 2005). A classe de albedo predominante na área de estudo compreende áreas de cultivo de cana-de-açúcar e apresentam frequentemente valores na faixa entre 16 a 20%, normalmente maiores que valores observados em regiões com vegetação natural, que se situam entre 10% á 15%. A literatura mostra que o albedo de superfície para solos expostos ou com pouca vegetação compreendem valores entre 24% a 32%. Demonstrando coerência entre os valores observados no presente trabalho com outros estudos sobre albedo, por exemplo, Bezerra (2009) mostrou que em sua área de estudo o albedo para solo exposto variou entre 20 e 25% e Silva (2005) que encontrou para o bioma da caatinga valores próximos a 30%. O valor máximo de albedo observado no período em estudo ficou próximo a 32%, e o valor médio ficou em 17,6%. A classe do albedo de superfície predominante representa a área cultivada por cana-de-açúcar.

Quando comparado à variação espacial do produto dos mapas temáticos (Figuras 1 e 2) é possível notar que as regiões onde os valores de IVDN são de classes superiores se observaram albedo de baixa magnitude, e o inverso também é verdadeiro.

CONCLUSÕES

A análise dos mapas temáticos demonstrou a eficiência do algoritmo SEBAL na obtenção do albedo de superfície a níveis coerentes ao encontrados na literatura o mesmo pode ser observado quanto ao IVDN, pois a metodologia aplicada permitiu detectarmos diferentes densidades de cobertura vegetal na área de estudo. Dessa forma, as imagens de satélite mostraram-se como uma boa ferramenta para estimativa do albedo e do IVDN. Vale ressaltar que, as informações obtidas correspondem ao horário de passagem do satélite, e estas podem sofrer variações ao longo do dia e dos anos.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL Surface Energy Balance Algorithm for Land – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.

BASTIAANSEN, W. G. M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. *Journal of Hydrology*, 2000, v.229, n.1, p.87-100.

BEZERRA, M. V. C. Uso de imagens de satélite na determinação do coeficiente de cultivo, da evapotranspiração real e da produtividade de água na cultura do algodoeiro irrigado. 114p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG. Campina Grande, 2009.

MING, T.C.; LIU, W.T.H. Estimativa de albedo, temperatura e NDVI do Estado de São Paulo através de dados AVHRR do satélite NOAA. In: Anais XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. - Rio de Janeiro – 2000.

RAMOS, R. R. D., LOPES, H. L., MELO JUNIOR, J. C. F., CANDEIAS, A. L. B. & SIQUEIRA FILHO, J. A. Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Recife-PE, 27-30 de julho de 2010.

SILVA, B. B. da; Lopes, G. M.; Azevedo, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 - TM. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria, 2005 v.13, n.2, p.201-211.

TARIFA, J.R; AZEVEDO, T.R. (Org.). Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001, p. 199.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO O SIMPLE ALGORITHM FOR EVAPOTRANSPIRATION RETRIEVING (SAFER) NO VALE SÃO FRANCISCO

Ricardo Rivelino Dantas Ramos¹, Magna Soelma Beserra de Moura², Thieres George Freire da Silva³, Josicleida Domiciano Galvêncio⁴

¹Eng. Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, BA, ricardo.rdramos@hotmail.com; ²Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, magna.moura@embrapa.com.br; ³Professor, UAST/UFRPE, Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br; ⁴Professora, UFPE, Recife, PE, josicleida@gmail.com

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi aplicar o *Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving* (SAFER) em imagens Landsat 8 para determinação da evapotranspiração real (ETr) da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale São Francisco. Para isso, selecionou-se uma área comercial de cana-de-açúcar na Usina Agrovale, em Juazeiro, BA. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 (OLI/TIRS) para os dias 27 de outubro de 2015 e 22 de maio de 2016, quando a cana-de-açúcar estava em diferentes estágios de desenvolvimento. Os valores da ETr foram determinados por meio do algoritmo SAFER, utilizando o albedo (α_s), temperatura da superfície (T_s) e IVDN (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). Para comparação com dados de imagens de satélite, a ETr foi medida em três áreas de cana-de-açúcar utilizando-se o método do balanço de energia com base na Razão de Bowen. Observou-se que o uso do SAFER permite boas estimativas da evapotranspiração real da cana-de-açúcar, respondendo às diferentes fases fenológicas e sistemas de manejo do cultivo irrigado no Submédio do São Francisco.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto; Balanço de Energia; Razão de Bowen.

EVAPOTRANSPIRATION FOR SUGAR CANE USING SIMPLE ALGORITHM FOR EVAPOTRANSPIRATION RETRIEVING (SAFER) IN THE SAN FRANCISCO RIVER VALLEY

ABSTRACT: The objective of this work was to apply the *Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving* (SAFER) in Landsat 8 images to determine the actual evapotranspiration (ETr) of the irrigated sugar cane in the Low-Middle San Francisco River Valley. It was used a commercial area of sugar cane located at Agrovale Farm, in Juazeiro Municipality, Bahia State, Brazil. Images from Landsat 8 satellite (OLI/TIRS) were used for October 27, 2015 and May 22, 2016, when sugarcane was at different stages of development. The ETr values were determined using the SAFER algorithm, using albedo (α_s), surface temperature (T_s) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). For comparison with satellite image data, field ETr was measured in three plots of sugarcane using the energy balance method based on the Bowen Ratio. It was observed that SAFER Algorithm allows good estimates of the actual evapotranspiration of sugarcane, responding to different phenological stages and management systems of irrigated sugar cane in the Low-Middle San Francisco River Valley.

KEYWORDS: Remote sensing; Energy Balance; Bowen Ratio.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar cultivada no Submédio do Vale São Francisco apresenta elevados índices de produção devido às condições climáticas e ao uso da irrigação, com destaque para a única usina que detém aproximadamente 18.000 ha (informação pessoal obtida junto a Agrovale), na qual a cana-de-açúcar tem incorporado importantes técnicas de manejo no seu cultivo, que vão desde uso de cultivares selecionadas as técnicas para manejo de pragas, doenças, nutrição e irrigação. Como se tratam de áreas extensas, a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto (SR) tem se mostrado muito promissora para estimativa de índices de vegetação, biomassa, e status hídrico e nutricional das plantas, permitindo ampliar o diagnóstico espaço-temporal de cenários em diferentes áreas.

Com vistas a estudar a evapotranspiração em grandes áreas, Teixeira et al. (2012) desenvolveram e validaram o algoritmo denominado *Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving* (SAFER). O SAFER permite a obtenção de valores regionais da evapotranspiração real (ET_r) e da resistência ao fluxo de água na superfície, que em conjunto com o saldo de radiação e o equacionamento matemático do balanço de energia, permite quantificar o fluxo de calor latente e sensível (TEIXEIRA et al., 2012). Apesar de ter sido validado com dados de campo para as condições do Submédio São Francisco, esse algoritmo tem sido utilizado para diversas regiões (MIRANDA et al., 2017; ANDRADE et al., 2016) apresentando bons resultados.

O objetivo deste trabalho foi aplicar o SAFER em imagens Landsat 8 para determinação da evapotranspiração real da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é representada pela área comercial de cultivo de cana-de-açúcar da empresa Agroindústrias do Vale São Francisco S.A. (Agrovale), localizada no município de Juazeiro, BA. Foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 8 (OLI/TIRS)* para os dias 27 de outubro de 2015 e 22 de maio de 2016, quando a cana-de-açúcar estava em diferentes estágios de desenvolvimento.

Os dados meteorológicos foram obtidos junto ao Setor de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido e Laboratório de Meteorologia da UNIVASF (LABMET/UNIVASF), e compreenderam informações de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento a 2 m de altura, radiação solar global, precipitação e evapotranspiração de referência (ET_o). Os valores da ET_r foram determinados por meio do algoritmo *SAFER* proposto por Teixeira et. al (2012), utilizando-se informações sobre albedo de superfície (α_s); temperatura da superfície (T_s) e IVDN (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada).

Foram selecionadas três áreas com cultivo de cana-de-açúcar, sendo: Canavial 1 – Campo Britânica; Canavial 2 – Campo Aeroporto Com Palhada; Canavial 3 – Campo Aeroporto Queimada. Nesses três canaviais a ET_r foi determinada em campo utilizando-se torres micrometeorológicas e o método do balanço de energia com base na razão de Bowen, conforme Silva et al. (2012). Assim, dados de campo foram comparados com aqueles obtidos por meio de imagens de satélite usando o *SAFER*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar que para o albedo (Figura 1A e 1B), que apresentou as menores diferenças entre as duas imagens analisadas. O albedo do canavial com palhada foi maior do que do canavial da cana queimada (sem palhada) na Figura 1A, quando a cultura estava na fase inicial de crescimento, em comparação com a Figura 1B, quando em seu crescimento máximo/maturação, as duas áreas de cana apresentaram albedo mais similar. O IVDN, a T_s e a E_{Tr} apresentaram-se bem mais diferentes entre as imagens, conforme Figura 1. Uma vez que na área comercial da Usina existe várias cultivares, sistemas de irrigação, épocas de plantio e colheita. Em que se observaram diferenças nos valores descritivos dos parâmetros estudados, principalmente no que se refere às três áreas tomadas como referência.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios e o desvio padrão selecionados nas imagens para cada canavial estudado. No Canavial 1, cuja colheita havia sido realizada no final de junho, ou seja, o mesmo estava com aproximadamente 4 meses, O albedo da imagem de satélite em 27/10/2015 (T1) foi ligeiramente superior ao da imagem de 22/05/2016 (T2), visto que a cultura já estava em pleno desenvolvimento vegetativo.

No canavial 2, foi verificada maior diferença nos valores de albedo entre a primeira e segunda época, pois este canavial se caracteriza pela colheita manual que mantém qualidade da palhada na área, elevando a reflectância no período vegetativo v1 da cultura, quando há maior exposição do solo. Já no canavial 3, houve pequenas diferenças nos valores de albedo, que foram similares aos verificados no Canavial 1, apesar da diferença de estágio de crescimento. Os canaviais 2 e 3 estavam com aproximadamente 2 meses de desenvolvimento em T1, pois a colheita anterior tinha sido realizada no final de agosto de 2015. Na torre micrometeorológica do Canavial 1 havia um albedômetro, que registrou 13,6% e 17,6% de reflectância, respectivamente nos períodos T1 e T2.

Verificou-se que a temperatura da superfície (T_s) foi superior para todas as áreas na imagem do período T1, com diferenças superiores a 5,0 °C quando comparada com a imagem de 2016 referente ao período T2. No Canavial 1, talvez por apresentar maior desenvolvimento vegetativo (IVDN = 0,6), e assim, receber maior quantidade de água de irrigação, a T_s foi aproximadamente 3,0 °C inferior em relação aos canaviais 2 e 3 para 2015, enquanto que em T2 os valores de T_s foram similares para as três áreas (Tabela 1).

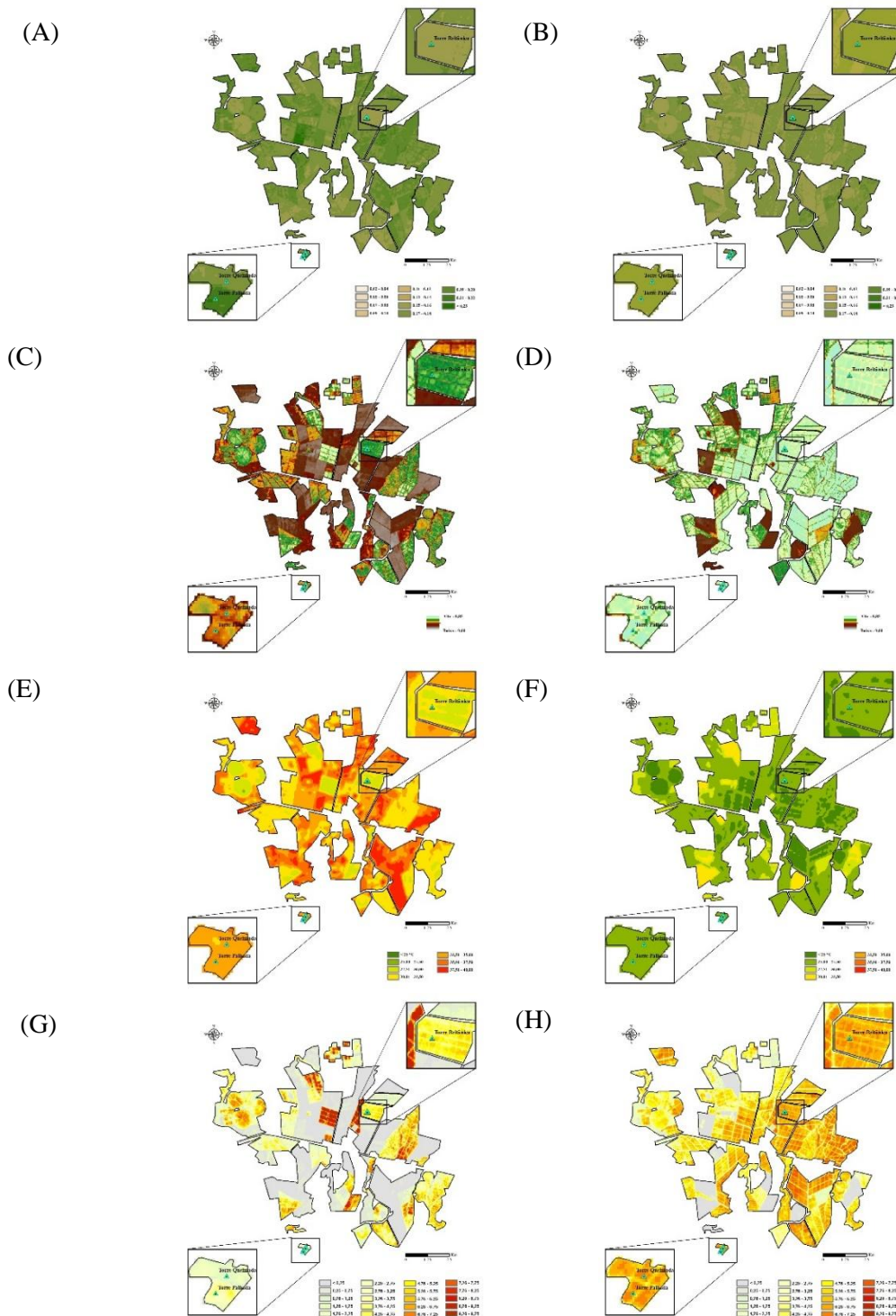


Figura 1. Albedo da superfície (A e B), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – IVDN (C e D), temperatura da superfície (E e F) e evapotranspiração real (G e H) para a cana-de-açúcar em 25/10/2015 (A, C, E e G) e 22/05/2016 (B, D, F e H) no Submédio do Vale São Francisco.

Observou-se que a E_{Tr} foi superior em áreas com adensamento da cultura. Foram observados valores máximos para área com “Palhada”, em relação aos demais sistemas no período 22 de maio de 2016 (T2). Já para o período 27 de outubro de 2015 (T1) não houve valores fisicamente maiores que justifiquem maiores demandas desse sistema em razão os demais sistemas.

Tabela 1. Albedo, temperatura da superfície (Ts, °C), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) e evapotranspiração real (ETr, mm) para canaviais irrigados no Submédio do Vale São Francisco.

Parâmetro	Data	Canavial 1	Canavial 2	Canavial 3
Albedo (%)	27/10/2015	15,6 ± 0,13	21,1 ± 0,62	17,0 ± 1,05
	22/05/2016	16,4 ± 0,14	16,6 ± 0,27	16,7 ± 0,28
Ts (°C)	27/10/2015	30,5 ± 0,23	33,4 ± 0,27	33,5 ± 0,52
	22/05/2016	25,3 ± 0,10	25,6 ± 0,30	25,4 ± 0,10
IVDN	27/10/2015	0,62 ± 0,04	0,45 ± 0,02	0,43 ± 0,02
	22/05/2016	0,75 ± 0,03	0,78 ± 0,05	0,75 ± 0,05
ETr (mm)	27/10/2015	4,54 ± 0,75	3,41 ± 0,44	1,54 ± 0,46
	22/05/2016	6,27 ± 0,46	6,61 ± 0,61	6,34 ± 0,61

OBS.: valores seguidos do desvio padrão.

Ao se comparar a ETr obtida pelo SAFER (ETr_{SAFER}) com aquela determinada em campo, nas torres micrometeorológicas (ETr_{TORRE}) observou-se correlação linear significativa ao nível de 5% de probabilidade representada pela equação $ETr_{SAFER} = -1,3896 \times ETr_{TORRE} + 13,507$, com $R^2 = 0,9038$. Miranda et al. (2017) obtiveram boas relações entre a ETr_{SAFER} e ETr_{TORRE} para área de caatinga e produtos do MODIS em escala diária ($R^2 = 0,85$), de oitos dias ($R^2 = 0,88$) e mensal ($R^2 = 0,92$).

CONCLUSÕES

O uso do *SAFER* permite boas estimativas da evapotranspiração real da cana-de-açúcar, respondendo às diferentes fases fenológicas e aos sistemas de manejo do cultivo irrigado no Submédio do São Francisco.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. G. et al. Analysis of evapotranspiration and biomass in pastures with degradation indicatives in the Upper Tocantins River Basin, in Brazilian Savanna. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 6, p. 754-760, 2016.
- MIRANDA, R. de Q. et al. Reliability of MODIS Evapotranspiration Products for Heterogeneous Dry Forest: A Study Case of Caatinga. **Advances in Meteorology**, London, v. 2017, n. 2, p. 1-14, 2017.
- TEIXEIRA, A. H. et al. Application of Landsat images for quantifying the energy balance under conditions of land use changes in the semi-arid region of Brazil. Proceedings of SPIE - **International Society for Optical Engineering**, v. 8531, p. 85310P-1-85310P-9, 2012.
- SILVA, T. G. F. da et al. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco, **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 500-509, 2012.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE ITABAIANINHA-SE

Raimundo Rodrigues Gomes Filho¹, Leno Gonzaga de Souza², Igor Leonardo Nascimento Santos³, Darlan Teles da Silva⁴, Ketylen Vieira Santos⁵

¹Professor, UFS, São Cristovão, Sergipe, rrgomesfilho@hotmail.com; ²Graduando em Engenharia Agrícola, UFS, São Cristovão, Sergipe, leno_120@hotmail.com; ³ Engenheiro Agrícola, UFS, São Cristovão, Sergipe, igorsantos1993@gmail.com; ⁴Graduando em Engenharia Agrícola, UFS, São Cristovão, Sergipe, darlan.teles@hotmail.com; ⁵Graduanda em Engenharia Agrícola, UFS, São Cristovão, Sergipe, ketylenvs@hotmail.com;

RESUMO: A região de Itabaianinha é a segunda maior produtora de laranja, limão, e a primeira maior produtora de tangerina do estado de Sergipe, sendo a maior parte cultivada sem irrigação, o que proporciona baixa produtividade comparada com regiões que utilizam a agricultura irrigada, como por exemplo, os municípios de Neópolis e Santana do São Francisco que cultivam limão irrigado, atingindo produtividade de quase três vezes mais (IBGE, 2015). A irrigação é uma alternativa para aumentar a produtividade, porém sem o manejo adequado resulta num desperdício de água e baixas produtividades. A utilização da evapotranspiração de referência (ET_o) representa um manejo bastante difundido no mundo. Entretanto, existem diversos métodos para estimá-lo. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar a ET_o pelos métodos empíricos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Linacre, e compará-los com o método de Penman-Monteith, padrão da Organização das Nações Unidas (ONU), para as condições climáticas do município de Itabaianinha, utilizando dados climatológicos da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A correlação entre os métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Linacre e o método padrão de Penman-Monteith foi realizada com base em indicadores estatísticos, a fim de se observar a precisão dada pelo coeficiente de correlação (r) que está associado ao desvio entre valores estimados e medidos indicando o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média. O método de Hargreaves-Samani teve boa correlação na estimativa da ET_o com o método de Penman-Monteith.

.PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, equações empíricas.

ESTIMATE OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION OF THE ITABAIANINHA REGION

ABSTRACT: The region of Itabaianinha is the second largest producer of orange, lemon, and the first largest tangerine producer in the state of Sergipe, most of which is cultivated without irrigation, which provides low productivity compared to regions that use irrigated agriculture, such as, the municipalities of Neópolis and Santana do São Francisco that grow irrigated lemon, reaching almost three times more productivity (IBGE, 2015). Irrigation is an alternative to increase productivity, but without proper management it results in wasted water and low productivity. The use of reference evapotranspiration (ET_o) represents a very widespread management in the world. However, there are several methods for estimating it. In this context, the objective of this work was to estimate the ET_o by the empirical methods of Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle and Linacre, and to compare them with the Penman-Monteith

method, standard of the United Nations, for the climate conditions of the municipality of Itabaianinha, using climatological data from the automatic meteorological station of the National Meteorological Institute (INMET). The correlation between the Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Linacre and standard Penman-Monteith methods was performed based on statistical indicators, in order to observe the precision given by the correlation coefficient (r) that is associated to the deviation between estimated and measured values indicating the degree of dispersion of the data obtained in relation to the mean. The Hargreaves-Samani method had a good correlation in the estimation of ET_o with the Penman-Monteith method.

KEY-WORDS: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, empirical equations.

INTRODUÇÃO

O estado de Sergipe é o quinto maior produtor brasileiro de citros, 571 mil toneladas, sendo o segundo maior produtor da região nordeste, perdendo apenas para a Bahia, enquanto que o município de Itabaianinha é o maior produtor de citros do estado. (IBGE, 2015). A maior parte da produção de citros da região de Itabaianinha não é irrigada o que proporcionam baixas produtividades. A irrigação é uma alternativa para a retomada da produção na região, pois em 2014 o estado de Sergipe havia produzido 840 mil toneladas de citros, resultando numa redução significativa de 67, 9% (IBGE, 2014).

Para a utilização da irrigação em regiões semiáridas onde os recursos hídricos são limitados, é essencial estimar as necessidades hídricas das culturas com maior precisão (SILVA et. al., 2015).

A base para a correta aplicação da lâmina irrigação em determinada cultura é através da Evapotranspiração da cultura (ET_c), que utiliza os dados da Evapotranspiração de referência (ET_o) do local e um coeficiente da cultura (K_c) (BERNARDO et al.,2006).

A ET_o pode ser calculada através de métodos diretos e indiretos (BERNARDO et al.,2006). Os métodos indiretos são calculados através de fórmulas preestabelecidas, como o de Camargo, Linacre, Hargreaves-Samani, Blaney Criddle, entre outros. O método considerado padrão é o de Penman-Monteith.

A escolha de qual método utilizar depende dos dados disponíveis no local de estudo (ARAÚJO et al., 2007). Sendo assim, o valores obtidos de ET_o podem variar dependendo do método utilizado, do tamanho da série histórica e até mesmo de acordo com a precisão dos dados obtidos, podendo influenciar na determinação da lâmina de irrigação e no manejo do sistema (ARAÚJO et al., 2007).

Silva et al. (2016) verificaram para o município de Aracaju que com dados meteorológicos limitados não é recomendado estimar a ET_o pelo método padrão de Penman-Monteith.

Baseado no exposto acima, este trabalho teve como objetivo estimar a evapotranspiração de referência para o município de Itabaianinha pelos métodos de Camargo, Linacre, Hargreaves-Samani, Blaney Criddle e Penman-Monteith, fazendo uma correlação com este último.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados diários de temperatura, umidade, pressão, velocidade do vento e radiação solar foram obtidos em uma estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET localizada no município de Itabaianinha – SE.

Foi utilizado o software EToCalc para estimativa da ETo pelos métodos de Camargo, Linacre, Hargreaves-Samani, Blaney Criddle e Penman-Monteith. Os dados climatológicos do período de maio de 2014 a abril de 2016 foram tabulados e estimados os valores de Evapotranspiração de Referência (ETo) pelos métodos empíricos citados a seguir.

O método de Camargo (1971) foi uma simplificação do método de Thornthwaite (1948). Apresenta como vantagem a utilização apenas da temperatura média do ar e como desvantagem não considerar o poder evaporante do ar que o método original de Thornthwaite se baseia. A vantagem adicional deste método é que não há necessidade do uso de dados normais de temperatura do ar. A ETo é estimada diretamente pela seguinte equação:

$$ET_o = 0,01 Q_o T_{med} \quad (1)$$

em que: Q_o é a radiação solar extraterrestre (tabelado em função da latitude do local e do mês), expressa em mm de evaporação equivalente, T_{med} é temperatura média do período considerado, em °C.

O método de Hargreaves-Samani foi desenvolvido para as condições climáticas de clima semiárido da Califórnia em 1985. É recomendado pela FAO (ALLEN et al., 1998) como uma opção para a estimativa de ETo, quando há somente disponibilidade de dados de temperatura do ar. Não é de aplicação universal, portanto, deve ser calibrado para outras condições climáticas. Normalmente, provoca superestimativas em condições de clima úmido (ALLEN et al., 1998). Hargreaves e Samani aplicando a análise de regressão em dados diários de evapotranspiração de referência de Davis-Califórnia obtiveram a seguinte equação:

$$ET_o = 0,0023 (T_{med} + 17,8) (T_{max} - T_{min})^{0,5} R_a \quad (2)$$

em que: T_{med} , T_{max} e T_{min} , em °C, representam, respectivamente, temperaturas média, máxima e mínima e R_a é a radiação solar no topo da atmosfera ($mm\ dia^{-1}$), obtida por equação ou tabelas.

O método de Blaney Criddle foi desenvolvido para uma região semiárida do Novo México e Texas localizado no oeste dos Estados Unidos da América em 1950. Doorenbos & Pruitt (1984) propuseram a aplicação de um fator de correção, utilizando a umidade, velocidade do vento e insolação para aplicação do método em várias condições climáticas (MELO & FERNANDES, 2012). A ETo é estimada diretamente pela seguinte equação:

$$ET_o = c [(0,457 T + 8,13)P] \quad (3)$$

em que: c é o coeficiente regional de ajuste da equação (tabelado em função do brilho solar, velocidade do vento e umidade relativa mínima); T é a temperatura média mensal, em °C e P é a percentagem mensal de horas anuais de luz solar.

O método de Linacre foi originalmente testado para as condições climáticas da Austrália, é um método baseado na simplificação do método de Penman-Monteith, utilizando dados de temperaturas (máxima, mínima e ponto do orvalho) em função da latitude e altitude (MELO & FERNANDES, 2012). A equação de estimativa de ETo pelo método de Linacre (1977) é:

$$ET_o = \frac{700 \frac{(T_{med} + 0,006 z)}{(100 - \phi)} + 15(T_{med} - T_d)}{(80 - T_{med})} \quad (4)$$

O método de Penman-Monteith considera que a evapotranspiração de referência incorpora os aspectos aerodinâmico e termodinâmico, inclui na sua dedução a resistência ao fluxo de calor sensível e vapor da água (FERNANDES et al., 2011). É recomendado pelo FAO como método padrão (ALLEN et al., 1998) para estimativa da ETo, descrita pela equação:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)} \quad (5)$$

em que: Δ é a declividade da curva de pressão de vapor de saturação, em kPa °C⁻¹; R_n é o saldo de radiação à superfície, em MJ m⁻² dia⁻¹; G é o fluxo de calor no solo, em MJ m⁻² dia⁻¹; γ é a constante psicrométrica, em kPa °C⁻¹; T é a temperatura do ar a 2 m de altura, em °C; U_2 é a velocidade do vento à altura de 2 m, em m s⁻¹; e_s é a pressão de saturação de vapor, em kPa; e_a é a pressão de vapor atual do ar, em kPa.

Para comparação e análise dos resultados foram utilizados critérios envolvendo o erro padrão de estimativa (EPE), erro padrão da estimativa ajustado (EPEa), coeficientes de ajustes das equações lineares com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), (JENSEN et al., 1990).

$$EPE = \left(\frac{\sum (Y_i - Y_m)^2}{n-1} \right)^{0,5} \quad (6)$$

$$EPE_a = \left(\frac{\sum (Y_{ic} - Y_m)^2}{n-1} \right)^{0,5} \quad (7)$$

em que: Y_i é a evapotranspiração estimada pelos métodos de Linacre, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Camargo (mm dia⁻¹), Y_m é a evapotranspiração estimada pelo método de Penman-Monteith (mm dia⁻¹), n é o número total de observações e Y_{ic} é a estimativa de ETo pelo método de Penman-Monteith, corrigida pelos coeficientes da regressão linear (mm dia⁻¹).

As correlações entre os métodos de estimativas de evapotranspiração de referência foram realizadas estatisticamente através da equação linear:

$$y = ax + b \quad (8)$$

em que: y representa a variável dependente; x a variável independente; a e b são coeficientes angular e linear da equação de regressão linear. A variável depende y corresponde aos valores estimados pelos métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Linacre, em quanto que a variável independente x corresponde aos valores obtidos pelo método padrão de Penman-Monteith.

A correlação entre os métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Linacre e o método padrão de Penman-Monteith foi realizada com base em indicadores estatísticos, a fim de se observar a precisão dada pelo coeficiente de correlação (r) que está associado ao desvio entre valores estimados e medidos indicando

o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média. O coeficiente de correlação pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$r = \sqrt{\frac{\sum (Y_{est} - Y_{med})^2}{\sum (Y - Y_{med})^2}} \quad (9)$$

em que: Y_{est} representa a variável estimada; Y representa a variável observada e Y_{med} representa a média das variáveis observadas.

Os valores de coeficiente de correlação encontrados foram classificados de acordo com a metodologia de Hopkins (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação das correlações de acordo com coeficiente de correlação (r)

Coeficiente de correlação (r)	Classificação
0,0 – 0,1	Muito Baixa
0,1 – 0,3	Baixa
0,3 – 0,5	Moderada
0,5 – 0,7	Alta
0,7 – 0,9	Muito alta
0,9 – 1,0	Quase perfeita

Aplicou-se, também, o teste desenvolvido por Willmott (1985), que através de um coeficiente designado concordância ou exatidão (d), quantifica matematicamente a dispersão dos dados em relação ao método padrão, sendo calculado pela equação:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (10)$$

em que: P_i é a evapotranspiração estimada pelo método testado (mm); O_i é a ETO estimada pelo método padrão (mm) e O é a média dos valores obtidos pelo método padrão (mm).

Com a correlação entre os dados e a exatidão, calculou-se o coeficiente de desempenho (c) (Tabela 2) que é determinado pelo produto do coeficiente de correlação e o de exatidão ($c = r \times d$) (CAMARGO & SENTELHAS, 1997).

Tabela 2. Valores do coeficiente de desempenho conforme CAMARGO & SENTELHAS (1997)

Valor de “c”	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 – 0,85	Muito Bom
0,66 – 0,75	Bom
0,61 – 0,65	Mediano
0,51 – 0,60	Sofrível
0,41 – 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 podem ser observadas as relações entre os valores calculados pelos métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Linacre, respectivamente, com os valores obtidos pelo método padrão de Penman-Monteith, para o município de Itabaianinha no período de maio de 2014 a abril de 2016.

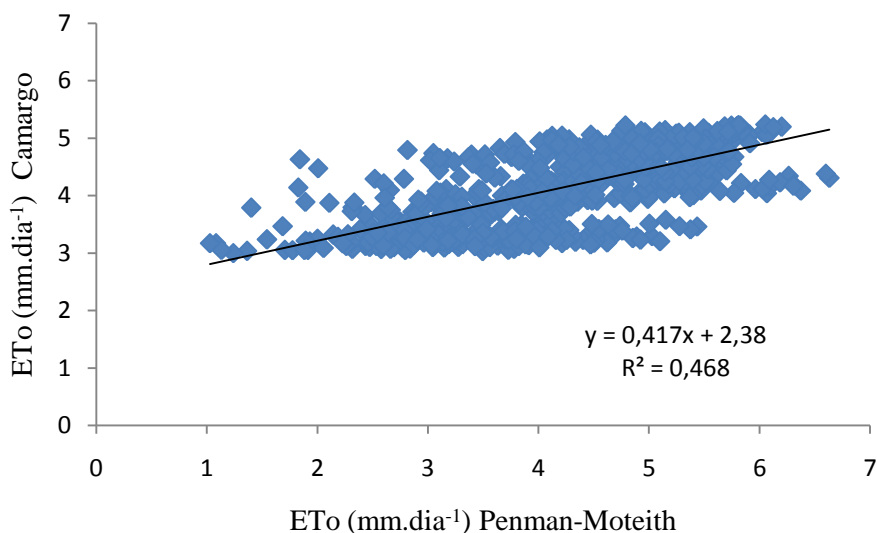


Figura 1. Relação entre os valores calculados pelo método de Camargo com os valores obtidos pelo método de Penman-Monteith para o município de Itabaianinha no período de maio de 2014 a abril de 2016.

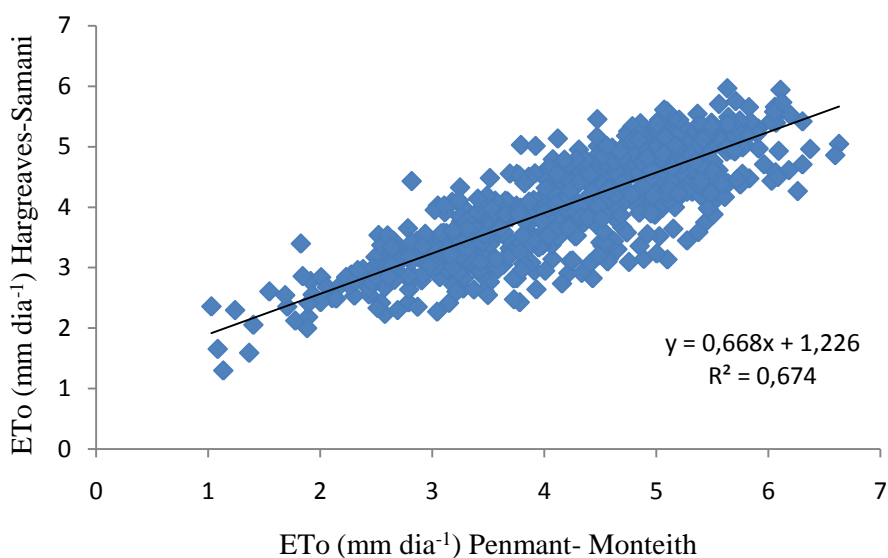


Figura 2. Relação entre os valores calculados pelo método de Hargreaves-Samani com os valores obtidos pelo método de Penman-Monteith para o município de Itabaianinha no período de maio de 2014 a abril de 2016.

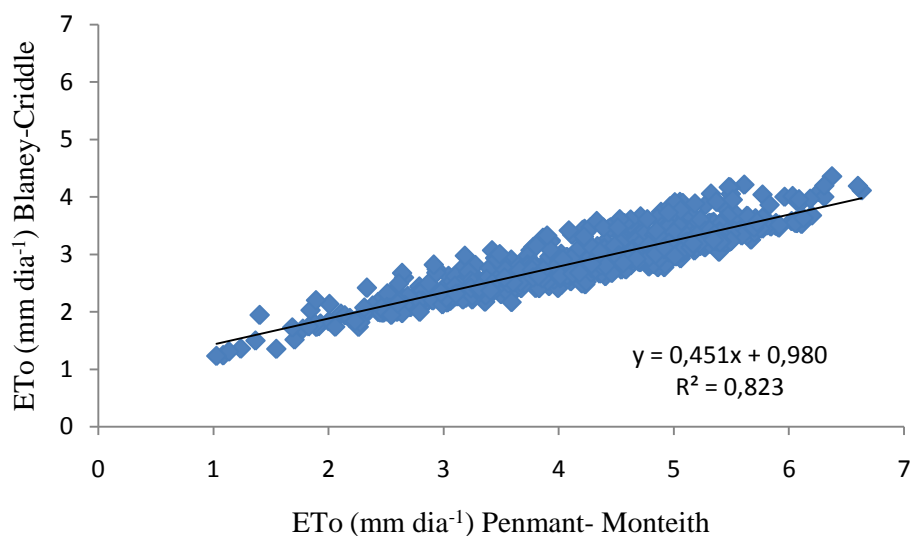


Figura 3. Relação entre os valores calculados pelo método de Blaney-Criddle com os valores obtidos pelo método de Penman-Monteith para o município de Itabaianinha no período de maio de 2014 a abril de 2016.

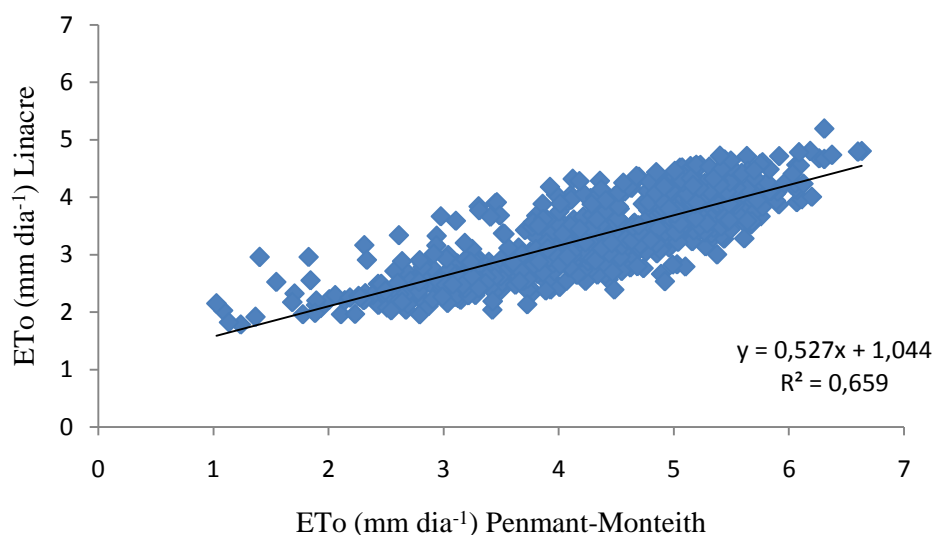


Figura 4. Relação entre os valores calculados pelo método de Linacre com os valores obtidos pelo método de Penman-Monteith para o município de Itabaianinha no período de maio de 2014 a abril de 2016.

Os valores da EPE, EPEa, d, r e c, com os métodos estudados estão relacionados na Tabela 3.

Tabela 3. Relação dos coeficientes analisados para o município Itabaianinha, utilizando dados da estação automática meteorológica automática do INMET

Métodos de Estimativas da ETo	EPE	EPEa	d	r	c
Camargo	0,79	0,63	0,77	0,68	0,53
Hargreaves & Samani	0,63	0,40	0,89	0,82	0,73
Blaney-Criddle	1,50	1,48	0,61	0,91	0,56
Linacre	1,17	1,09	0,70	0,81	0,57

Os métodos avaliados em relação à Penman-Monteith-FAO mostraram um bom desempenho de confiança para Hargreaves & Samani (1985) para a cidade de Itabaianinha, já os métodos de Camargo, Blaney-Criddle e Linacre não apresentaram resultados satisfatórios (Tabela 3).

Na Tabela 3 podem ser observados que os valores de EPE, com base em valores diários de ETo, que apresentaram uma variação de 0,63 a 1,50 mm dia⁻¹, com os menores valores para o método de Hargreaves-Samani e os maiores valores para o método de Blaney-Criddle.

A variação média dos valores de ETo estimados pelos diferentes métodos e corrigidos pelos coeficientes de regressão linear, foi de 0,40 a 1,48 mm dia⁻¹, com os menores valores obtidos pelo método de Hargreaves & Samani e os maiores valores pelo método de Blaney-Criddle. Os valores de EPEa para todos os métodos foram reduzidos, o que indica que a regressão linear melhorou o ajuste.

O método de Hargreaves-Samani foi o único a apresentar um bom desempenho de acordo com a classificação proposta por Camargo & Sentelhas (1997). Os métodos de Camargo, Blaney-Criddle e Linacre, apresentaram um desempenho classificado como sofrível.

De acordo com a Tabela 3 e as Figuras 1, 2, 3 e 4, verifica-se uma alta correlação nos valores de ETo obtidos pelos métodos de Camargo ($r = 0,68$), uma correlação classificada como muito alta para os métodos de Hargreaves-Samani ($r = 0,82$) e Linacre ($r = 0,81$), e uma correlação classificada como quase perfeita para o método de Blaney-Criddle com os obtidos pelo método de Penman-Monteith, de acordo com a classificação da Tabela 1.

Silva et al. (2010) observaram que o método de Hargreaves-Samani para estimativa de ETo para o município de Tauá e Sobral no estado do Ceará apresentou uma correlação muito alta ($r = 0,89$) em relação ao método de Penman-Monteith, valor este, próximo do encontrado para Itabaianinha-SE ($r = 0,82$).

Para os perímetros irrigados Califórnia, Jabiberi, Jacarecica e Piauí no Estado de Sergipe, Sousa et al. (2010) estimaram a ETo com base nos métodos Tanque Classe "A", Radiação Solar, Hargreaves-Samani e Linacre, comparando-os com o método Penman-Monteith, verificaram que os melhores desempenhos foram obtidos com os métodos que utilizam a radiação solar como elemento de entrada, entre eles, o de Hargreaves-Samani, obtendo um desempenho muito bom e coeficiente de correlação classificado como muito alto, concordando com este trabalho realizado no município de Itabaianinha-SE.

Gonçalves et al. (2009) comparando métodos de estimativas de ETo com o método padrão de Penman-Monteith para o município de Sobral no estado do Ceará, também obtiveram uma correlação classificada como muito alta ($r = 0,81$) do método de

Hargreaves-Samani com o método de Penman-Monteith, semelhante ao resultado obtido para Itabaianinha-SE ($r = 0,82$).

Barros et al. (2009) avaliando a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) para a região de Seropédica, Rio de Janeiro, com os métodos de Penman-Monteith- FAO 56 (PMF), Hargreaves-Samani (HS), Camargo (CA), Priestley-Taylor (PT), Makking (MA) e Tanque Classe A (TCA), verificaram que as melhores estimativas de ET_o foram obtidas com o método de Hargreaves-Samani.

Batista et al. (2007) compararam os métodos de Penman 63, FAO-Penman corrigido, FAO radiação, Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani com o método padrão Penman-Monteith para a região de Canindé do São Francisco – SE. Verificaram que os métodos de Blaney-Criddle e FAO radiação apresentaram melhores ajustes com o método de Penman-Monteith, porém o método de Hargreaves-Samani apresentou uma correlação muito alta ($r = 0,87$), resultados semelhantes aos obtidos para Itabaianinha-SE.

Borges e Mendiondo (2007) aferiram a acurácia de seis equações empíricas (Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani, Camargo, Thornthwaite, Hamon e Kharrufa) comparadas com a equação de Penman-Monteith e verificaram que a equação de Hargreaves-Samani com coeficientes regionais apresentou índices de confiança superiores a 0,995 para a bacia do rio Jacupiranga e é recomendada devido às suas exequibilidade e simplicidade.

Oliveira et al. (2001) Avaliaram diferentes modelos de estimativa da evapotranspiração de referência e fez a comparação com o modelo Penman-Monteith, para algumas localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal, concluindo que todos os modelos apresentaram alta significância com o de Penman-Monteith, e o modelo que mais se aproximou do padrão foi o FAO-Penman, seguido pelos modelos de Hargreaves-Samani e FAO-Radiação, corroborando com o resultado obtido pelo método de Hargreaves-Samani para Itabaianinha-SE.

Observou-se que o método de Hargreaves-Samani para a região semiárida apresentou bons resultados quando comparados com o método de Penman-Monteith, porém em regiões úmidas e sub úmidas, os resultados com o método de Hargreaves-Samani não são satisfatórios, como foi observado por Tagliaferre et al. (2010) que avaliando o desempenho dos métodos empíricos Penman-modificado, Radiação Solar, Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani, Priestley-Taylor e Turc, em relação ao método padrão Penman-Monteith-FAO, para as condições climáticas do sul da Bahia, no Município de Eunápolis, cujo clima é classificado como sub úmido. Os métodos Blaney-Criddle e Radiação Solar apresentaram melhor desempenho para estimativa de ET_o, em quatro escalas de tempo: diária, três, cinco e sete dias. Os métodos Priestley-Taylor e Turc subestimaram os valores de ET_o obtidos pelo método padrão Penman-Monteith-FAO. O método Penman-modificado subestimou a ET_o, para valores inferiores a 3 mm d⁻¹, e superestimou-a para valores maiores. O método Hargreaves-Samani se destacou como o pior método utilizado para estimar a ET_o.

CONCLUSÕES

Nas condições climáticas do local de estudo, para os métodos avaliados, o método de Hargreaves-Samani apresentou um coeficiente de correlação classificado como muito alto e um bom desempenho, tendo um bom ajuste com o método padrão de Penman-Monteith e mostrando boa confiabilidade na estimativa da evapotranspiração para região de Itabaianinha-SE.

AGRADECIMENTOS

Ao programa CNPq/PIBIC da Universidade Federal de Sergipe pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO: Rome, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ARAÚJO, F. W; COSTA, A. A. S; SANTOS, A. E. dos. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Boa Vista-RR. **Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.20, n.4, p.84-88, 2007.

BARROS, V. R.; SOUZA, A. P.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. B. D. Avaliação da evapotranspiração de referência na Região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p.198-203, 2009.

BATISTA, W. R. M.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A. G. Determinação e comparação entre métodos de estimativas de evapotranspiração de referência para região de Canindé do São Francisco-SE. **Revista da FAPES**. v.3, n.2, p.71-76, 2007.

BERNARDO, S; SOARES, A.A; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 611 p.

BORGES, A. C.; MENDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.3, p.293-300, 2007.

CAMARGO, A. P. **Balço hídrico no Estado de São Paulo**. 3.ed. Campinas: IAC, 1971. 24p. (Boletim Técnico, 116).

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.89-97, 1997.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. **Guidelines for predicting crop water requirements**. FAO: Rome, 1984. 178p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

GONÇALVES, F. M.; FEITOSA, H. de O.; CARVALHO, C. M. de; GOMES FILHO, R. R.; VALNIR JUNIOR, M. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.3, n.2, p.71-77. 2009.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2014. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 21 de abril de 2017.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2015. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 21 de abril de 2017.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. 1990. **Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements**. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70, Am. Soc. Civil Engr., New York, NY. 332 pp.

LINACRE, E. T. A simple formula for estimating evapotranspiration rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.18, n.1, p.409-424, 1977.

MELO, G. L. de; FERNANDES, A. L. T. Evaluation of empirical methods to estimate reference evapotranspiration in Uberaba, State of Minas Gerais, Brazil. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.32, n.5, p.875-888. 2012.

OLIVEIRA, L. F. C.; CARVALHO, D. F.; ROMÃO, P. de A.; CORTÊS, F. C. Estudo comparativo de modelos de estimativa da Evapotranspiração de referência para algumas localidades No estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 31(2): 121-126, 2001

SILVA, M. G.; BATISTA, L. S.; GOMES FILHO, R. R.; CARVALHO, C. M. Estimativa da evapotranspiração de referência por penman-monteith fao 56 usando dados meteorológicos limitados em Aracaju, Sergipe. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.4, p.830-840. 2016.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; CARMO, F. F.; LEDO, E. R. F.; SILVA FILHO, J. A. Estimativa da evapotranspiração de referência pela equação de Hargreaves-Samani no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v.9, n.2, p.132-141, 2015.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, J. B. ; LEDO, E. R. F. ; ARAÚJO, E. M. ; ARAÚJO, E. M. Estimativa da ETo pelos métodos de Penman-Monteith FAO 56 e Hargreaves-Samani a partir de dados de Tx e Tn para Sobral e Tauá no Ceará. **Acta Tecnológica**, v. 5, p. 52-68, 2010.

SOUSA, I. F.; SILVA, V. de P. R. da; SABINO, F. G.; NETTO, A. de O. A.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V. de. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.6, p.633-644, 2010

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, p.184-194, 1985.

TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS EM BOM JESUS, REGIÃO PRODUTORA DE SOJA DO PIAUÍ

Layara Campelo dos Reis¹, Cláudio Moisés Santos e Silva², Maria Helena Constantino Spyrides²,
Bergson Guedes Bezerra²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Departamento de Informação, Ambiente e Saúde, *Campus* Floriano, Floriano, PI, Brasil. E-mail: layaracampelo@ifpi.edu.br; ²Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas, *Campus* Universitário, Natal, RN, Brasil. E-mail: claudiomoises@ccet.ufrn.br, spyrides@ccet.ufrn.br, bergson.bezerra@gmail.com.

RESUMO: O clima ainda é o principal responsável pelas variações da produtividade da soja, exercendo uma ação limitante sobre esses sistemas agrícolas. Nos cerrados bom-jesuenses, essa cultura mostrou-se, no decorrer dos anos, um crescimento de áreas cultivadas, entretanto, a produtividade não acompanha esse mesmo ritmo, passando por períodos de oscilações. Dessa forma, ainda que o cultivo esteja agregado à alta tecnologia, a cultura apresenta grande vulnerabilidade face às adversidades climáticas. Assim, objetivou-se com este estudo analisar possíveis tendências em variáveis meteorológicas que possam influenciar na produtividade da soja no município de Bom Jesus (Piauí). Utilizaram-se dados meteorológicos diários das variáveis: precipitação, temperatura máxima e mínima e amplitude térmica diária do ar, do período de 1974 a 2014. Para análise da tendência de variação nas séries temporais climatológicas das variáveis em estudo, aplicou-se o teste estatístico de Mann-Kendall. Quanto à variabilidade dos elementos agrometeorológicos, observaram-se, a partir dos resultados apontados, tendência negativa significativa para a precipitação nos meses de junho e outubro e positiva significativa no mês de dezembro, as quais constata alterações nos padrões do clima local. Foi possível identificar também tendências positivas significativas estatisticamente, na temperatura máxima, para todos os meses que fazem parte do ciclo da soja (novembro - abril). Os resultados identificados poderão ser conduzidos para elaboração de estratégias de planejamento para a escolha da melhor época de semeadura dos cultivos de soja, no município de Bom Jesus (PI), visando minimizar a vulnerabilidade do sistema produtivo dessa cultura frente aos riscos climáticos.

PALAVRAS-CHAVE: agrometeorologia, variabilidade climática, Mann-Kendall.

CLIMATE TRENDS IN BOM JESUS, PIAUI SOY PRODUCTION REGION

ABSTRACT: The climate is still main responsible for the variations soybean productivity, exerting a limiting action on these agricultural systems. The bom-jesuense cerrado, this culture has proved, over the years, an increase of cultivated areas, however, productivity does not keep the same pace, going through periods of oscillations. Thus, although the crop is added to high technology, culture has great vulnerability to climatic adversities. Thus, the present study aims to analyze possible trends in meteorological variables, which can influence the soybean yield in Bom Jesus. Used daily meteorological data of the variables: precipitation, maximum and minimum temperature and diurnal temperature range, from 1974 to 2014. For the analyzes the Mann-Kendall statistical test was applied at the 5% level of significance. However, the monthly analysis of precipitation indicate negative trend during October and positive trend in

December, causing a delay in start of rainy season. If this trend is persistent this result must be considered in futures definitions of the soybean crop sowing date over the region studied. With Mann-Kendall test was possible to identify positive trends with statistical significance in maximum temperature for all month forming part of soybean cycle (from November to April). The identified results could be carried out to elaborate planning strategies for the choice of the best sowing season for soybean crops, in the municipality of Bom Jesus (PI), in order to minimize the vulnerability of the crop productive system to climatic risks.

KEY-WORDS: agrometeorology, climate variability, Mann-Kendall.

INTRODUÇÃO

Grande parte dos estados do Maranhão, Tocantins, a porção sudoeste do Piauí e noroeste da Bahia (chamada de região MATOPIBA¹), é considerada atualmente como a principal fronteira para novos investimentos do agronegócio no Brasil (Anderson et al., 2016). O cerrado piauiense está localizado nessa região, a qual vem apresentando acentuado potencial de expansão de produção de grãos. Dentre os municípios piauienses produtores de soja, destaca-se Bom Jesus, concentrando atualmente grande parte da produção de grãos do cerrado piauiense (ver Figura 1).

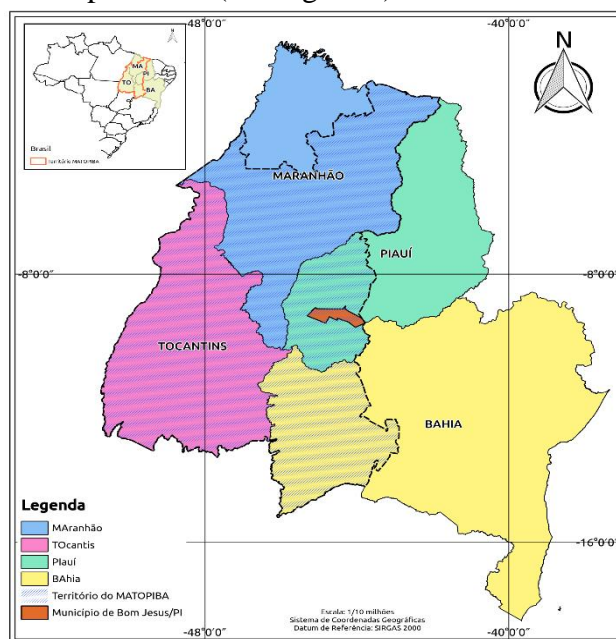


Figura 1. Mapa de localização do município de Bom Jesus – PI e área do MATOPIBA

Observou-se, no decorrer dos anos, com dados registrados a partir de 1998, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, crescimento médio anual em torno de 44,2% de áreas cultivadas de soja nos cerrados bom-jesuenses. Entretanto, mesmo que estas áreas estejam em um ritmo crescente, em virtude do uso de tecnologias, da adoção de materiais genéticos de maior potencial produtivo, da utilização de práticas de manejo do solo e da crescente qualificação dos produtores rurais, verificaram-se oscilações na produtividade. Nesse sentido, Ferreira & Rao (2011) ressaltam que as atividades agrícolas estão sempre expostas a oscilações nos seus rendimentos em virtude das ocorrências de variações nos elementos meteorológicos. Para o caso da soja, o clima e

¹ Acrônimo criado com as iniciais referentes aos Estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

sua variabilidade é preponderante na produtividade, sendo considerado o principal fator de risco para o sucesso do desenvolvimento dos cultivos (Rio et al., 2015).

Para o município estudado, a precipitação é a principal fonte de água para os cultivos de soja, visto que o cultivo é do tipo sequeiro. Desse modo, considerando os danos decorrentes das adversidades climáticas, poucas são as medidas corretivas que possam ser apontadas, como saídas, aos produtores, sem agregar valores sobre o custo de produção, sendo, portanto, a detecção de alterações nos registros das variáveis meteorológicas de grande importância para tomadores de decisões estabelecerem estratégias preventivas mediante aos impactos acarretados pela variação climática na produtividade da soja.

Nessa perspectiva, o presente estudo parte da premissa que o comportamento das variáveis meteorológicas constitui a principal limitação do potencial da produtividade da soja na área de estudo, sendo o de mais difícil controle, em razão das periodicidades relacionadas à variabilidade natural do clima, que em muitas circunstâncias são de difícil previsibilidade. Assim, objetiva-se com a presente pesquisa analisar as possíveis tendências em variáveis meteorológicas que possam influenciar na produtividade da soja em Bom Jesus (PI).

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Bom Jesus (PI) é localizado na microrregião do Alto Médio Gurguéia (09°04'28''S, 44°21'31''W, 277 metros acima do nível médio do mar). Sua área territorial é 5.469,181 km². A climatologia do município apresenta duas estações bem definidas: uma chuvosa, que vai de outubro a abril, e outra seca, que dura de maio a setembro. A precipitação média é 1.093,4 mm anuais. A temperatura média anual é de 26,2°C, variando de 19°C em julho a 35,7°C em setembro (Ramos et al., 2009).

Para o desenvolvimento do estudo foram analisados dados meteorológicos diários, do período de 1974 a 2014, das variáveis: precipitação, temperatura máxima e mínima e amplitude térmica diurna do ar, da estação meteorológica de Bom Jesus-PI (09°06'S, 44°07'W, 331 m de altitude) pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do período de 1974 a 2014.

A escolha destas variáveis está estritamente relacionada com a influência das mesmas sobre a produtividade da soja, que por sua vez foi fundamentada nos estudos de Berlatto et al. (1992) e Ferreira & Rao (2011). Cunha et al. (1998) apontaram que dentre as condições ambientais necessárias para se obter altos rendimentos, destaca-se a disponibilidade de água, visto que se constitui um fator que dependendo da sua distribuição ao longo dos estágios da cultura, poderá provocar quedas ou ganhos de produtividade. No estágio máximo de necessidade hídrica (estádio médio) a planta carece de uma demanda de 7 a 8 mm/dia de água, que por sua vez será diminuída após esse período. Durante todo o ciclo da soja, para obtenção do máximo de rendimento, a planta exige uma necessidade total de água que varia entre 450 a 800 mm/ciclo, que por sua vez dependerá das condições climáticas, do manejo da cultura, tipo do cultivar e da duração do ciclo (Embrapa Soja, 2008).

Outra variável meteorológica considerada determinante para o processo de desenvolvimento do cultivo da soja, é a temperatura do ar. A cultura da soja possui uma melhor adaptação a temperaturas do ar na faixa entre 20°C e 30°C, sendo que seu desenvolvimento é pequeno ou nulo a temperaturas menores ou iguais a 10°C, considerando nessa perspectiva uma temperatura ideal em torno de 30°C (Farias et al., 2007).

Para análise da tendência de variação nas séries temporais climatológicas das variáveis, citadas anteriormente referentes, ao período de 1974-2014, aplicou-se o teste não paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975). Fundamentado em vários estudos que utilizam métodos estatísticos para a verificação de variações climáticas, vale ressaltar os estudos de Sneyers (1975) considerados os primeiros que aplicaram o Teste de Mann-Kendall para identificação de variabilidades e tendências climáticas. Posteriormente Goossens e Berger (1986) indicam a eficácia do teste de Mann-Kendall comparando com outras técnicas usuais utilizadas para a detecção de uma mudança climática abrupta. De acordo com eles, além de identificar a mudança, o método detecta a localização aproximada da data do seu início.

Ainda em consonância com a eficácia do teste Mann-Kendall, estudos de Yu et al., (2002) mencionaram que o mesmo é recomendado pela OMM para detecção de variações climáticas, por ser considerado o mais correspondente para esse tipo de diagnóstico. Obregón Párraga (2003) cita em seu estudo a vantagem de se utilizar este teste, pelo fato que o mesmo usa a magnitude relativa dos valores da série, filtrando valores extremos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises de tendências dos valores totais, e máximos mensais, de precipitação utilizando o teste de Mann-Kendall (Z), nela é possível identificar a tendência de redução na precipitação total, com significância estatística, nos meses de junho e outubro. Entretanto, vale salientar que essa tendência de redução observada no mês de junho não representa preocupação relevante para a produção agrícola, já que ocorre na estação seca (junho) e no período de transição seco-chuvoso (outubro). Por outro lado, é possível observar a tendência de aumento significativo ao nível de 10% de probabilidade, para o total mensal de dezembro (início da estação chuvosa). Resultados semelhantes foram obtidos por Blain (2011) em Campinas (SP), embora os climas de Campinas-SP e Bom Jesus-PI sejam bastante diferentes. Além disso, os resultados foram coerentes com o estudo de Oliveira et al. (2014), que revelam o aumento da sazonalidade da precipitação sobre o Nordeste brasileiro.

Tabela 1. Resultados do teste não paramétrico de Mann-Kendall (Z) aplicados aos valores acumulados mensais e valores máximos diários acumulados de precipitação no município de Bom Jesus (PI) no período de 1974 a 2014.

Mês	Valores acumulados			Valores máximos		
	Teste Z	valor-p	Coef. ² Angular (mm)	Teste Z	valor-p	Coef. Angular (mm)
Jan	0,12	0,8941 ^{ns}	0,123	-1,74	0,0543 ⁺	-0,600
Fev	-0,54	0,5839 ^{ns}	-0,519	-1,56	0,1157 ^{ns}	-0,459
Mar	0,78	0,4282 ^{ns}	0,870	0,31	0,7442 ^{ns}	0,129
Abr	-0,30	0,7531 ^{ns}	-0,345	-0,14	0,8796 ^{ns}	-0,065
Mai	1,03	0,2956 ^{ns}	0,250	0,78	0,4273 ^{ns}	0,104

² Coeficiente

Jun	-2,26	0,0236*	0,000	-2,26	0,0236*	0,000
Jul	-0,73	0,4643 ^{ns}	0,000	-0,69	0,4885 ^{ns}	0,000
Ago	-1,61	0,1067 ^{ns}	0,000	-1,61	0,1067 ^{ns}	0,000
Set	-1,17	0,2409 ^{ns}	-0,006	-0,78	0,4295 ^{ns}	0,000
Out	-2,59	0,0092**	-1,717	-2,55	0,0103*	-0,695
Nov	-1,48	0,1359 ^{ns}	-1,611	-1,64	0,0993 ⁺	-0,363
Dez	1,82	0,0670 ⁺	1,362	0,82	0,4024 ^{ns}	0,246

^{ns} não-significativo; ⁺ nível de significância 10%; * nível de significância 5%; ** nível de significância 1%

Considerando o calendário agrícola local; o quadro, segundo a Embrapa Soja (2008), de condições favoráveis para a germinação da semente; a tendência de redução de chuva no período de transição e o aumento no período chuvoso, ou seja, o atraso da estação chuvosa; sugere-se, para a área analisada, a realização de um estudo experimental, com o intuito de proposição da melhor época para a semeadura, visando atender as exigências hídricas no solo para o bom desenvolvimento da cultura. Ainda na Tabela 1, analisando-se a tendência dos valores máximos de precipitação, é possível verificar a tendência negativa dessa variável nos meses de junho (período seco) e outubro (transição seco-chuvoso). Para os meses de janeiro (período chuvoso) e novembro (início do período chuvoso), a tendência de diminuição nos valores máximos de precipitação mensal apresentou significância somente ao nível de 10%.

Especificamente, a diminuição de valores máximos de precipitação em janeiro (início da floração) pode não ser tão prejudicial para o cultivo da soja, pois é sabido que o desenvolvimento da cultura da soja pode ser afetado tanto pelo déficit, quanto pelo excesso hídrico. Dentre os estádios da soja, o reprodutivo (médio) é o mais sensível ao excesso hídrico no solo (Barni, 1973, 1978; Bergamaschi & Berlatto, 1973 e Schöffel et al., 2001).

O resultado do teste de Mann-Kendall para a série mensal de temperatura máxima (Tabela 2) indicou tendência positiva nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro (período chuvoso), março, abril, maio (transição), junho, julho (período seco) e novembro (início do período chuvoso). Os resultados são consistentes às análises similares realizadas no estado de São Paulo (Blain, 2011), Minas Gerais (Ávila et al., 2014) e Paraná (Ferreira & Rao, 2011). Diante dos resultados encontrados na presente pesquisa, constatou-se que o cultivo da soja se encontra cada vez mais exposto à condição de temperaturas mais elevadas, fato este que pode provocar danos fisiológicos os quais poderão afetar a produtividade futura. Além disso, o aumento da temperatura máxima proporcionará o acúmulo mais rápido de graus-dia, tendo como resultado menor duração do ciclo da cultura (Mavi e Tupper, 2004).

Tabela 2. Resultados do teste não paramétrico de Mann-Kendal (Z) aplicados nas séries mensais dos valores médios de Temperatura Máxima, Mínima e Amplitude do município de Bom Jesus (PI) no período de 1974 a 2014.

Máxima	Mínima	Amplitude
--------	--------	-----------

Mês	Teste Z	valor-p	Coef. ³ Angular (°C)	Teste Z	valor-p	Coef. Angular (°C)	Teste Z	valor-p	Coef. Angular (°C)
Jan	3,58	0,0001***	0,075	-1,51	0,3095 ^{ns}	-0,031	3,95	< 0,001***	0,122
Fev	4,89	< 0,001***	0,100	-2,16	0,0236*	-0,035	4,59	< 0,001***	0,145
Mar	3,90	< 0,001***	0,078	-2,69	0,0043**	-0,053	4,32	< 0,001***	0,133
Abr	3,97	< 0,001***	0,083	-2,25	0,0236*	-0,034	3,80	0,0001***	0,112
Mai	3,04	0,0011**	0,071	-0,14	0,9710 ^{ns}	-0,003	3,37	0,0006***	0,091
Jun	3,33	0,0008***	0,073	1,01	0,2455 ^{ns}	0,021	3,02	0,0016**	0,081
Jul	2,59	0,0126**	0,049	1,53	0,1955 ^{ns}	0,022	1,66	0,0836 ⁺	0,042
Ago	1,21	0,2041 ^{ns}	0,013	-0,70	0,4679 ^{ns}	-0,014	1,66	0,0926 ⁺	0,038
Set	0,65	0,4991 ^{ns}	0,013	-3,68	< 0,001***	-0,053	3,20	0,0003***	0,074
Out	1,81	0,0673 ⁺	0,035	-3,63	0,0002***	-0,064	4,50	< 0,001***	0,095
Nov	2,09	0,0488*	0,041	-2,23	0,0145*	-0,045	4,21	< 0,001***	0,091
Dez	3,00	0,0015**	0,056	-2,34	0,0183*	-0,032	4,30	< 0,001***	0,108

^{ns} não-significativo; ⁺ nível de significância 10%; * nível de significância 5%; ** nível de significância 1%; *** nível de significância 0,01%

Na Tabela 2 verifica-se tendência negativa para a temperatura mínima nos meses de dezembro, fevereiro (período chuvoso), março, abril (transição), setembro, outubro e novembro (início do período chuvoso). Os resultados foram coerentes com o estudo de Salvador (2014), ao analisar as variabilidades climáticas da precipitação pluvial e da temperatura na região do MATOPIBA. No enfoque agrometeorológico, espera-se que esse decréscimo não traga efeitos adversos à cultura da soja, em razão de que a mesma se encontra na faixa recomendada (entre 20°C e 30°C) para o desenvolvimento do cultivo, conforme a Embrapa Soja (2008).

Com base na aplicação do teste de Mann-Kendall foi possível identificar tendência positiva para a variável amplitude térmica diurna (Tabela 2) em todos os meses do ano, exceto nos meses de julho e agosto. Sob o ponto de vista agroclimático, o aumento da amplitude térmica diurna, poderá ser prejudicial à cultura, principalmente ao se associar este aumento com a elevação da temperatura máxima, considerando que para a cultura, o aumento da temperatura diurna é mais impactante do que a noturna (Ferreira, 2010). Por outro lado, esse acréscimo implica na necessidade de menos tempo para a cultura acumular a exigência térmica (graus-dia) necessária para completar seu ciclo.

CONCLUSÕES

³ Coeficiente

Foram identificadas, com base nos resultados do Teste de Mann-Kendall, tendências negativas significativas nos valores acumulados mensais de precipitação nos meses do período seco e do período de transição (seco-chuvoso), bem como tendência positiva no período chuvoso (dezembro).

Tendências positivas significativas ao nível de 5% de probabilidade foram detectadas para a temperatura máxima em todos os meses, exceto em agosto e setembro, e ao nível de 10% de probabilidade para o mês de outubro.

Foram detectadas tendências de redução significativa nos meses de dezembro, fevereiro (período chuvoso), março, abril (transição), setembro, outubro e novembro (transição) para os valores de temperatura mínima.

Foram detectadas tendências positivas significativas ao nível de 5% de probabilidade para a amplitude térmica diurna do ar em todos os meses analisados, com exceção de julho e agosto, cujas tendências foram significativas ao nível de 10%.

Os resultados do presente estudo poderão ser considerados na condução de medidas de planejamento para a definição da melhor época de semeadura para o cultivo da soja, no município de Bom Jesus (PI), visando diminuir a vulnerabilidade do sistema produtivo dessa cultura frente aos riscos climáticos.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, M.C.; ZOLIN, C.A.; SENTELHAS, P.C.; HAIN, C.R.; SEMMENS, K.; YILMAZ, M.T.; GAO, F.; OTKIN, J.A.; TETRAULT, R. The Evaporative Stress Index as an indicator of agricultural drought in Brazil: An assessment based on crop yield impacts. **Remote Sensing of Environment**, v.174, p.82-99, 2016.

BARNI, N.A. **Efeitos de períodos de inundação sobre o rendimento de grãos e características agrônômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1973. 153p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Efeitos de tratamentos de drenagem na produção de duas cultivares de soja (*Glycinemax* (L.) Merrill), em terras de arroz. **Supervisão da produção vegetal – Rio Grande do Sul**. Relatórios de Pesquisa, Porto Alegre, v.1, p.75-84, 1973.

BERLATO, M.A; FONTANA, D.C.; GONÇALVES, H.M. Relação entre o rendimento de grãos da soja e variáveis meteorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.5, p.695-702, 1992.

BLAIN, G.C. Considerações estatísticas relativas a seis séries mensais de temperatura do ar da secretaria de agricultura e abastecimento do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.2, p.279-296, 2011.

CUNHA, G.R; HASS, J. C.; DALMAGO, G. A.; PASINATO, A. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.6, n.1, p.111-119, 1998.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2009 e 2010**: relatório do ano de 2008. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 262p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 13).

EMBRAPA SOLOS - UEP RECIFE. **Solos do Nordeste**: 1986. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/>. Acesso em 20 de outubro de 2015.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Londrina, Embrapa Soja, 2007. 10p (Embrapa Soja. Circular Técnica, 48).

FERREIRA, D.B. **Análise da variabilidade climática e suas consequências para a produtividade da soja na Região Sul do Brasil**. 2010.125p. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.

FERREIRA, D.B.; RAO, V.B. Recent climate variability and its impacts on yields in Southern Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.105, p.83-97, 2011.

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. *Annales Geophysicae*, Berlin, v. 4, n. B-4, p. 385-400, 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **IBGE cidades**. 2015. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/>. Acessado em 20 de abril de 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Dados Históricos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em 05 de fevereiro de 2015.

KENDALL, M. G. Rank correlation methods. 4.ed. London: Charles Griffin, 1975. 196p.

MANN, H. B. Non-parametric test against trend. *Econometrika*, v.13, p.245-259, 1945.

MAVI, H. S.; TUPPER, G. J. *Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agriculture*. Food Products Press, New York, 2004,364p.

MORAES, A.M. Agronegócio de grãos nos cerrados. **Carta Cepro**. Teresina, Fundação Cepro. v.20, 2001.

OBREGÓN PÁRRAGA. G. O. Dinâmica da variabilidade climática da precipitação sobre a América do Sul. Tese (Doutorado em Meteorologia). São José dos Campos, INPE, 2003.

OLIVEIRA, P.T; SANTOS E SILVA, C.M.; LIMA, K.C. Linear trend of occurrence and intensity of heavy rainfall events on Northeast Brazil. **Atmospheric Science Letters**, v.15, p.172-177, 2014.

RAMOS, A.M.; SANTOS, L.A.R.; FORTES, L.T.G. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. 2009. 465p. (Ed.) Revista e Ampliada, Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, Brasília, DF.

RIO, A.; SENTELHAS, P.C.; FARIAS, J.R.B.; SIBALDELLI, R.N.R.; FERREIRA, R.C. Alternative sowing dates as a mitigation measure to reduce climate change impacts on soybean yields in southern Brazil. **International Journal of Climatology**, 2015.

SALVADOR, M.A. **Análise da variabilidade climática na nova fronteira agrícola do Brasil: região do MATOPIBA**. 2014. 119p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SNEYERS, R. Sur l' analyse statistique des series d' observations. Genève: Organisation Météorologique Mondiale, 1975. p 192. (OMM Note Technique, 143).

YU, P.S.; TAO, T.C.; CHOU, C.C. Effects of climate change on evapotranspiration from paddy fields in Southern Taiwan. *Climatic Change*, v.54, p.165- 179, 2002.

INFLUÊNCIA DE AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Antonio José Steidle Neto¹, Daniela de Carvalho Lopes¹, Thieres George Freire da Silva², Sérgio Zolnier³, Maria Gabriela de Queiroz³

¹Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Sete Lagoas, Rodovia MG 424, km 47, Sete Lagoas, Minas Gerais, antonio@ufsj.edu.br; ² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Fazenda Saco, Serra Talhada, Pernambuco; ³ Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Viçosa, Minas Gerais

RESUMO: Este trabalho foi realizado para avaliar a influência de aerossóis atmosféricos sobre a evapotranspiração em uma região semiárida do Nordeste Brasileiro. Profundidade ótica de aerossóis, radiação solar global, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento foram medidas no Centro Nacional de Pesquisas do Semiárido, situado em Petrolina, Estado de Pernambuco, durante dois anos consecutivos. Um modelo multivariado foi calibrado e validado para estimar a radiação solar global (R_g) pela técnica de regressão por mínimos quadrados parciais. Estimativas da evapotranspiração de referência (ET_0) foram obtidas por meio do método de Penman-Monteith padronizado pela FAO. A influência da profundidade ótica de aerossóis sobre as predições de ET_0 foi avaliada considerando 17 cenários (ET_0 variando de 3,8 a 7,8 mm dia⁻¹). Os resultados confirmaram que, para uma mesma radiação solar extraterrestre, maiores profundidades óticas de aerossóis tendem a diminuir a R_g e a ET_0 . Ao contrário, menores profundidades óticas de aerossóis tendem a absorver menos radiação, aumentando a ET_0 . Para a região semi-árida do Nordeste Brasileiro, a maioria dos desvios foi menor que $\pm 4\%$. Entretanto, desvios mais elevados também foram observados, contribuindo de maneira conjunta em aproximadamente 30%, o que pode ter consequências relevantes no manejo de irrigação dos cultivos, balanço hídrico e/ou zoneamento agroclimático.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação solar, Modelagem, Profundidade ótica de aerossol.

INFLUENCE OF ATMOSPHERIC AEROSOLS ON EVAPOTRANSPIRATION

ABSTRACT: This study was carried out to evaluate the influence of atmospheric aerosols on evapotranspiration over a semi-arid region in Northeast Brazil. Aerosol optical depth, global solar radiation, air temperature, air relative humidity and wind speed were measured by the Research National Center of Semiarid, located at Petrolina, Pernambuco State, along two consecutive years. A multivariate model was calibrated and validated for estimating the global solar radiation (R_g) by the partial least squares regression technique. Estimates of the reference evapotranspiration (ET_0) were obtained by using the FAO standard Penman-Monteith method. The influence of the aerosol optical depth over the ET_0 predictions was evaluated considering 17 scenarios (ET_0 from 3.8 to 7.8 mm day⁻¹). Results confirmed that, for a same extraterrestrial solar radiation, larger aerosol optical depth tends to decrease both R_g and ET_0 . Otherwise, ticker aerosol optical depth tends to absorb less radiation, increasing the ET_0 . For the semi-arid region in Northeast Brazil, most of deviations was smaller than $\pm 4\%$. However, higher deviations were also observed, contributing jointly to around 30%, which may result in relevant consequences on the irrigation management, water balance and/or agroclimatic zoning.

KEY-WORDS: Solar radiation, Modelling, Aerosol optical depth.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das características dos aerossóis nas escalas local e regional, suas alterações temporais e inter-relações com a radiação solar, são de grande importância para as ciências atmosféricas (WANG et al., 2010). Aerossóis podem influenciar diretamente e indiretamente o tempo e o clima na Terra por meio dos processos de espalhamento e absorção da radiação solar, embora a magnitude desta influência ainda seja incerta (IPCC, 2007). O principal parâmetro para avaliar o efeito da forçante radiativa dos aerossóis sobre o clima é a profundidade ótica de aerossóis (POA), que é um indicador da quantidade de aerossóis em uma coluna de ar que se estende desde a superfície terrestre até o topo da atmosfera (KUMAR et al., 2013).

Com grande importância para a agricultura, a evapotranspiração é uma das variáveis afetadas pela presença de aerossóis na atmosfera devido à alteração na quantidade total de radiação solar na superfície. Algumas pesquisas têm sido realizadas na tentativa de avaliar os efeitos diretos dos aerossóis sobre o fluxo de calor latente em escala local (STEINER et al., 2013; MURTHY et al., 2014). Esses estudos têm mostrado que os aerossóis atmosféricos reduzem a energia disponível para a evapotranspiração. Neste contexto, este trabalho foi conduzido para avaliar a influência de aerossóis sobre a evapotranspiração em uma região semiárida do Nordeste Brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados de profundidade ótica de aerossóis em escala diária foram obtidos a partir de um fotômetro multiespectral de alta precisão (modelo CE318-T, Cimel Electronique, Paris, França) pertencente à AEROSOL ROBOTIC NETWORK (AERONET) e instalado nas dependências do Centro Nacional de Pesquisas do Semiárido (Embrapa Semiárido), situado no município de Petrolina, Estado de Pernambuco, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 09°04'08"S, longitude de 40°19'11"O e altitude de 387 m. Este equipamento realiza medidas de irradiância solar em oito comprimentos de onda distintos (340, 380, 440, 500, 670, 870, 940 e 1020 nm) usando filtros espectrais. A profundidade ótica de aerossóis foi calculada a partir da lei de Beer-Lambert-Bouguer baseada na extinção espectral da radiação solar direta em cada comprimento de onda. A atenuação da radiação solar devido ao espalhamento de Rayleigh, absorção pelo ozônio e por gases poluentes (NO₂, CO₂ e CH₄) foi estimada e subtraída da profundidade ótica total a fim de isolar o efeito dos aerossóis (HOLBEN et al., 1998). Estes dados foram verificados quanto à consistência e qualidade pela AERONET, sendo calibrados e inspecionados manualmente de maneira a serem isentos da influência de nebulosidade (nível de processamento 2.0). A aquisição de dados na estação de Petrolina teve início em 2004 e término em 2014, excluindo-se os anos de 2006, 2010 e 2011 que não possuem dados coletados. Neste estudo, foram selecionados os anos de 2013 e 2014 por possuírem os maiores percentuais de dados (70,7 e 62,7%, respectivamente), totalizando uma série com 487 dias.

Além dos valores de profundidade ótica de aerossóis, foram utilizados dados meteorológicos de temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global e velocidade do ar. Estes dados foram obtidos a partir de instrumentos de uma estação meteorológica automática, situada no mesmo local do fotômetro da AERONET, porém

pertencente à rede brasileira de estações do Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (SONDA).

Um modelo multivariado foi desenvolvido para a estimativa da radiação solar global na superfície terrestre (R_g) em função das profundidades óticas de aerossóis (POA) e da radiação solar extraterrestre (R_0). Os valores de POA para o comprimento de onda de 340 nm não foram usados na modelagem devido à ausência parcial dados. A R_0 foi estimada em escala diária seguindo os procedimentos e equações descritas por Allen et al. (1998), considerando a latitude da estação meteorológica da rede SONDA e o dia juliano de cada data da série histórica. O modelo proposto foi calibrado e validado utilizando o programa computacional SCILAB (Scilab Enterprises, Versalhes, França), por meio da técnica de regressão por mínimos quadrados parciais.

Considerando apenas o número total de dados compatibilizados entre a AERONET e a rede SONDA para o biênio 2013-2014, $\frac{3}{4}$ foram utilizados para a calibração com validação cruzada e $\frac{1}{4}$ para a validação externa do modelo.

As estimativas de evapotranspiração de referência (ET_0) em escala diária foram obtidas a partir dos dados meteorológicos usando o método de Penman-Monteith padronizado pela FAO (ALLEN et al., 1998). A avaliação da influência da profundidade ótica de aerossóis sobre as estimativas de ET_0 foi realizada considerando-se 17 valores referenciais (cenários) compreendidos entre 3,8 e 7,8 mm dia⁻¹ com incrementos de, aproximadamente, 0,25 mm dia⁻¹. Esta faixa foi determinada com base nos valores mínimo e máximo de ET_0 estimados ao longo do biênio 2013-2014 sem incluir os efeitos dos aerossóis. Para cada valor referencial de ET_0 , foram realizadas simulações mantendo-se constante os valores das variáveis meteorológicas e da radiação solar extraterrestre. Ao contrário, os valores de POA foram variados usando os valores medidos no biênio 2013-2014 correspondentes ao conjunto de validação externa. Assim, a partir dos dados estimados de $R_{g\text{global}}$ com o modelo multivariado, foram calculados novos valores de ET_0 que evidenciaram os efeitos dos aerossóis atmosféricos. Analisando-se o conjunto de dados resultante das simulações, foram extraídos os desvios mínimo e máximo associados a cada valor referencial de ET_0 .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo multivariado de estimativa de $R_{g\text{global}}$ (MJ m⁻² dia⁻¹) em função de EOA em sete comprimentos de onda (adimensionais) e de R_0 (MJ m⁻² dia⁻¹) é representado pela seguinte equação:

$$R_{g\text{global}} = 115,817 \text{ POA}_{380} - 203,690 \text{ POA}_{440} + 0,237 \text{ POA}_{500} + 177,767 \text{ POA}_{675} - 80,398 \text{ POA}_{870} - 2,232 \text{ POA}_{940} - 8,839 \text{ POA}_{1020} + 0,716 R_0 + 4,3369$$

Para valores de radiação extraterrestre semelhantes e de profundidade ótica de aerossóis diferentes, o modelo multivariado resulta em valores de radiação solar global menores para profundidades de aerossóis maiores.

Na etapa de validação externa, o erro absoluto médio indicou que os valores estimados pelo modelo diferiram, em média, de 1,705 MJ m⁻² dia⁻¹ dos valores reais, o que representa um valor baixo em relação à faixa de variação de $R_{g\text{global}}$ (11,210 - 27,820 MJ m⁻² dia⁻¹) e sugere que o modelo possui exatidão. Também, verificou-se erro médio de estimativa baixo, cujo resultado positivo mostrou uma tendência média de superestimativa de 0,820 MJ m⁻² dia⁻¹ dos valores preditos em relação aos reais. Finalmente, o coeficiente de correlação foi de 0,813, indicando que 81,3% dos valores reais foram adequadamente representados pelo modelo.

As frequências percentuais de ocorrência dos desvios nas estimativas de ET_0 (mm dia^{-1}), distribuídas em 10 classes distintas, são mostradas na Figura 1.

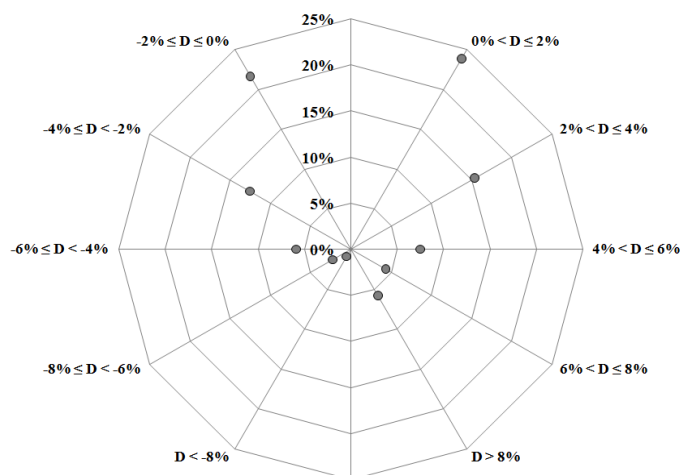


Figura 1. Frequências percentuais dos desvios (D) nas estimativas de ET_0 (raios) em classes de ocorrência (ângulos) devido à presença de aerossóis em Petrolina-PE.

A maioria dos desvios de ET_0 (57%) se concentrou nas classes positivas que correspondem a valores ET_0 maiores que os referenciais (metade direita da Figura 1) em relação os desvios associados às classes negativas (47%) que correspondem a valores de ET_0 menores que os referenciais (metade esquerda da Figura 1). Isto indica que no conjunto de dados avaliado, houve maiores ocorrências de profundidades óticas menores que as associadas inicialmente com os valores referenciais. Para uma mesma radiação solar extraterrestre, quanto menor for a profundidade ótica de aerossóis, menor será a absorção de radiação e maiores serão R_{global} e ET_0 .

Adicionalmente, verificaram-se maiores concentrações de desvios nas classes compreendidas de 0 a $\pm 2\%$ e de ± 2 a $\pm 4\%$, indicando que a maior parcela da influência da profundidade ótica de aerossóis, observada durante o biênio 2013-2014 em Petrolina, não resultou em modificações expressivas nos valores estimados de ET_0 . Entretanto, considerando as demais classes de maneira conjunta, as frequências dos desvios totalizaram aproximadamente 30%, o que pode ter consequências relevantes no manejo de irrigação dos cultivos, balanço hídrico e/ou zoneamento agroclimático. Murthy et al. (2014) avaliaram o efeito de aerossóis sobre a evapotranspiração no sudoeste da Índia e verificaram reduções médias de 14% na ET_0 .

CONCLUSÕES

Os aerossóis atmosféricos podem causar acréscimos ou decréscimos nos valores estimados de ET_0 , dependendo das condições meteorológicas locais. Para a região semi-árida do Nordeste Brasileiro esta influência tende a alterar os valores estimados de ET_0 em torno de $\pm 4\%$. Todavia, alterações mais expressivas podem também ocorrer com menor frequência, resultando em consequências relevantes no manejo de irrigação dos cultivos, balanço hídrico e/ou zoneamento agroclimático.

AGRADECIMENTOS

A AERONET (NASA) e ao Dr. Enio B. Pereira pelos dados de profundidade ótica de aerossóis. A rede SONDA (CCST/INPE) pelos dados meteorológicos.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **Irrigation and Drainage Paper 56**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 1998. 300 p.

HOLBEN, B.N. et al. AERONET - a federated instrument network and data archive for aerosol characterization. **Remote Sensing of Environment**, v. 66, p. 1-16, 1998.

IPCC. The physical science basis: contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, chapter 2, 2007.

KUMAR, K.R. et al. Inferring wavelength dependence of AOD and Ångström exponent over a sub-tropical station in South Africa using AERONET data: influence of meteorology, long-range transport and curvature effect. **Science of the Total Environment**, v. 461-462, p. 397-408, 2013.

MURTHY, B.S. et al. Effect of aerosols on evapo-transpiration. **Atmospheric Environment**, v. 89, p. 109-118, 2014.

STEINER, A.L. et al. Observed impact of atmospheric aerosols on the surface energy budget. **Earth Interactions**, v. 17, p. 1-22, 2013.

WANG, P. et al. Aerosol optical properties of regional background atmosphere in Northeast China. **Atmospheric Environment**, v. 44, p. 4404-4412, 2010.

ADAPTAÇÃO DO MODELO DA ZONA AGROECOLÓGICA PARA A ESTIMAÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO

Cleverson Henrique de Freitas¹, Elvis Felipe Elli², Paulo Cesar Sentelhas³

¹ Bacharel em Ciências Atmosféricas, Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, chfreitas@usp.br; ² Eng. Agrônomo, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, elvisfelipeelli@usp.br; ³ Eng. Agrônomo, Professor Associado 3, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, pcsentel.esalq@usp.br

RESUMO: O *Eucalyptus* é o gênero florestal mais plantado no Brasil e é manejado intensivamente para a obtenção produtos como: polpa celulósica, papel, madeira para serraria e geração de energia. Nesse sentido, os modelos de simulação do crescimento e desenvolvimento vegetal permitem prever a produção das espécies florestais ao longo do tempo, por meio da simulação da dinâmica natural dos povoamentos florestais. Tais modelos diferem quanto ao grau de complexidade dos processos envolvidos e também pela quantidade e qualidade de seus dados de entrada. Com base nisso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o Modelo da Zona Agroecológica – FAO (MZA) para a estimativa do crescimento e produtividade de eucalipto, tendo por base experimentos conduzidos em diferentes regiões produtoras de Minas Gerais. Para isso foram utilizados dados de inventários disponibilizados por uma empresa florestal e dados meteorológicos diários no período de 2006 a 2015, considerando os ciclos da cultura do eucalipto para cada localidade. O modelo MZA-FAO apresentou bom desempenho na estimativa do crescimento e produtividade do eucalipto e a deficiência hídrica foi o fator mais limitante para a produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: modelos de simulação, produtividade potencial e atingível, calibração, validação.

ADAPTATION OF AGRO-ECOLOGICAL ZONE MODEL FOR EUCALYPTUS GROWTH AND YIELD ESTIMATION

ABSTRACT: The *Eucalyptus* is the most planted forest in Brazil and it is managed mostly to obtain products, such as pulp, paper, wood sawmill and power generation. Based on that, the plants growth and development simulation models can predict forest species production over time, by simulating the natural dynamics of forest stands. These models differ in the level of complexity of the processes involved and also the quantity and quality of their input data. Thus, the aim of this study was to evaluate the Agroecological Zone Model - FAO (AEZ) for eucalyptus growth and productivity estimation, based on experiments conducted in different producing regions of Minas Gerais, from where forest inventories and daily meteorological data were obtained from 2006 to 2015. The calibrated AEZ model presented good performance in estimating eucalyptus growth and yield and the water deficit was the most important limiting factor for yield.

KEY-WORDS: simulation models, potential and attainable yield, calibration, validation.

INTRODUÇÃO

No Brasil, *Eucalyptus* é o gênero florestal mais plantado, com aproximadamente 7,44 milhões de hectares, correspondendo a 74,9% das áreas de florestas plantadas e é manejado intensivamente principalmente para a obtenção dos produtos como polpa

celulósica, papel, madeira para serraria e geração de energia (ABRAF, 2013). Minas Gerais merece destaque por possuir a maior área plantada com espécies do gênero *Eucalyptus*, com 1.841.943 ha, ou seja, 24,7% da área brasileira (IBGE, 2016).

Os modelos de crescimento e produtividade na área florestal permitem prever a produção das espécies florestais ao longo do tempo, por meio da simulação da dinâmica natural de um povoamento, sob o efeito de fatores físicos e bióticos distintos, permitindo um auxílio no processo de avaliação dos plantios florestais em novas fronteiras (MARTINS, 2011).

O Modelo da Zona Agroecológica também conhecido como Modelo FAO foi descrito por Doorenbos e Kassam (1994) e tem o objetivo de estimar a produtividade potencial (PP) e atingível (PA) de uma cultura. A PP pode ser entendida como sendo aquela obtida por uma variedade altamente produtiva e bem adaptada ao ambiente, sem restrições hídricas, nutricionais e fitossanitárias, enquanto a PA leva em conta o efeito do déficit hídrico durante o ciclo da cultura (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

Com base nisso, o objetivo deste trabalho foi adaptar o Modelo da Zona Agroecológica (MZA) para a estimação do crescimento e produtividade do eucalipto em seis sítios experimentais em Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os pontos de coleta dos dados de crescimento em volume do eucalipto foram de seis sítios de uma empresa florestal localizada no estado de Minas Gerais (Tabela 1). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima dos pontos de coleta pode ser classificado como Aw (ALVARES et al., 2013), clima tropical úmido com estação seca de inverno.

Tabela 1. Localidades e período de dados utilizados para a calibração e avaliação do modelo MZA-FAO.

ID	Sítios	Período (Anos)	Latitude	Longitude	Altitude (m)	n
A ¹	João Pinheiro	2008 – 2013	17°57'S	46°06'W	835	20
B ¹	João Pinheiro	2007 – 2013	17°26'S	46°05'W	568	25
C ¹	Paraopeba	2006 – 2011	19°18'S	44°30'W	750	21
D ²	Lassance	2009 – 2013	17°53'S	44°23'W	1000	15
E ²	Montes Claros	2008 – 2013	16°35'S	44°01'W	840	44
F ²	Curvelo	2008 – 2013	18°28'S	44°21'W	709	53

¹Sítios utilizados para a validação do modelo; ²Sítios utilizados para a avaliação do modelo; n – número de amostras por sítio.

Foram utilizados os dados meteorológicos diários de temperatura do ar (mínima, média e máxima), radiação solar global, insolação, umidade relativa do ar, precipitação e velocidade do vento para o período de 2006 a 2015 que foram obtidos a partir da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e os dias com dados faltantes foram preenchidos por dados em GRID com resolução espacial de 0,25° x 0,25°, produzidos com base em observações e descritos por Xavier; King; Scanlon (2015).

As produtividades potencial (PP) e atingível (PA) foram estimadas por meio do Modelo da Zona Agroecológica – FAO (MZA), apresentado por Doorenbos e Kassam (1994). O déficit hídrico foi obtido por meio do déficit relativo de evapotranspiração dado pela relação $(1-E_{Tr}/E_{Tc})$, em que E_{Tr} é a evapotranspiração real e E_{Tc} a evapotranspiração da cultura. A E_{Tr} foi estimada pelo balanço hídrico climatológico sequencial de Thornthwaite e Mather (1955) para a cultura do eucalipto. As capacidades

de água disponível (CADs) de cada área experimental foram obtidas junto aos levantamentos feitos pela empresa em cada local.

As curvas características dos parâmetros do modelo como índice de área foliar (IAF), coeficiente de cultura (kc), coeficiente de sensibilidade hídrica (ky), índice de colheita (IC) e densidade da madeira para o clone MN 144 (Híbrido de *E. urophylla* x sp), foram ajustadas no processo de calibração, em que se empregou dados de três localidades, sendo os sítios mais produtivos e com menor déficit hídrico. A avaliação do modelo calibrado se deu com dados independentes de outras três localidades diferentes.

Para se avaliar o crescimento da floresta foi utilizado o indicador denominado Incremento Médio Anual (IMA), que mede o crescimento médio da floresta até determinada idade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os processos de calibração e validação são apresentados na Figura 1. Para a calibração (Figura 1a), foram encontrados valores de erro absoluto médio (EAM) de $23,10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (EMA% = 18,7%), índice de concordância (d) de 0,97 e coeficiente de determinação (R^2) de 0,91. Já para a validação, o EAM foi de $32,78 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (EMA% = 35,1%), d igual a 0,93 e R^2 de 0,84.

Ao se comparar a produtividade atingível (PA) com a real (PR), observou-se, apesar da elevada precisão, uma superestimativa dos valores estimados em relação aos observados (Figura 1b), o que indica que há necessidade de se utilizar mais dados no processo de calibração.

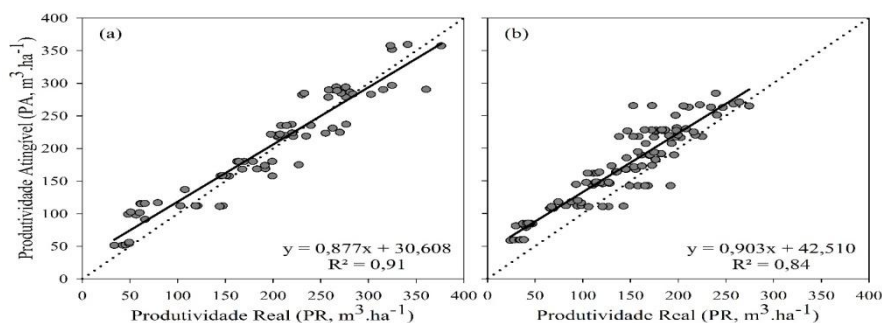


Figura 1. Relação produtividade atingível (PA) e produtividade real (PR) nos sítios experimentais usados na calibração (a) e validação (b) do modelo MZA FAO, em Minas Gerais.

A Figura 2 permite a visualização dos três diferentes tipos de produtividade para os seis sítios experimentais. Em uma análise visual, o modelo apresentou bom desempenho na estimativa temporal do volume das árvores e este mesmo desempenho foi encontrado em trabalhos realizados para a cultura da soja (BATTISTI; SENTELHAS; BOOTE, 2017), cana-de-açúcar (MONTEIRO; SENTELHAS, 2014), entre outros. Além disso, os valores de PP final concordam com aqueles encontrados por Stape et al. (2010), em uma avaliação da produtividade potencial de eucaliptos no Brasil.

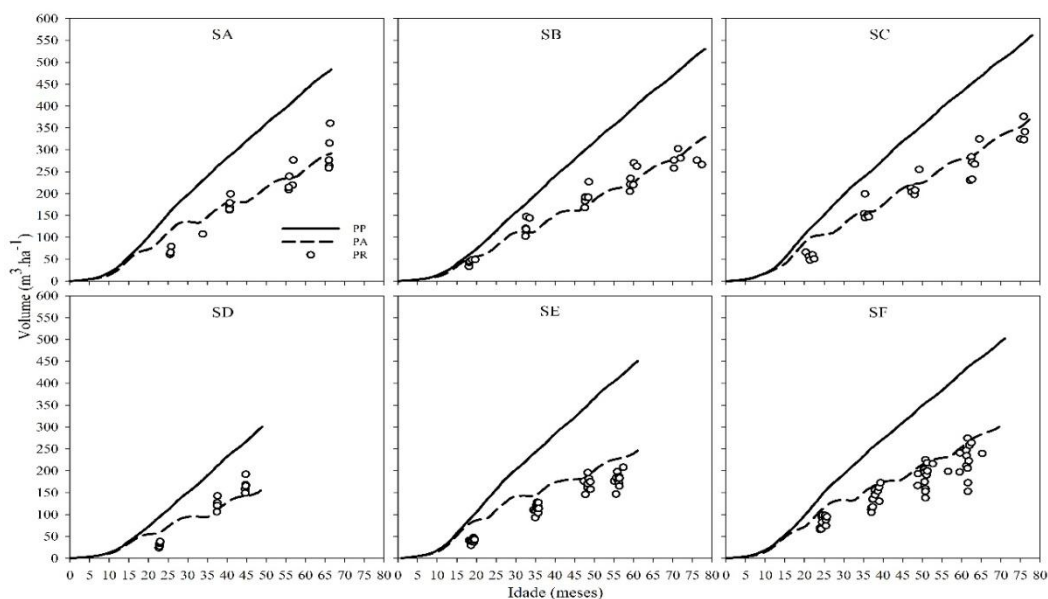


Figura 2. Produtividade potencial (PP), atingível (PA) e real (PR) nos sítios experimentais usados na calibração (SA, SB e SC) e validação (SD, SE e SF) do modelo MZA FAO, em Minas Gerais.

Os valores de IMA e seus respectivos anos de referência para os seis sítios analisados são apresentados na Figura 3. Mesmo o sítio experimental E (SE) tendo apresentado maior IMA para a PP ($IMA_{PP} = 89,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), devido à sua maior perda de IMA por deficiência hídrica entre os demais sítios ($PDH = 40,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), seu IMA para a PA ($IMA_{PA} = 48,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi menor que os demais sítios experimentais, com exceção do sítio D (SD), este com $IMA_{PA} = 37,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Essa perda de IMA por deficiência hídrica foi calculada pela diferença entre o IMA_{PP} e IMA_{PA} , ou seja, o quanto a falta de água afetou o IMA potencial de cada sítio experimental.

O sítio experimental que apresentou menor perda de IMA por deficiência hídrica foi o SC, com perda de $29,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, apresentando assim o maior valor de IMA para PA entre os demais sítios experimentais. Outro fator importante é que o sítio SC foi o que apresentou maior excedente hídrico durante todo o ciclo do eucalipto ($EXC = 3998 \text{ mm}$), enquanto que o sítio SE teve apenas 1917 mm de excedente hídrico e cerca de 3020 mm de deficiência hídrica durante todo o ciclo do eucalipto nas diferentes localidades.

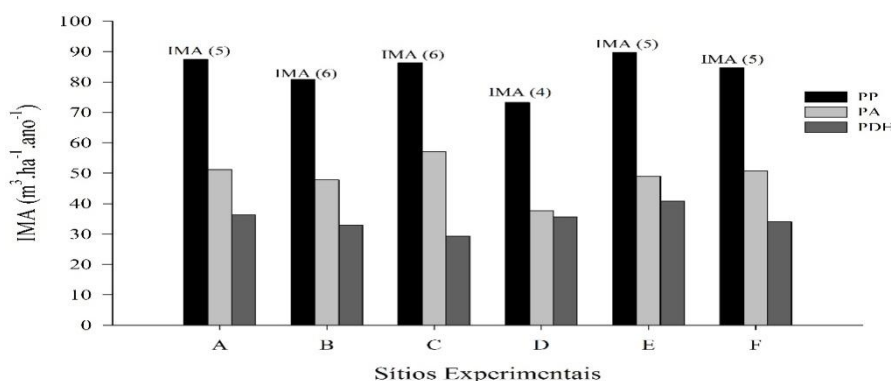


Figura 3. Incremento Médio Anual (IMA) para os sítios experimentais (A - F). Produtividade potencial (PP) e atingível (PA) e PDH = perda por deficiência hídrica ($PDH = PP - PA$). *Números entre parênteses indicam a idade (anos) do cálculo do IMA.

CONCLUSÕES

O modelo MZA-FAO apresentou bom desempenho na estimativa do crescimento e produtividade do eucalipto evidenciando a importância da calibração do modelo tanto pelos parâmetros da cultura quanto da localidade de cada sítio experimental.

A deficiência hídrica foi o fator limitante para a obtenção de maiores produtividades de eucaliptos principalmente quando ocorrida em fases mais sensíveis durante o ciclo da cultura.

REFERÊNCIAS

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário Estatístico - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas 2013: ano base 2012. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF13-BR.pdf>>. Acesso em: 1 mar. 2016.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; BOOTE, K. J. Inter-comparison of performance of soybean crop simulation models and their ensemble in southern Brazil. *Field Crops Research*, v. 200, p. 28–37, 2017.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=5930&z=t&o=29>>. Acesso em: 1 mar. 2016.

MARTINS, F. B. Modelagem e crescimento em nível de árvore individual para plantios comerciais de eucaliptos. 2011. 143f. Tese (Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MONTEIRO, L. A.; SENTELHAS, P. C. Potential and Actual Sugarcane Yields in Southern Brazil as a Function of Climate Conditions and Crop Management. *Sugar Tech*, v. 16, n. 3, p. 264–276, 2014.

STAPE, J. L. et al. The Brazil Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. *Forest Ecology and Management*, v. 259, n. 9, p. 1684–1694, 2010.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. 1. ed. Centerton: Laboratory of Climatology, 1955.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). *International Journal of Climatology*, p. 1–6, 2015.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE CARIRA-SE

Raimundo Rodrigues Gomes Filho¹, Leno Gonzaga de Souza², Igor Leonardo Nascimento Santos³, Elber Costa de Jesus⁴, Débora Thalita Brito de Oliveira⁵

¹Professor, UFS, São Cristovão, Sergipe, rrgomesfilho@hotmail.com; ²Graduando em Engenharia Agrícola, UFS, São Cristovão, Sergipe, leno_120@hotmail.com; ³ Engenheiro Agrícola, mestrando em Recursos Hídricos, UFS, São Cristovão, Sergipe, igorsantos1993@gmail.com; ⁴Graduando em Engenharia Agrícola, UFS, São Cristovão, Sergipe, elber_costa1709@hotmail.com; ⁵Graduanda em Engenharia Agrícola, UFS, São Cristovão, Sergipe, deby.thata@hotmail.com

RESUMO: A região de Carira é a segunda maior produtora de milho do estado de Sergipe, sendo a maior parte cultivada sem irrigação, o que proporciona baixa produtividade comparada com regiões que utilizam a agricultura irrigada, como por exemplo, o município de Simão Dias, maior produtor de milho do estado de Sergipe, atingindo produtividade de duas vezes mais (IBGE, 2015). A irrigação é uma alternativa para aumentar a produtividade, porém sem o manejo adequado resulta num desperdício de água e baixas produtividades. A utilização da evapotranspiração de referência (ET_o) representa um manejo bastante difundido no mundo. Entretanto, existem diversos métodos para estimá-lo. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar a ET_o pelos métodos empíricos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Linacre, e compará-los com o método de Penman-Monteith, padrão da Organização das Nações Unidas (ONU), para as condições climáticas do município de Carira, utilizando dados climatológicos da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A correlação entre os métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Linacre e o método padrão de Penman-Monteith foi realizada com base em indicadores estatísticos, a fim de se observar a precisão dada pelo coeficiente de correlação (r) que está associado ao desvio entre valores estimados e medidos indicando o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média. O método de Hargreaves-Samani teve boa correlação na estimativa da ET_o com o método de Penman-Monteith.

.PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, equações empíricas.

ESTIMATE OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION OF THE CARIRA REGION

ABSTRACT: The region of Carira is the second largest producer of maize in the state of Sergipe, most of which is cultivated without irrigation, which provides low productivity compared to regions that use irrigated agriculture, such as, the municipalities of Simão Dias, the largest producer of maize in the state of Sergipe, reaching productivity twice as high (IBGE, 2015). Irrigation is an alternative to increase productivity, but without proper management it results in wasted water and low productivity. The use of reference evapotranspiration (ET_o) represents a very widespread management in the world. However, there are several methods for estimating it. In this context, the objective of this work was to estimate the ET_o by the empirical methods of Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle and Linacre, and to compare them with the Penman-Monteith method, standard of the United Nations, for the climate conditions of the municipality of Carira, using climatological data from the

automatic meteorological station of the National Meteorological Institute (INMET). The correlation between the Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Linacre and standard Penman-Monteith methods was performed based on statistical indicators, in order to observe the precision given by the correlation coefficient (r) that is associated to the deviation between estimated and measured values indicating the degree of dispersion of the data obtained in relation to the mean. The Hargreaves-Samani method had a good correlation in the estimation of ETo with the Penman-Monteith method.

KEY-WORDS: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, empirical equations.

INTRODUÇÃO

A maior parte da produção de milho da região de Carira não é irrigada o que proporcionam baixas produtividades. A irrigação é uma alternativa para a retomada da produção na região, pois em 2013 o estado de Sergipe era o segundo maior produtor de milho da região nordeste do Brasil (IBGE, 2014).

Para a utilização da irrigação em regiões semiáridas onde os recursos hídricos são limitados, é essencial estimar as necessidades hídricas das culturas com maior precisão (SILVA et al., 2015).

A base para a correta aplicação da lâmina irrigação em determinada cultura é através da Evapotranspiração da cultura (ETc), que utiliza os dados da Evapotranspiração de referência (ETo) do local e um coeficiente da cultura (Kc) (BERNARDO et al., 2006).

A ETo pode ser calculada através de métodos diretos e indiretos (BERNARDO et al., 2006). Os métodos indiretos são calculados através de fórmulas preestabelecidas, como o de Camargo, Linacre, Hargreaves-Samani, Blaney Criddle, entre outros. O método considerado padrão é o de Penman-Monteith.

A escolha de qual método utilizar depende dos dados disponíveis no local de estudo (ARAÚJO et al., 2007). Sendo assim, os valores obtidos de ETo podem variar dependendo do método utilizado, do tamanho da série histórica e até mesmo de acordo com a precisão dos dados obtidos, podendo influenciar na determinação da lâmina de irrigação e no manejo do sistema (ARAÚJO et al., 2007).

Silva et al. (2016) verificaram para o município de Aracaju que com dados meteorológicos limitados não é recomendado estimar a ETo pelo método padrão de Penman-Monteith.

Baseado no exposto acima, este trabalho teve como objetivo estimar a evapotranspiração de referência para o município de Carira pelos métodos de Camargo, Linacre, Hargreaves-Samani, Blaney Criddle e Penman-Monteith, fazendo uma correlação com este último.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados diários de temperatura, umidade, pressão, velocidade do vento e radiação solar foram obtidos em uma estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET localizada no município de Carira – SE.

Foi utilizado o software $EToCalc$ para estimativa da ETo pelos métodos de Camargo, Linacre, Hargreaves-Samani, Blaney Criddle e Penman-Monteith. Os dados climatológicos do período de maio de 2014 a abril de 2016 foram tabulados e estimados os valores de Evapotranspiração de Referência (ETo) pelos métodos empíricos citados a seguir.

O método de Camargo (1971) foi uma simplificação do método de Thornthwaite (1948). Apresenta como vantagem a utilização apenas da temperatura média do ar e como desvantagem não considerar o poder evaporante do ar que o método original de Thornthwaite se baseia. A vantagem adicional deste método é que não há necessidade do uso de dados normais de temperatura do ar. A ETo é estimada diretamente pela seguinte equação:

$$ET_o = 0,01 Q_o T_{med} \quad (1)$$

em que: Q_o é a radiação solar extraterrestre (tabelado em função da latitude do local e do mês), expressa em mm de evaporação equivalente, T_{med} é temperatura média do período considerado, em °C.

O método de Hargreaves-Samani foi desenvolvido para as condições climáticas de clima semiárido da Califórnia em 1985. É recomendado pela FAO (ALLEN et al., 1998) como uma opção para a estimativa de ETo, quando há somente disponibilidade de dados de temperatura do ar. Não é de aplicação universal, portanto, deve ser calibrado para outras condições climáticas. Normalmente, provoca superestimativas em condições de clima úmido (ALLEN et al., 1998). Hargreaves e Samani aplicando a análise de regressão em dados diários de evapotranspiração de referência de Davis-Califórnia obtiveram a seguinte equação:

$$ET_o = 0,0023 (T_{med} + 17,8) (T_{max} - T_{min})^{0,5} R_a \quad (2)$$

em que: T_{med} , T_{max} e T_{min} , em °C, representam, respectivamente, temperaturas média, máxima e mínima e R_a é a radiação solar no topo da atmosfera ($mm\ dia^{-1}$), obtida por equação ou tabelas.

O método de Blaney Criddle foi desenvolvido para uma região semiárida do Novo México e Texas localizado no oeste dos Estados Unidos da América em 1950. Doorenbos & Pruitt (1984) propuseram a aplicação de um fator de correção, utilizando a umidade, velocidade do vento e insolação para aplicação do método em várias condições climáticas (MELO & FERNANDES, 2012). A ETo é estimada diretamente pela seguinte equação:

$$ET_o = c [(0,457 T + 8,13)P] \quad (3)$$

em que: c é o coeficiente regional de ajuste da equação (tabelado em função do brilho solar, velocidade do vento e umidade relativa mínima); T é a temperatura média mensal, em °C e P é a percentagem mensal de horas anuais de luz solar.

O método de Linacre foi originalmente testado para as condições climáticas da Austrália, é um método baseado na simplificação do método de Penman-Monteith, utilizando dados de temperaturas (máxima, mínima e ponto do orvalho) em função da latitude e altitude (MELO & FERNANDES, 2012). A equação de estimativa de ETo pelo método de Linacre (1977) é:

$$ET_o = \frac{700 \frac{(T_{med} + 0,006 z)}{(100 - \phi)} + 15(T_{med} - T_d)}{(80 - T_{med})} \quad (4)$$

O método de Penman-Monteith considera que a evapotranspiração de referência incorpora os aspectos aerodinâmico e termodinâmico, inclui na sua dedução a resistência ao fluxo de calor sensível e vapor da água (FERNANDES et al., 2011). É recomendado pelo FAO como método padrão (ALLEN et al., 1998) para estimativa da ETo, descrita pela equação:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34 U_2)} \quad (5)$$

em que: Δ é a declividade da curva de pressão de vapor de saturação, em kPa °C⁻¹; R_n é o saldo de radiação à superfície, em MJ m⁻² dia⁻¹; G é o fluxo de calor no solo, em MJ m⁻² dia⁻¹; γ é a constante psicrométrica, em kPa °C⁻¹; T é a temperatura do ar a 2 m de altura, em °C; U_2 é a velocidade do vento à altura de 2 m, em m s⁻¹; e_s é a pressão de saturação de vapor, em kPa; e_a é a pressão de vapor atual do ar, em kPa.

Para comparação e análise dos resultados foram utilizados critérios envolvendo o erro padrão de estimativa (EPE), erro padrão da estimativa ajustado (EPEa), coeficientes de ajustes das equações lineares com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), (JENSEN et al., 1990).

$$EPE = \left(\frac{\sum (Y_i - Y_m)^2}{n-1} \right)^{0,5} \quad (6)$$

$$EPE_a = \left(\frac{\sum (Y_{ic} - Y_m)^2}{n-1} \right)^{0,5} \quad (7)$$

em que: Y_i é a evapotranspiração estimada pelos métodos de Linacre, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Camargo (mm dia⁻¹), Y_m é a evapotranspiração estimada pelo método de Penman-Monteith (mm dia⁻¹), n é o número total de observações e Y_{ic} é a estimativa de ETo pelo método de Penman-Monteith, corrigida pelos coeficientes da regressão linear (mm dia⁻¹).

As correlações entre os métodos de estimativas de evapotranspiração de referência foram realizadas estatisticamente através da equação linear:

$$y = ax + b \quad (8)$$

em que: y representa a variável dependente; x a variável independente; a e b são coeficientes angular e linear da equação de regressão linear. A variável depende y corresponde aos valores estimados pelos métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Linacre, em quanto que a variável independente x corresponde aos valores obtidos pelo método padrão de Penman-Monteith.

A correlação entre os métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Linacre e o método padrão de Penman-Monteith foi realizada com base em indicadores estatísticos, a fim de se observar a precisão dada pelo coeficiente de correlação (r) que está associado ao desvio entre valores estimados e medidos indicando o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média. O coeficiente de correlação pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$r = \sqrt{\frac{\sum (Y_{est} - Y_{med})^2}{\sum (Y - Y_{med})^2}} \quad (9)$$

em que: Y_{est} representa a variável estimada; Y representa a variável observada e Y_{med} representa a média das variáveis observadas.

Os valores de coeficiente de correlação encontrados foram classificados de acordo com a metodologia de Hopkins (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação das correlações de acordo com coeficiente de correlação (r)

Coeficiente de correlação (r)	Classificação
0,0 – 0,1	Muito Baixa
0,1 – 0,3	Baixa
0,3 – 0,5	Moderada
0,5 – 0,7	Alta
0,7 – 0,9	Muito alta
0,9 – 1,0	Quase perfeita

Aplicou-se, também, o teste desenvolvido por Willmott (1985), que através de um coeficiente designado como concordância ou exatidão (d), quantifica matematicamente a dispersão dos dados em relação ao método padrão, sendo calculado pela equação:

$$d=1-\left[\frac{\sum(P_i-O_i)^2}{\sum(|P_i-O|+|O_i-O|)^2}\right] \quad (10)$$

em que: P_i é a evapotranspiração estimada pelo método testado (mm); O_i é a ETO estimada pelo método padrão (mm) e O é a média dos valores obtidos pelo método padrão (mm).

Com a correlação entre os dados e a exatidão, calculou-se o coeficiente de desempenho (c) (Tabela 2) que é determinado pelo produto do coeficiente de correlação e o de exatidão ($c = r \times d$) (CAMARGO & SENTELHAS, 1997).

Tabela 2. Valores do coeficiente de desempenho conforme CAMARGO & SENTELHAS (1997)

Valor de “c”	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 – 0,85	Muito Bom
0,66 – 0,75	Bom
0,61 – 0,65	Mediano
0,51 – 0,60	Sofrível
0,41 – 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 podem ser observadas as relações entre os valores calculados pelos métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Linacre, respectivamente, com os valores obtidos pelo método padrão de Penman-Monteith, para o município de Carira no período de maio de 2014 a abril de 2016.

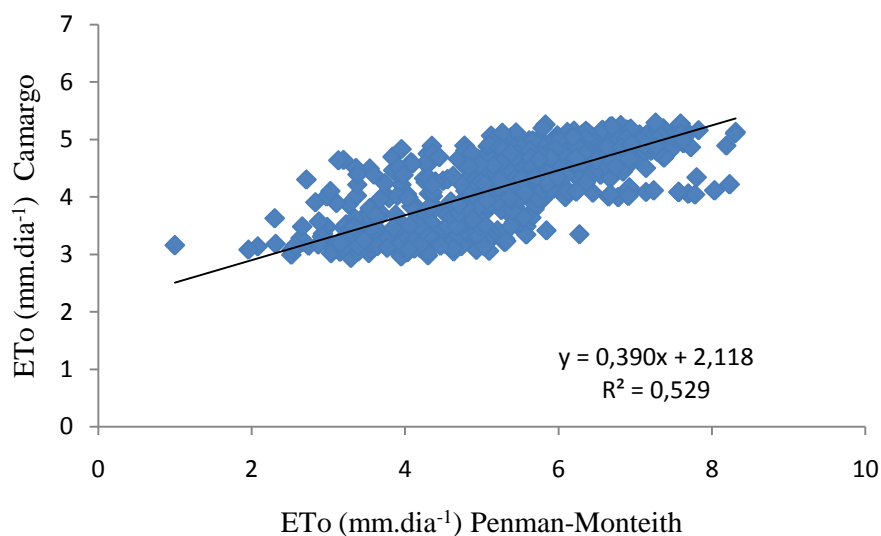


Figura 1. Relação entre os valores calculados pelo método de Camargo com os valores obtidos pelo método de Penman-Monteith para o município de Carira no período de maio de 2014 a abril de 2016.

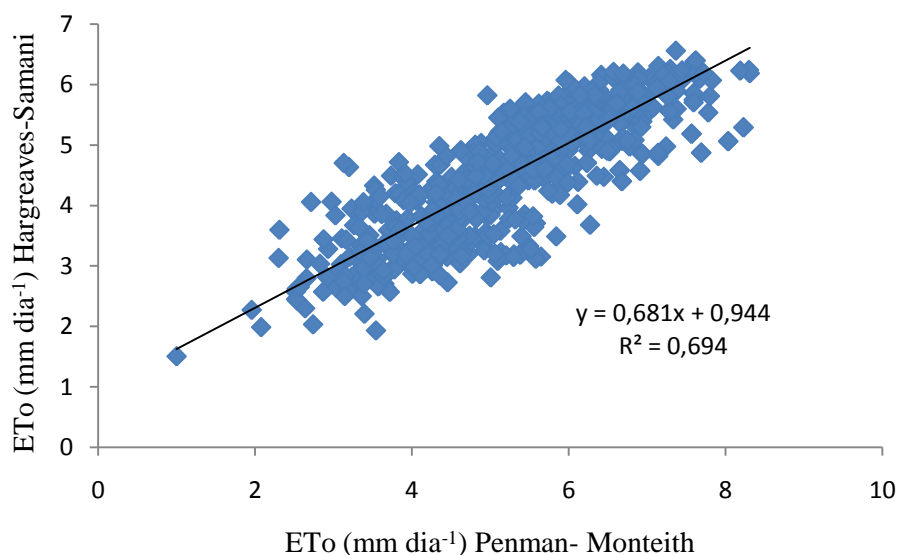


Figura 2. Relação entre os valores calculados pelo método de Hargreaves-Samani com os valores obtidos pelo método de Penman-Monteith para o município de Carira no período de maio de 2014 a abril de 2016.

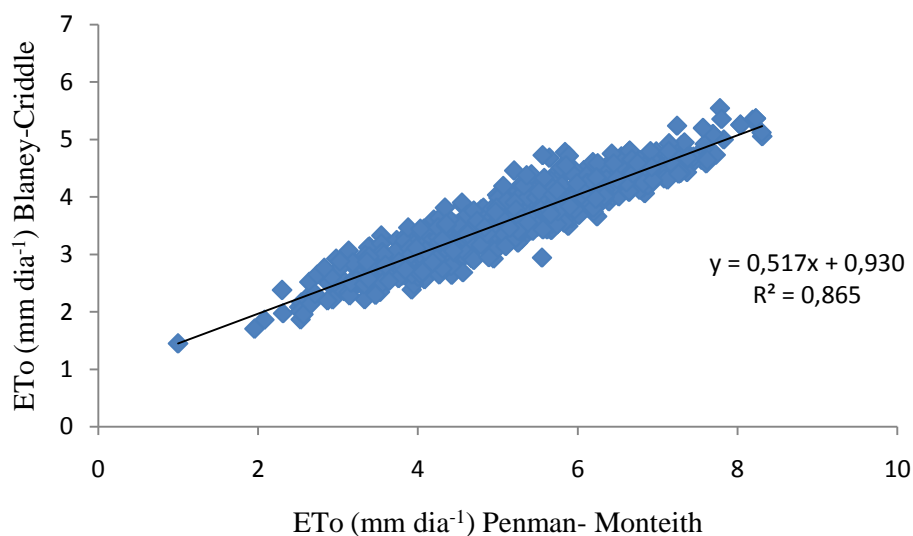


Figura 3. Relação entre os valores calculados pelo método de Blaney-Criddle com os valores obtidos pelo método de Penman-Monteith para o município de Carira no período de maio de 2014 a abril de 2016.

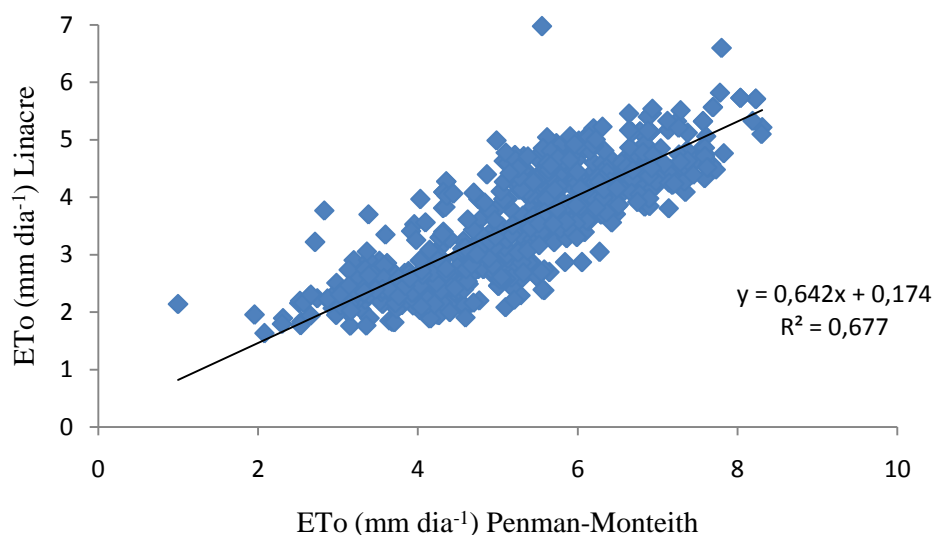


Figura 4. Relação entre os valores calculados pelo método de Linacre com os valores obtidos pelo método de Penman-Monteith para o município de Carira no período de maio de 2014 a abril de 2016.

Os valores da EPE, EPEa, d, r e c, com os métodos estudados estão relacionados na Tabela 3.

Tabela 3. Relação dos coeficientes analisados para o município Carira, utilizando dados da estação automática meteorológica automática do INMET

Métodos de Estimativas da ETo	EPE	EPEa	d	r	c
Camargo	1,45	1,40	0,64	0,73	0,46
Hargreaves & Samani	1,04	0,87	0,81	0,83	0,67
Blaney-Criddle	1,76	1,77	0,63	0,93	0,59
Linacre	1,80	1,81	0,65	0,82	0,53

Os métodos avaliados em relação à Penman-Monteith-FAO mostraram um bom desempenho de confiança para Hargreaves & Samani (1985) para a cidade de Carira, já os métodos de Camargo, Blaney-Criddle e Linacre não apresentaram resultados satisfatórios, sendo classificados como mau, sofrível e sofrível, respectivamente, de acordo com a classificação proposta por Camargo & Sentelhas (1997) (Tabela 3).

Na Tabela 3 podem ser observados que os valores de EPE, com base em valores diários de ETo, que apresentaram uma variação de 1,04 a 1,80 mm dia⁻¹, com os menores valores para o método de Hargreaves-Samani e os maiores valores para o método de Linacre.

A variação média dos valores de ETo estimados pelos diferentes métodos e corrigidos pelos coeficientes de regressão linear, foi de 0,87 a 1,81 mm dia⁻¹, com os menores valores obtidos pelo método de Hargreaves & Samani e os maiores valores pelo método de Linacre. Os valores de EPEa para o método de Hargreaves & Samani foram reduzidos, o que indica que a regressão linear melhorou o ajuste.

De acordo com a Tabela 3 e as Figuras 1, 2, 3 e 4, verificou-se uma correlação classificada como muito alta para os métodos de Camargo ($r = 0,73$), Linacre ($r = 0,82$) e Hargreaves-Samani ($r = 0,83$), e uma correlação classificada como quase perfeita para o método de Blaney-Criddle ($r = 0,93$) com os obtidos pelo método de Penman-Monteith, de acordo com a classificação da Tabela 1.

Silva et al. (2010) observaram que o método de Hargreaves-Samani para estimativa de ETo para o município de Tauá e Sobral no estado do Ceará apresentou uma correlação muito alta ($r = 0,89$) em relação ao método de Penman-Monteith, valor este, próximo do encontrado para Carira-SE ($r = 0,83$).

Para os perímetros irrigados Califórnia, Jabiberi, Jacarecica e Piauí no Estado de Sergipe, Sousa et al. (2010) estimaram a ETo com base nos métodos Tanque Classe “A”, Radiação Solar, Hargreaves-Samani e Linacre, comparando-os com o método Penman-Monteith, verificaram que os melhores desempenhos foram obtidos com os métodos que utilizam a radiação solar como elemento de entrada, entre eles, o de Hargreaves-Samani, obtendo um desempenho muito bom e coeficiente de correlação classificado como muito alto, concordando com este trabalho realizado no município de Carira-SE.

Gonçalves et al. (2009) comparando métodos de estimativas de ETo com o método padrão de Penman-Monteith para o município de Sobral no estado do Ceará, também obtiveram uma correlação classificada como muito alta ($r = 0,81$) do método de Hargreaves-Samani com o método de Penman-Monteith, semelhante ao resultado obtido para Carira-SE ($r = 0,83$).

Barros et al. (2009) avaliando a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) para a região de Seropédica, Rio de Janeiro, com os métodos de Penman-

Monteith- FAO 56 (PMF), Hargreaves-Samani (HS), Camargo (CA), Priestley-Taylor (PT), Makking (MA) e Tanque Classe A (TCA), verificaram que as melhores estimativas de ETo foram obtidas com o método de Hargreaves-Samani.

Batista et al. (2007) compararam os métodos de Penman 63, FAO-Penman corrigido, FAO radiação, Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani com o método padrão Penman-Monteith para a região de Canindé do São Francisco – SE. Verificaram que os métodos de Blaney-Criddle e FAO radiação apresentaram melhores ajustes com o método de Penman-Monteith, porém o método de Hargreaves-Samani apresentou uma correlação muito alta ($r = 0,87$), resultados semelhantes aos obtidos para Carira-SE.

Borges e Mendiondo (2007) aferiram a acurácia de seis equações empíricas (Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani, Camargo, Thornthwaite, Hamon e Kharrufa) comparadas com a equação de Penman-Monteith e verificaram que a equação de Hargreaves-Samani com coeficientes regionais apresentou índices de confiança superiores a 0,995 para a bacia do rio Jacupiranga e é recomendada devido às suas exequibilidade e simplicidade.

Oliveira et al. (2001) Avaliaram diferentes modelos de estimativa da evapotranspiração de referência e fez a comparação com o modelo Penman-Monteith, para algumas localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal, concluindo que todos os modelos apresentaram alta significância com o de Penman-Monteith, e o modelo que mais se aproximou do padrão foi o FAO-Penman, seguido pelos modelos de Hargreaves-Samani e FAO-Radiação, corroborando com o resultado obtido pelo método de Hargreaves-Samani para Carira-SE.

Observou-se que o método de Hargreaves-Samani para a região semiárida apresentou bons resultados quando comparados com o método de Penman-Monteith, porém em regiões úmidas e sub úmidas, os resultados com o método de Hargreaves-Samani não são satisfatórios, como foi observado por Tagliaferre et al. (2010) que avaliando o desempenho dos métodos empíricos Penman-modificado, Radiação Solar, Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani, Priestley-Taylor e Turc, em relação ao método padrão Penman-Monteith-FAO, para as condições climáticas do sul da Bahia, no Município de Eunápolis, cujo clima é classificado como sub úmido. Os métodos Blaney-Criddle e Radiação Solar apresentaram melhor desempenho para estimativa de ETo, em quatro escalas de tempo: diária, três, cinco e sete dias. Os métodos Priestley-Taylor e Turc subestimaram os valores de ETo obtidos pelo método padrão Penman-Monteith-FAO. O método Penman-modificado subestimou a ETo, para valores inferiores a 3 mm d^{-1} , e superestimou-a para valores maiores. O método Hargreaves-Samani se destacou como o pior método utilizado para estimar a ETo em regiões úmidas.

CONCLUSÕES

Nas condições climáticas do local de estudo, para os métodos avaliados, o método de Hargreaves-Samani apresentou um coeficiente de correlação classificado como muito alto e um bom desempenho, tendo um bom ajuste com o método padrão de Penman-Monteith e mostrando boa confiabilidade na estimativa da evapotranspiração para região de Carira-SE.

AGRADECIMENTOS

Ao programa CNPq/PIBIC da Universidade Federal de Sergipe pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO: Rome, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ARAÚJO, F. W; COSTA, A. A. S; SANTOS, A. E. dos. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Boa Vista-RR. **Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.20, n.4, p.84-88, 2007.

BARROS, V. R.; SOUZA, A. P.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. B. D. Avaliação da evapotranspiração de referência na Região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p.198-203, 2009.

BATISTA, W. R. M.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A. G. Determinação e comparação entre métodos de estimativas de evapotranspiração de referência para região de Canindé do São Francisco-SE. **Revista da FAPESSE**. v.3, n.2, p.71-76, 2007.

BERNARDO, S; SOARES, A.A; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 611 p.

BORGES, A. C.; MENDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.3, p.293-300, 2007.

CAMARGO, A. P. **Balço hídrico no Estado de São Paulo**. 3.ed. Campinas: IAC, 1971. 24p. (Boletim Técnico, 116).

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.89-97, 1997.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. **Guidelines for predicting crop water requirements**. FAO: Rome, 1984. 178p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; TAKAY, B. Y. Avaliação do método Penman-Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba - MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p.270-276, 2011.

GONÇALVES, F. M.; FEITOSA, H. de O.; CARVALHO, C. M. de; GOMES FILHO, R. R.; VALNIR JUNIOR, M. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.3, n.2, p.71-77. 2009.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2014. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 21 de abril de 2017.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2015. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 21 de abril de 2017.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. 1990. **Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements**. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70, Am. Soc. Civil Engr., New York, NY. 332 pp.

LINACRE, E. T. A simple formula for estimating evapotranspiration rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.18, n.1, p.409-424, 1977.

MELO, G. L. de; FERNANDES, A. L. T. Evaluation of empirical methods to estimate reference evapotranspiration in Uberaba, State of Minas Gerais, Brazil. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.32, n.5, p.875-888. 2012.

OLIVEIRA, L. F. C.; CARVALHO, D. F.; ROMÃO, P. de A.; CORTÊS, F. C. Estudo comparativo de modelos de estimativa da Evapotranspiração de referência para algumas localidades No estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 31(2): 121-126, 2001

SILVA, M. G.; BATISTA, L. S.; GOMES FILHO, R. R.; CARVALHO, C. M. Estimativa da evapotranspiração de referência por penman-monteith fao 56 usando dados meteorológicos limitados em Aracaju, Sergipe. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.4, p.830-840. 2016.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; CARMO, F. F.; LEDO, E. R. F.; SILVA FILHO, J. A. Estimativa da evapotranspiração de referência pela equação de Hargreaves-Samani no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v.9, n.2, p.132-141, 2015.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, J. B. ; LEDO, E. R. F. ; ARAÚJO, E. M. ; ARAÚJO, E. M. Estimativa da ETo pelos métodos de Penman-Monteith FAO 56 e Hargreaves-Samani a partir de dados de Tx e Tn para Sobral e Tauá no Ceará. **Acta Tecnológica**, v. 5, p. 52-68, 2010.

SOUSA, I. F.; SILVA, V. de P. R. da; SABINO, F. G.; NETTO, A. de O. A.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V. de. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.6, p.633-644, 2010

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, p.184-194, 1985.

RESPOSTA DO DIÂMETRO DO COLO DE ALFACE RELACIONADOS AOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS

Victor Alves Brito¹, Gabriel Siqueira Tavares Fernandes², Edivania de Araujo Lima³,
Lucas Carvalho Soares⁴, Adriana Ursulino Alves⁵

¹Graduando (a) em Engenharia Agrônômica, UFPI, Bom Jesus, Piauí, Victor03_djalves@hotmail.com; ² Bolsista de iniciação científica, UFPI, Bom Jesus, Piauí, agrogabrielt@gmail.com; ³ Professora Adjunto II, UFPI, Bom Jesus, Piauí, edivania@ufpi.edu.br; ⁴ Graduando (a) em Engenharia Agrônômica, UFPI, Bom Jesus, Piauí, lucasolisoares@hotmail.com; ⁵ Professora adjunto III, UFPI, Bom Jesus, Piauí, adrianaursulino@ufpi.edu.br

RESUMO: O diâmetro do colo é uma característica importante, quanto maior o seu valor, mais a planta apresenta vigor e robustez influenciando na sobrevivência das mudas após o plantio. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas, em Bom Jesus – PI, entre os meses de outubro e novembro de 2016. O objetivo foi realizar um acompanhamento da evolução temporal dos elementos climáticos, em ambiente protegido, nos meses de outubro e novembro, na cidade de Bom Jesus, Piauí e relacionar estes elementos ao desenvolvimento do diâmetro do colo em mudas de alface; em quatro cultivares diferentes. O diâmetro do colo foi medido utilizando-se paquímetro digital Digimess® graduado em milímetros. Os dados foram submetidos à análise de variância através do teste F, ao nível de significância de 5%. Não houve diferença significativa no diâmetro do colo nas diferentes cultivares de alface, e a cultivar Grand Rapids apresentou maior diâmetro do caule.

PALAVRAS-CHAVE: Diâmetro do colo, *Lactuca sativa*, climatologia.

ABSTRACT: The diameter of the lap is an important characteristic, the higher its value, the more vigorous and robust the plant influences the survival of the seedlings after planting. The experiment was conducted at the Federal University of Piauí (UFPI), Campus Professor Cinobelina Elvas, in Bom Jesus - PI, between October and November 2016. The objective was to monitor the temporal evolution of the climatic elements in a protected environment, in the months of October and November, in the city of Bom Jesus, Piauí, and to relate these elements to the development of the collar diameter in lettuce seedlings in four different cultivars. The diameter of the neck was measured using Digimess® digital caliper calibrated in millimeters. Data were submitted to analysis of variance through the F test, at a significance level of 5%. There was no significant difference in the diameter of the colon in the different lettuce cultivars. However, the cultivar Grand Rapids presented larger stem diameter.

KEY-WORDS: Diameter of the lap, *Lactuca sativa*, Climatology.

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família Asteracea, destaca-se como a folhosa mais cultivada e consumida no Brasil, devido a sua adaptabilidade as diferentes condições climáticas, baixo custo de produção e pouca suscetibilidade à praga e doenças (MEDEIROS et al., 2007).

Apesar dos recentes avanços tecnológicos e científicos, o clima ainda é a variável mais importante na produção agrícola, sendo essencial e determinante para o desenvolvimento de plantas, e o cultivo da alface possui limitações devido a sua

sensibilidade aos elementos climáticos como temperatura e luminosidade, que podem interferir, facilitando no desenvolvimento da planta (BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2009; SANTOS; SEABRA JÚNIOR; NUNES, 2010).

O diâmetro do colo é uma variável importante no desenvolvimento vegetal, pois, influencia na sobrevivência das mudas após o plantio (GOMES, 2001). De acordo com Taiz e Zeiger (2013) as plantas que apresentam maiores tendências à sobrevivência, são aquelas com maior diâmetro de colo, por possuir capacidade de formação e crescimento de novas raízes.

O diâmetro do caule é uma característica importante para a análise da cultura, sendo que quanto maior o seu valor, mais a planta possui vigor e robustez, ou seja, ela é mais resistente ao tombamento e ao ataque de pragas (MELO; MENDONÇA; MENDES, 2004)

Dentro deste contexto, objetivou-se identificar entre quatro diferentes cultivares de alface crespa, submetidas às condições climáticas de Bom Jesus/PI, apresenta maior diâmetro de colo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas, em Bom Jesus – PI, em ambiente protegido (telado), utilizando sombrite com malha de 50% de sombreamento, no período compreendido entre os meses de outubro e novembro de 2016. O ambiente protegido apresentou dimensão de 8 x 5 m, pé direito de 2,5 m de altura. O município de Bom Jesus (09°04'28" S; 44°21'31" W; 277 m) integra a região do Semiárido Piauiense, possui clima quente e úmido, classificado por Köppen como Awa (Tropical chuvoso com estação seca no inverno e temperatura média do mês mais quente maior que 22 °C). E precipitação média variando entre 900 a 1200 mm ano⁻¹ e temperatura média de 26,2 °C (INMET, 2016).

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, sendo os tratamentos cultivares de alface (*Lactuca sativa*), com oito repetições e duas plantas como unidade experimental. As cultivares utilizadas foram Graciela, Bruna, Brida e Grand Rapids, todas classificadas como alface tipo crespa.

As sementes de alface foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido (128 células), preenchidas com substrato comercial Balsaplant®, utilizando quatro sementes por célula, no dia 08/10/2016. As mudas foram regadas três vezes ao dia.

A temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) foram quantificadas com o auxílio de um termo-higrômetro, e o luxímetro foi utilizado para quantificar a luminosidade (lux). Todas as variáveis meteorológicas foram coletadas diariamente em três horários (8:00, 14:00 e 18:00), durante o período de 08/10/2016 a 02/11/2016, totalizando 26 dias, desde a semeadura até o momento ideal para o transplântio (mudas com quatro folhas definitivas). O diâmetro do colo foi medido utilizando-se paquímetro digital Digimess® graduado em milímetros.

Os dados foram submetidos à análise de variância através do teste F, ao nível de significância de 5%. Quando atingida a significância estatística, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (p<0,05), utilizando-se software R (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as cultivares analisadas a Grand Rapids foi a que apresentou maior diâmetro de caule (0,21 cm), seguindo pela Brida (aproximadamente 0,2 cm), sendo a

cultivar Bruna a que apresentou menor desenvolvimento (Figura 1). No entanto, não foi possível verificar diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos avaliados (Tabela 1). O maior diâmetro de colo pode ser demonstrativo de plantas mais vigorosas (SANTOS; SEABRA JÚNIOR; NUNES 2010).

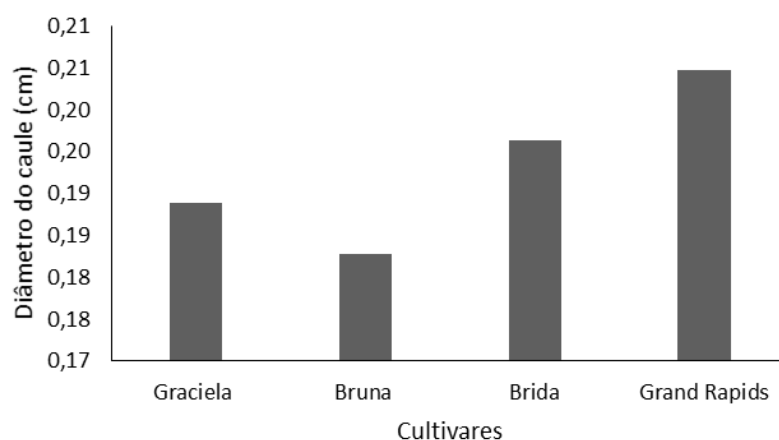


Figura 1. Diâmetro do colo de quatro cultivares crespas cultivadas em Bom Jesus / PI.

O menor diâmetro obtido pelo cultivar Bruna pode estar associado ao ciclo da mesma, que pode ser mais longo que as demais. Blat, Branco e Trani (2011) avaliando o desempenho de cultivares de alface, na primavera, obteve menor crescimento em diâmetro do colo para a cultivar Bruna, indicando menor precocidade para florescimento e maior tolerância as altas temperaturas.

Tabela 1. Análise de variância através do teste F, ao nível de significância de 5% do diâmetro do colo para diferentes cultivares de alface.

No decorrer do experimento, a temperatura do ar apresentou variação de 28 a 36°C e média de 32°C. Observa-se que as menores temperaturas foram registradas no início de outubro de 2016, a mesma situação reitera-se entre os dias 22 e 26 do mesmo mês, porém, em menor intensidade (Figura 1).

Esse comportamento da temperatura é decorrente do aumento da umidade relativa do ar (Figura 2), resultante das chuvas, registradas no período experimental, com o volume de 97,2 mm entre os dias 07 e 08 e de 25,3 mm no dia 22 do mês em

Fontes de variação	GL	QM
Tratamentos	3	0,0806 ^{NS}
Resíduo	27	0,0705
CV(%)		13,79

questão. A umidade, situou-se medianamente em torno de 39%, com variação de 31 a 55% (Figura 2).

A adaptação das cultivares de alface nas condições meteorológicas da região estudada foi dificultada, podendo ter seu desenvolvimento comprometido e expressão inadequada do seu potencial produtivo (SILVA et al., 2000), pois, os valores de temperatura

registrados no período experimental foram superiores à faixa de cultivo ótimo para as mesmas (Figura 1), que situa-se entre 15 a 18°C (BRUNINI et al., 1976), tolerando ainda, temperaturas de 30°C (DUARTE; SILVA; RIBEIRO, 1992). Em contrapartida, vale ressaltar que 88% dos registros de temperatura situaram-se próximo ao limite tolerável pelas cultivares utilizadas.

Adicionalmente, os valores registrados de umidade relativa no período experimental (31 a 55%), foram inferiores aos valores recomendados como ótimos para a cultura do alface, sendo estes variando de 60 e 80% (CERMEÑOZS,1990).

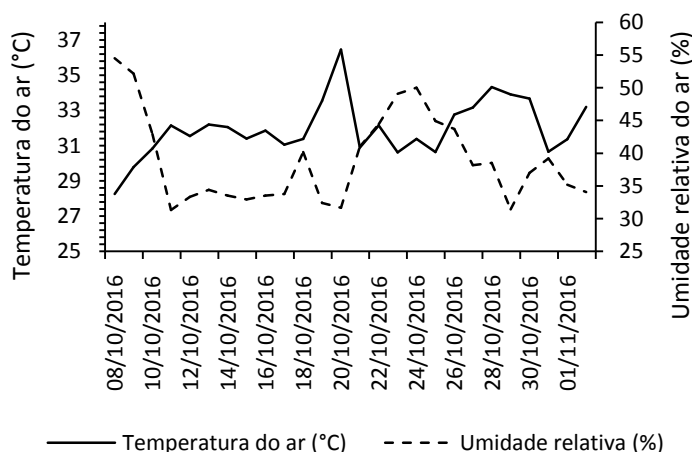


Figura 1. Evolução da temperatura do ar e umidade relativa entre os meses de outubro e novembro de 2016, Bom Jesus-PI.

CONCLUSÕES

Apesar da temperatura do ar apresentar altos valores para os padrões de desenvolvimento das cultivares de alface, em média 88% dos registros ficaram situados próximo ao limite tolerável pelas cultivares. A umidade relativa ficou abaixo dos valores recomendados como ótimos para a cultura da alface.

Não houve diferença significativa no diâmetro do colo nas diferentes cultivares de alface. No entanto, a cultivar Grand Rapids foi a que melhor se adaptou as condições climáticas da região, apresentando o maior diâmetro do caule.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí, pela concessão da bolsa de iniciação científica ao segundo autor. À empresa Hortec Ltda. pela doação das sementes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS – ABCSEM. **Folhosas, seminário nacional, Campinas-SP, 2016**, Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/O_mercado_de_folhosas__Numeros_e_Tendencias_-_Steven.pdf>. Acesso em: 20 de mar 2017.

BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; PIVETTA, K. F. L.; CAVALCANTE, Í. H. L.; CAVALCANTE, L. F.; BELLINGIERI, P. A. (2009). Soluções nutritivas no

desenvolvimento do Crisântemo cultivado em vaso. **Revista Irriga**, n.14 p. 205-219, 2009.

BLAT, S. F.; BRANCO, R. B. F.; TRANI, P. E. Desempenho de cultivares de alface em Ribeirão Preto (SP) no cultivo de primavera. **Revista Pesquisa e Tecnologia**, p. 0-9, 2011.

BRUNINI, O. et al. Temperatura-base para alface cultivar " White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Revista Bragantia**, v. 35, n. 1, p. 213-219, 1976.

CERMEÑOZS. **Estufas, instalações e manejo**. Lisboa, Litexa Editora. 355p. 1990.

DUARTE, R. L. R.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. Avaliação de cultivares de alface nos períodos chuvosos e secos em Terezina-PI. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 106-108, 1992.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de Eucalyptus grandis, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001.

MEDEIROS, D.C.; LIMA, B.A.B.; BARBOSA, M.R.; ANJOS, R.S.B.; BORGES, R.D.; CAVALCANTE NETO, J.G.; MARQUES, L.F Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Revista Horticultura Brasileira**, v.25, n.3, p.433-436, 2007.

MELO, M. G. G.; MENDONÇA, M. S.; MENDES, A. M. S. Análise morfológica de sementes, germinação e plântulas de jatobá (*Hymenaea intermedia* Ducke var. *adenotricha* (Ducke) Lee & Lang.) (Leguminosae-caesalpinioideae). **Revista Acta Amazônica**, v. 34, n. 1, p. 9-14, 2004.

SANTOS, L. L.; SEABRA JÚNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 83-93, 2010.

SILVA, V. F. et al. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 183-187, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ed. Porto Alegre: Artmed Editora S/A, 2013.

RELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS CLIMÁTICOS E ALTURA DE PLANTA DE ALFACE

Victor Alves Brito¹, Gabriel Siqueira Tavares Fernandes², Edivania de Araujo Lima³,
Poline Sena Almeida⁴, Adriana Ursulino Alves⁵

¹Graduando (a) em Engenharia Agrônômica, UFPI, Bom Jesus, Piauí,
Victor03_djalves@hotmail.com; ² Bolsista de iniciação científica, UFPI, Bom Jesus,
Piauí, agrogabrielt@gmail.com; ³ Professora Adjunto II, UFPI, Bom Jesus, Piauí,
edivania@ufpi.edu.br; ⁴ Graduando (a) em Engenharia Agrônômica, UFPI, Bom Jesus,
Piauí, poline.almeida2@hotmail.com; ⁵ Professora adjunto III, UFPI, Bom Jesus, Piauí,
adrianaursulino@ufpi.edu.br

RESUMO: Os elementos climáticos são fatores decisivos no crescimento e desenvolvimento do vegetal, podendo interferir nas mudanças das fases fenológicas da cultura. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas, em Bom Jesus – PI, entre os meses de outubro e novembro de 2016. A proposta de execução deste estudo foi analisar a evolução temporal dos elementos climáticos e sua relação com a altura de diferentes cultivares de alface, cultivados em ambiente protegido. A altura de plantas foi obtida através do uso de uma fita métrica, medindo da base do caule até a região superior. Os dados foram submetidos à análise de variância através do teste F, ao nível de significância de 5%. Foram registradas as seguintes médias dos elementos climáticos durante a fase de desenvolvimento do experimento: Temperatura (32,0°C), luminosidade (341,1lux), Umidade relativa do ar (39,3%), Radiação (638,0 $\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$). As cultivares Brida e Grand Rapids obteve menor e maior crescimento, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Altura de planta, *Lactuca sativa*, elementos climáticos.

RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE ELEMENTS AND ALFACE PLANT HEIGHT

ABSTRACT: The climatic elements are decisive factors in the growth and development of the plant, being able to interfere in the changes of the phenological phases. The present experiment was conducted at the Federal University of Piauí (UFPI), Campus Professor Cinobelina Elvas, in Bom Jesus - PI, between October and November 2016. The proposal of this study was to analyze the temporal evolution of the climatic elements and their relation with the height of different cultivars of lettuce, cultivated in protected environment, in the city of Bom Jesus - PI. The height of plants was obtained through the use of a tape measure, measuring from the base of the stem to the upper region. The data were submitted to analysis of variance through the F test, At a significance level of 5%. The following averages of the climatic elements during the development phase of the experiment were recorded: Temperature (32,0 ° C), luminosity (341,1lux), relative humidity (39,3%), Radiation (638,0 $\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$). The cultivars Brida and Grand Rapids obtained lower and higher growth respectively.

KEY-WORDS: Plant height, *Lactuca sativa*, climatic elements

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa*) pertence à família Asteraceae, é a mais conhecida das hortaliças folhosas, é cultivada praticamente em todas as regiões do globo terrestre, sendo considerada uma boa fonte de vitaminas, apresentando elevado teor de vitamina

A, além de B1 e B2, vitaminas C, cálcio, ferro e sais minerais (FERNANDES et al., 2002).

A cultura da alface possui grande capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas, fazendo com que seja a hortaliça folhosa mais produzida no país e a preferida pelos olericultores que a cultivam, seja no campo ou em ambiente protegido. Quando cultivada em épocas com elevadas temperaturas a alface tende a apresentar baixa produtividade e pendoamento precoce, tornando as folhas amargas e impróprias para o consumo (FERREIRA et al., 2009; VIANA, 2012).

A luminosidade e a temperatura do ar são fatores decisivos no crescimento e desenvolvimento do vegetal, a alface é uma planta que se adapta em ambientes com menor fluxo de radiação solar, pelo fato da intensidade da luz afetar diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, vindo a interferir na emissão de folhas e na mudança das fases fenológicas (HERMES et al., 2001; BEZERRA NETO et al., 2005).

Assim sendo, a proposta de execução deste estudo foi analisar a evolução temporal dos elementos climáticos e sua relação com a altura de diferentes cultivares de alface, cultivados em ambiente protegido.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (telado) utilizando sombrite com malha de 50% de sombreamento, na Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas, em Bom Jesus – PI, entre os meses de outubro e novembro de 2016. O ambiente protegido apresentou dimensão de 8 x 5 m, pé direito de 2,5 m de altura. O município (09°04'28'' S, 44°21'31'' W, e altitude média de 277 m), integra a região do Semiárido Piauiense, possuindo clima quente e úmido, classificado por Köppen como Awa (Tropical chuvoso com estação seca no inverno e temperatura média do mês mais quente maior que 22 °C). O município apresenta precipitação média variando de 900 a 1200 mm ano⁻¹ e temperatura média de 26,2 °C (INMET, 2016).

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, sendo os tratamentos as cultivares de alface (*Lactuca sativa*), com oito repetições e duas plantas como unidade experimental. As cultivares utilizadas foram Graciela, Bruna, Brida e Grand Rapids, todas classificadas como alface tipo crespa.

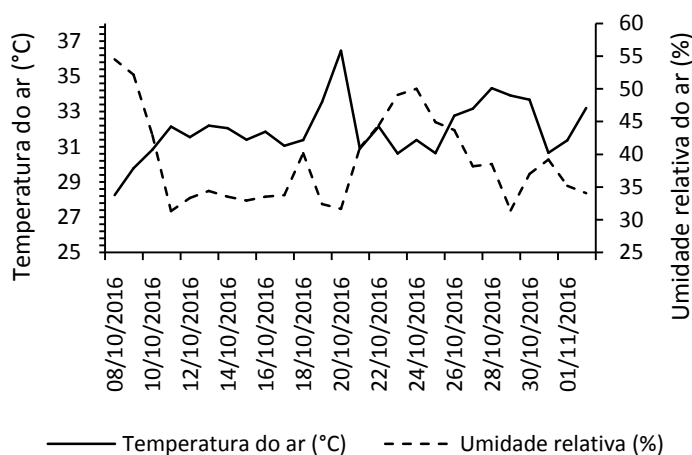
As sementes de alface foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido (128 células), preenchidas com substrato comercial Balsaplant®, utilizando quatro sementes por célula, no dia 08/10/2016, regadas três vezes ao dia.

A temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) foram quantificadas com o auxílio de um termo-higrômetro, e o luxímetro foi utilizado para quantificar a luminosidade (lux). Todas as variáveis meteorológicas foram coletadas diariamente em três horários (8:00, 14:00 e 18:00), durante o período de 08/10/2016 a 02/11/2016, totalizando 26 dias, desde a semeadura até o momento ideal para o transplântio (mudas com quatro folhas definitivas). A altura de plantas foi obtida através do uso de uma trena, medindo da base do caule até a região superior.

Os dados foram submetidos à análise de variância através do teste F, ao nível de significância de 5%. Quando atingida a significância estatística, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade (p<0,05), utilizando-se software R (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do experimento a temperatura do ar variou de 28 a 36°C e média de 32°C. As menores temperaturas registradas configuraram-se no início de outubro de 2016, a mesma situação reitera-se entre os dias 22 e 26 do mesmo mês, porém, em menor intensidade (Figura 1).



Esse comportamento da temperatura é decorrente do aumento da umidade relativa do ar (Figura 1) e do seu consequente efeito na produção de chuvas, onde foi registrado 97,2 mm de chuva entre os dias 07 e 08 e de 25,3 mm no dia 22 do mês em questão. Além disso, vale ressaltar sua atuação nos processos de absorção e reflexão da radiação solar (VIANELLO; ALVES, 2012). Esse elemento, situou-se medianamente em torno de 39%, com variação de 31 a 55% (Figura 1).

A adaptação das cultivares de alface nas condições meteorológicas da região estudada foi dificultada, podendo ter seu desenvolvimento comprometido e expressão inadequada do seu potencial produtivo (SILVA et al., 2000), pois, os valores de temperatura registrados no período experimental foram superiores à faixa de cultivo ótimo para as mesmas (Figura 1), que situa-se entre 15 a 18°C (BRUNINI et al., 1976), tolerando ainda, temperaturas de 30°C (DUARTE et al., 1992). Em contrapartida, vale ressaltar que 88% dos registros de temperatura situaram-se próximo ao limite tolerável pelas cultivares utilizadas.

Segundo Santana, Almeida e Turco (2009) quando cultivada em regiões de elevadas temperatura e luminosidade, esta hortaliça pode não desenvolver todo o seu potencial genético. É necessárias temperaturas amenas para um melhor desenvolvimento da cultura da alface, sendo consideradas as ideais entre 20 e 25°C. (MALDONADE; MATTOS; MORETTI, 2014).

A cultivar Grand Rapids (Figura 2) obteve maior crescimento, seguindo pelas cultivares Bruna e Graciela, respectivamente. A cultivar Brida foi a que apresentou menor comprimento. Podendo ser explicado pelas características genéticas do genótipo e adaptabilidade na região.



Figura 2. Alturas máximas atingidas pelas cultivares Graciela, Bruna, Brida e Grand Rapids em Bom Jesus, PI.

De acordo com Sala e Costa (2012) a cultivar Grand Rapids é o padrão varietal e referencial de alface crespa, apresentando boa produção de massa foliar e crescimento rápido, é considerada uma cultivar de ciclo precoce podendo atingir seu ponto de colheita com até 30 dias após o transplante, dependendo da época e região de cultivo. Resultados semelhantes foram obtido por Blat, Branco e Trani (2011), que estudaram o desempenho de dez cultivares diferentes de alface na primavera, onde observaram que a cultivar Grand Rapids, do grupo crespa, obteve maior precocidade expressa pelo maior comprimento do caule quando comparada com às outras cultivares.

CONCLUSÕES

Apesar das temperaturas elevadas registradas na área experimental, a cultivar Grand Rapids apresentou maior desenvolvimento em relação à altura quando comparada com as demais cultivares estudadas, mostrando sua melhor adaptabilidade às condições térmicas da região.

A Brida foi a cultivar que obteve o menor crescimento em relação as demais, podendo estar associado com as temperaturas elevadas da região.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí, pela concessão da bolsa de iniciação científica ao segundo autor. À empresa Hortec Ltda. pela doação das sementes.

REFERÊNCIAS

BEZERRA NETO, F. et al. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 189-192, 2005.

BLAT, S. F.; BRANCO, R. B. F.; TRANI, P. E. Desempenho de cultivares de alface em Ribeirão Preto (SP) no cultivo de primavera. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 105. P. 0-9, 2011.

FERNANDES, A. A. et al. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.

FERREIRA, R. L. F. et al. Combinações entre cultivares, ambientes, preparo e cobertura do solo em características agronômicas de alface. Rev. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 383-388, 2009.

HERMES, C. C. et al. Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 2, p. 269-275, 2001.

MALDONADE, I. R. MATTOS, L. M. MORETTI, C. L. **Manual de boas práticas na produção de Alface**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. 44 p. - (Documentos 141).

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

SANTANA, C. V. S.; ALMEIDA, A. C.; TURCO, S. H. N. Produção de alface roxa em ambientes sombreados na região do Submédio São Francisco-BA. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 3, p. 01-06, 2009.

VIANA, E. P. T. **Desempenho de cultivares de alface em diferentes condições ambientais**. 2012, 69 F. Dissertação (MESTRADO em Engenharia Agrícola) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINAS GRANDE, Campinas Grande, 2012.

RELAÇÃO ENTRE A RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA E RADIAÇÃO GLOBAL PARA PETROLINA - PE

Celina Cândida Ferreira Rodrigues¹, Jéssica Gomes Fontes Nery², Bernardo Barbosa da Silva³

^{1,2} Estudantes de Pós-Graduação em Meteorologia, UFCG, Campina Grande, PB,

¹candidacelina@hotmail.com; ²jessicagomesufcg@gmail.com;

³ Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, UFCG, Campina Grande, PB;
bernardo.silva@ufcg.edu.br

RESUMO: A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) está associada ao crescimento e desenvolvimento das culturas, sendo um dos principais fatores da ativação do processo de fotossíntese. O objetivo do presente trabalho foi estabelecer uma relação entre a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e a radiação global (Rg) para Petrolina-PE (latitude de 09° 04' 08" S, longitude de 40° 19' 11" W e altitude de 387 m), durante o ano de 2013. Dados de Rg (Wm^{-2}) e PAR ($\mu\text{mols s}^{-1}\text{m}^{-2}$) foram obtidas do Projeto Sonda. A análise dos dados permitiu o estabelecimento de uma equação linear para expressar a relação entre PAR (MJ m^{-2}) e Rg (MJ m^{-2}) como: $\text{PAR} = 0,4851 \text{ Rg}$ ou $\text{PAR} = 2,2315 \text{ Rg}$, para PAR ($\mu\text{mols s}^{-1}\text{m}^{-2}$) e Rg (MJ m^{-2}). Verificou-se que 97% dos dados diários estudados apresentaram relação PAR / Rg entre 0,48 e 0,53.

PALAVRAS-CHAVE: fotossíntese, regressão linear, PAR / Rg, Projeto Sonda.

RELATIONSHIP BETWEEN THE PHOTOSYNTHETICALLY ACTIVE RADIATION AND THE GLOBAL RADIATION FOR PETROLINA, PE

ABSTRACT: The photosynthetically active radiation (PAR) is associated to the growth and development of the cultures, it is being one of the main factors of the activation of the photosynthesis's process. The objective of the present work was to establish a relationship between the photosynthetically active radiation (PAR) and the global radiation (Rg) for Petrolina-PE (latitude 09 ° 04 '08 "S, 40 ° 19' 11" W longitude and altitude of 387 m) during the year 2013. Datas of the Rg (Wm^{-2}) and of the PAR ($\mu\text{mols s}^{-1} \text{m}^{-2}$) were obtained from the Sonda Project. The analysis of the data allowed the establishment of a linear equation to express the relation between PAR (MJ m^{-2}) and Rg (MJ m^{-2}) as: $\text{RFA} = 0.4851 \text{ Rg}$ or $\text{PAR} = 2.2315 \text{ Rg}$, for PAR ($\mu\text{mols s}^{-1}\text{m}^{-2}$) and Rg (MJ m^{-2}). There is a frequency of 97%, where the PAR / Rg ratio was between 0.48 and 0.53.

KEY-WORDS: photosynthesis, linear regression, PAR / Rg, Sonda Project.

INTRODUÇÃO

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) é um importante parâmetro para estudos nas áreas relacionadas à fisiologia vegetal e ciências agrárias, pois estão diretamente associadas à produção de biomassa, à morfologia e ao crescimento das

plantas (CARTER & KLINKA, 1992; ACKERLY & BAZZAZ, 1995). Vem sendo utilizadas medidas de PAR para calcular o índice de área foliar a partir da transmissão de luz do dossel (PIERCE & RUNNING, 1998; CHEN, 1996).

Segundo Galvani (2003), o intervalo espectral denominado PAR ou RFA (Photosynthetic Active Radiation ou Radiação Fotossinteticamente Ativa) tem sua importância atribuída ao limite entre o comprimento de onda de 0,4 a 0,7 μm , que vem da função que este desempenha no metabolismo vegetal.

Embora a PAR seja uma variável agrometeorológica importante as estações meteorológicas convencionais e automáticas não fazem frequentemente as suas medições. As medições de PAR podem ser realizadas através de sensores quânticos que medem a radiação solar na faixa espectral do visível ou por espectro radiômetros que medem as distintas faixas espectrais da Radiação Global (FRISINA, 2002). Alguns pesquisadores vêm desenvolvendo trabalhos com o objetivo de determinar a fração de Radiação Global (R_g) compreendida na faixa espectral do visível de 0,4 a 0,7 μm .

Com base nas séries de dados obtidos nos intervalos de tempo em diferentes regiões do globo vários pesquisadores desenvolveram equações distintas para estimar a PAR a partir da radiação solar global (R_g), encontrando assim variações sazonais na relação PAR/ R_g em diferentes escalas de tempo, necessariamente relacionadas a condições atmosféricas, como índices de umidade e nebulosidade, ou mesmo à presença de aerossóis na atmosfera (ALADOS et al., 2000; ALADOS & ALADOS-ARBOLEDAS, 1999; GOMES et al., 2003).

O objetivo desse trabalho foi estabelecer uma relação entre a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e a radiação global (R_g) para Petrolina (PE), durante o ano de 2013.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de radiação global e radiação fotossinteticamente ativa foram obtidos do Projeto Sonda, para a cidade de Petrolina - PE, referentes ao ano de 2013. As coordenadas geográficas do local de estudo são: latitude de 09° 04' 08" S, longitude de 40° 19' 11" W e altitude de 387 m. O clima da região é classificado como semiárido quente (BSH), de acordo com a classificação de Koppen, ou seja, o clima característico é seco e há excesso de evaporação comparado com a precipitação, com temperatura média anual acima de 18°C.

O Projeto Sonda disponibiliza os dados médios a cada sessenta segundos para R_g (Wm^{-2}) e PAR ($\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$). Estes dados foram integrados a fim de se obter médias diárias em MJ m^{-2} . Para a conversão de unidades fotométricas ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para unidades radiométricas (Wm^{-2}), utilizou-se o fator 4,6, ou seja, $1 \text{ Wm}^{-2} = 4,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Para se obter a relação diária de PAR / R_g e a análise de regressão linear simples, utilizou-se o Microsoft Excel. Em seguida, os dados foram submetidos a uma análise de frequência, dividida em 6 classes, utilizando-se o software BioEstat versão 5.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 pode se observar a distribuição de frequência de PAR/ R_g para todo o período analisado e como se observa as maiores proporções dos dados ficaram entre 0,48 e 0,53. Com base na análise, há uma probabilidade de 97,25 % em que a PAR represente 48 a 53 % da R_g , valores estes superiores aos encontrados por Alados et al.

(1996), Alvalá e Silva (2000) e Steidle Neto et al. (2008), mas similar aos de McCree (1966).

A análise dos dados obtidos no período de janeiro à dezembro de 2013 permitiram estabelecer a seguinte relação (Figura 1): $PAR = 0,4851 R_g + 0,3529$ com coeficiente de correlação de 0,9981. Desde que o coeficiente linear (0,3529) não difere estatisticamente de zero ao nível de significância de 5%, a relação entre PAR e R_g pode ser representada mais simplesmente por $PAR = 0,4851 R_g$ (para valores de PAR em $MJ m^{-2}$) e $PAR = 2,2315 R_g$ (para valores de PAR em $\mu mols s^{-1} m^{-2}$). Os resultados podem ser justificados devido a localização de Petrolina, por se ter uma baixa latitude, além de o ano de 2013 ter sido considerado um ano com precipitação inferior à média climática, sendo que a precipitação anual para 2013 foi de apenas 321 mm. Essa condição favorece a ocorrência de maior incidência de radiação e menor nebulosidade.

Tabela 1. Análise de frequência para a relação PAR / R_g para Petrolina - PE, 2013.

Classes	X_i	F_i	Percentual
0.48 — 0.50	0.49	30	8.24 %
0.50 — 0.51	0.50	266	72.80 %
0.51 — 0.53	0.52	59	16.21 %
0.53 — 0.54	0.54	8	2.20 %
0.54 — 0.56	0.55	0	0.00 %
0.56 — 0.58	0.57	2	0.55 %
TOTAL		365	100.00 %

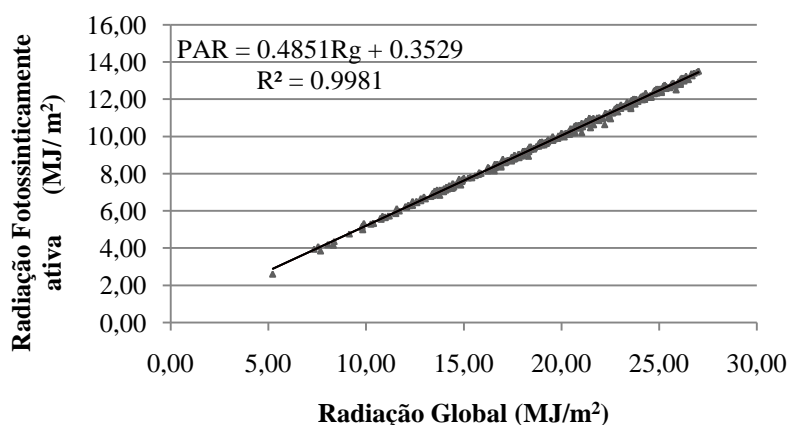


Figura 1. Relação entre PAR e R_g com dados medidos no período compreendido entre 01/01/2013 a 31/12/2013, em Petrolina - PE.

CONCLUSÕES

- A radiação fotossinteticamente ativa em $MJ m^{-2}$ corresponde 0,4851 da radiação global em $MJ m^{-2}$ ou 2,2315 para valores de PAR em $\mu mols s^{-1} m^{-2}$ e R_g em $MJ m^{-2}$.
- A relação PAR / R_g em 97,25% dos dados ficou entre 0,48 e 0,53.

- O valor de $r^2 = 0,9981$, demonstra existir uma elevada correlação entre PAR e Rg, possibilitando o uso da equação para estimativa de PAR em função de Rg para Petrolina - PE, ou regiões que apresentem condições climáticas semelhantes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq e CAPES pela concessão da Bolsa de Mestrado.

REFERÊNCIAS

ACKERLY, D.D.; BAZZAZ, F.A. Seedling crown orientation and interception of diffuse radiation in tropical forest gaps. **Ecology**, New York, v. 76, p. 1134-1146, 1995.

ALADOS, I. et al. Photosynthetically active radiation: measurements and modeling. **Agric. For. Meteorol.**, Amsterdam, v. 78, p. 121-131, 1996.

ALADOS, I., ALADOS-ARBOLEDAS, L. Direct and diffuse photosynthetically active radiation: measurements and modeling. **Agricultural and Forest meteorology**, v. 93, 1999, p.27-38.

ALADOS, I., OLMO, F.J., FOYO-MORENO, I., ALADOS-ARBOLEDAS, L. Estimation of photosynthetically active radiation under cloudy conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.102, 2000, p.39-50.

ALVALÁ, R.C.S.; SILVA, F.W.C. Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância de onda curta em área de policultivo na Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000. (Editado em CD-ROM).

CARTER, R.E.; KLINKA, K. Variation in shade tolerance of Douglas-fir, western hemlock, and western red cedar in coastal British Columbia. **For. Ecol. Manag.**, Amsterdam, v. 55, p. 87-105, 1992.

CHEN, J. M. Optically-based methods for measuring seasonal variation of leaf area index in boreal conifer stands. **Agricultural and Forest Meteorology**, 80, 135-163, 1996.

FRISINA, V. A. Modelagem das radiações global, difusa e fotossinteticamente ativa em ambiente protegido e suas relações com o crescimento e produtividade da cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.). Botucatu: UNESP, 2002. 177p. **Tese Doutorado**.

GALVANI, E. ; SILVA, Maria Elisa Siqueira ; GUILLAMUON, Hans Christoph Dechant . Radiação Fotossinteticamente Ativa (rfa/par) versus radiação solar global em São Paulo, SP.. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza. XIII CBMET. Fortaleza - CE : **Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, 2004. v. 1. p. 1-10.

GOMES, E.N., ESCOBEDO, J.F., ANGELA. R. Estimativa diária da radiação fotossinteticamente ativa global, direta e difusa. . In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13, 2003, Santa Maria, RS. Editado em CD-ROM.

McCREE, K.J. A solarimeter for measuring photosynthetically active radiation. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 3, p. 353-366, 1966.

PIERCE, L. L., RUNNING, S. W. Rapid estimation of coniferous forest area index using a portable integrating radiometer. **Ecology**, 69, 1762-1767, 1988.

STEIDLE NETO, Antonio J. et al. Razão entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global no cultivo do tomateiro em casa-de-vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande , v. 12, n. 6, p. 626-631, 2008.

ESTIMATIVA E VALIDAÇÃO DA RADIAÇÃO GLOBAL PARA LAVRAS/MG, UTILIZANDO DIFERENTES MODELOS EMPÍRICOS E MECANÍSTICOS

Ana Flávia M. MONTEIRO¹, Fabrina B. MARTINS¹

¹Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais, Itajubá/MG
martiinsanaa@gmail.com, fabrinabm@gmail.com

RESUMO: A radiação global é uma variável de entrada importante em modelos de produtividade. No entanto, o registro dessa variável é realizado por instrumentos presentes nas estações meteorológicas automáticas os quais apresentam alto custo de manutenção e calibração, sendo necessária a estimativa. O objetivo deste trabalho foi ajustar e validar quatro diferentes modelos empíricos para estimar a radiação global para a cidade de Lavras/MG. Foram coletados dados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) e da plataforma do Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA), no período de 1999 à 2016. O modelo mais preciso para a estimativa da radiação global para a cidade de Lavras/MG foi o de Chen et al. (Ch_1), seguido de Chen et al. (Ch_2), Hargreaves e Samani (H-S) e, por fim, o de Al-Salaymeh (Al), com um índice 'c' considerado péssimo.

PALAVRAS-CHAVE: *Estatísticas, Chen et al., Hargreaves e Samani, Al-Salaymeh.*

ESTIMATION AND VALIDATION OF GLOBAL RADIATION FOR LAVRAS/MG, USING DIFFERENT EMPIRICAL AND MECHANISTIC MODELS

ABSTRACT: The global radiation is an important input variable in crop productivity models. However, the recording of this variable is performed by instruments present in the automatic meteorological stations, which present a high cost of maintenance and calibration, being necessary the estimation. The objective of this work was to adjust and validate four different empirical models to estimate global solar radiation for Lavras/MG. Data were collected from the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP) and platform of the Integrated Environmental Data System (SINDA), in the period of 1999 to 2016. The most accurate model for the estimation of global radiation for the city of Lavras/MG was that of Chen et al. (Ch_1), after of Chen et al. (Ch_2), Hargreaves and Samani (H-S) e, lastly, of Al-Salaymeh (Al), with a 'c' index considered very poor.

KEY-WORDS: *Statistics, Chen et al., Hargreaves and Samani, Al-Salaymeh.*

INTRODUÇÃO

A radiação global está presente nos processos atmosféricos e terrestres, atuando na fotossíntese, evapotranspiração e, conseqüentemente, no crescimento e desenvolvimento de culturas agrícolas e florestais (PEREIRA et al., 2002). Apesar de ser uma variável meteorológica importante, a disponibilidade desses dados é limitada, principalmente devido ao alto custo na manutenção e calibração dos equipamentos que fazem essas medições. Deste modo, utilizam-se modelos empíricos e mecanísticos para estimar a radiação global a partir de variáveis de fácil obtenção.

Para melhor estimativa da radiação global, os modelos devem ser ajustados e calibrados para cada região específica (BURIOL et al., 2012). Portanto, este estudo tem

objetivo de ajustar e validar diferentes modelos empíricos e mecanísticos para estimar a radiação global na cidade de Lavras/MG a partir de dados obtidos em estações meteorológicas de superfície.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se dados diários de temperatura máxima e mínima do ar ($T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$; °C) obtidos do BDMEP e radiação global (H ; $\text{Mj m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) obtido do SINDA, para a cidade de Lavras/MG ($21^{\circ}14'42''\text{S}$, 45°O , 919m) no período de 1999 à 2016.

Os dados foram submetidos à avaliação de consistência com base nos critérios de eliminação propostos por Liu et al. (2009): a) dados ausentes para qualquer um dos elementos; b) $T_{\text{máx}} \leq T_{\text{mín}}$; c) $H/H_0 > 1$. Os anos de 1999 à 2010 foram utilizados para o ajuste, e os anos de 2011 à 2016 foram utilizados para validação do desempenho dos modelos.

O ajuste dos modelos (Tabela 1) foi realizado utilizando o *software Statistica* (STATSOFT, 2008), pelo procedimento *nonlinear estimation*, considerando o método dos quadrados mínimos pela aproximação de Gauss-Newton. Para avaliar o ajuste dos modelos (1999-2010) foram utilizadas as estatísticas: erro médio do modelo (RQME), tendência do modelo (BIAS), coeficiente de correlação de Pearson (r), concordância do modelo (d) e o desempenho do modelo (c). Para validar os modelos (2011-2016) foram utilizadas as estatísticas: RQME, BIAS e r .

Tabela 1. Modelos utilizados para estimar a radiação global em Lavras (1999-2016).

Modelos	Equações	Coefficientes	Fonte
H-S	$H = H_0 [b_0(T_{\text{max}} - T_{\text{min}})^{\frac{1}{2}}]$	1	Hargreaves e Samani (1982)
Al	$H = b_0 + b_1 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{b_2} NDA + b_3\right)$	4	Al-Salaymeh (2006)
Ch_1	$H = [b_0 \cdot (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})^{\frac{1}{2}} + b_1] \cdot H_0$	2	Chen et al. (2004)
Ch_2	$H = (b_0 \cdot \ln[T_{\text{max}} - T_{\text{min}}] + b_1) \cdot H_0$	2	Chen et al. (2004)

Em que: H é a radiação global ($\text{Mj m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); H_0 é a radiação solar incidente no topo da atmosfera ($\text{Mj m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); T_{max} é a temperatura máxima do ar (°C); T_{min} é a temperatura mínima do ar (°C); b_0 , b_1 , b_2 , b_3 são os coeficientes de calibração dos modelos (adimensionais).

O RQME representa o erro médio do modelo: $RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{n}}$.

O índice BIAS avalia a tendência do modelo: $BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n E_i - \sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n O_i}$.

O coeficiente de correlação de Pearson determina o grau de associação entre os valores estimados e observados: $r = \frac{\sum (E_i - \bar{E})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum (E_i - \bar{E})^2 \sum (O_i - \bar{O})^2}}$.

O índice 'd' representa o quanto os valores simulados estão livres de erro: $d = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{E}|)^2} \right)$.

O índice 'c' foi obtido pelo produto entre 'r' e 'd', classificando o desempenho do modelo (>0,85: ótimo; 0,76 a 0,85: muito bom; 0,66 a 0,75: bom; 0,61 a 0,65:

moderado; 0,51 a 0,60: fraco; 0,41 a 0,50: muito fraco e $\leq 0,40$: péssimo) (CAMARGO e SENTELHAS, 1997).

Sendo E_i os dados simulados pelos modelos e \bar{E} a média dos valores simulados, O_i os dados registrados e \bar{O} a média dos valores registrados pela estação meteorológica de Lavras e n representa a quantidade de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta as estatísticas do ajuste e os valores dos coeficientes para os quatro modelos testados para Lavras/MG.

Tabela 2. Ajustes para cada modelo de estimativa da radiação global (1999-2010) para Lavras/MG.

Modelos	RQME	BIAS	r	d	c	b0	b1	b2	b3
H-S	4,0772	0,0069	0,7053	0,7816	0,5512	0,1543*	-	-	-
Al	5,6880	-6,7E-5	0,0163	0,0241	0,0004	9,7734 ^{ns}	12,9073 ^{ns}	0,1*	157,6672 ^{ns}
Ch_1	3,6371	-0,0033	0,7699	0,8649	0,6659	0,2594*	-0,3623*	-	-
Ch_2	3,7114	-0,0047	0,7598	0,8595	0,6530	0,3883*	-0,4211*	-	-

* Valores significativos pelo teste t ($\alpha=0,05$). ^{ns} Valores não significativos pelo teste t ($\alpha=0,05$).

Considerando o índice ‘c’, o qual classifica a qualidade dos modelos, verifica que o *Ch_1* é classificado como bom, apresentando, também, maior valor de ‘r’ (0,7699), e ‘d’ (0,8649), sendo considerado o melhor modelo para estimar a radiação global para Lavras. O pior modelo foi o *Al*, classificado como péssimo pelo índice ‘c’. Além disso, o *Al* apresenta coeficientes não significativos pelo teste ‘t’ e os piores resultados estatísticos. Os demais modelos *H-S* e *Ch_2* são classificados como fraco e moderado, respectivamente.

A Tabela 3 apresenta as estatísticas da validação para os quatro modelos testados para Lavras/MG.

Tabela 3. Estatísticas para validação de cada modelo de estimativa da radiação global (2011-2016) para Lavras/MG.

Modelos	RQME	BIAS	r
H-S	5,0924	0,0428	0,5321
Al	12,7904	-0,4072	0,0032
Ch_1	4,7191	0,0146	0,6275
Ch_2	4,8532	0,0187	0,6124

As estatísticas para validação demonstram que o modelo *Ch_1* é o que apresentou melhor ajuste e validação para Lavras. Concomitantemente, apresenta uma melhor associação entre os dados simulados e observados (‘r’), sendo o menos tendencioso (menor valor de BIAS), apresentando um menor erro médio (RQME) e os valores estimados e observados encontram-se próximos a linha 1:1 (Figura 1). Mesmo assim, há uma pequena tendência em superestimar a radiação nos valores entre 5 a 10

$\text{Mj m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e subestimar acima de $30 \text{ Mj m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 1). O modelo *Al* apresentou péssimo ajuste e validação, com valores simulados constantes a partir de $20 \text{ Mj m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 1). Os modelos *H-S* e *Ch_2* apresentaram uma classificação intermediária. Além disso, ambos superestimaram os menores valores de ‘H’ e subestimam os maiores valores de ‘H’, o que não é considerado apropriado.

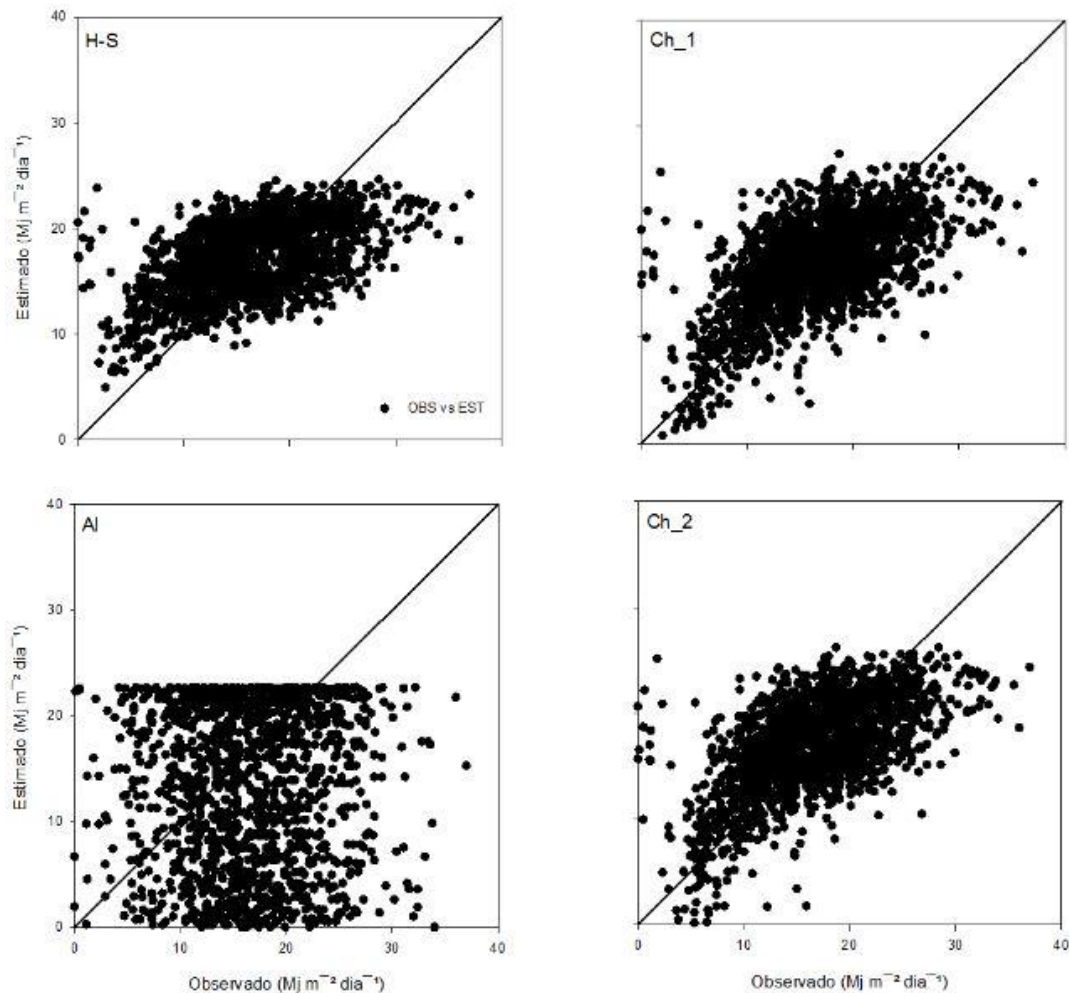


Figura 1. Radiação global observada versus simulada pelo modelos *H-S*, *Al*, *Ch_1* e *Ch_2* para Lavras/MG (2011/2016).

O presente trabalho obteve resultado semelhante ao encontrado por SILVA et al. (2012), para o noroeste de Minas Gerais, no qual o modelo *Ch_1* apresentou o melhor desempenho com ‘r’ de 0,58 e ‘d’ acima de 0,85. Em contrapartida, de acordo com o estudo de LI et al. (2010), o modelo *Al* apresenta uma acurácia alta para as condições geográficas e climáticas da China. ALMOROX et al. (2011) obteve um bom desempenho do modelo *H-S* para Madrid/Espanha, o autor afirmou que esse modelo pode ser usado para estimar a radiação global quando se dispõe somente de dados de temperatura e quando os modelos não podem ser calibrados para as condições climáticas locais. Portanto, uma das vantagens dos modelos baseados em temperatura do ar para estimar a radiação global consiste na praticidade de se obter esses dados meteorológicos.

CONCLUSÕES

O modelo mais preciso na estimativa e na validação da radiação global para a cidade de Lavras/MG é o Chen et al. (*Ch_1*, 2004), o qual considera temperatura máxima e mínima do ar como variáveis de entrada, seguido de Chen et al. (*Ch_2*, 2004) e Hargreaves e Samani (*H-S*, 1982). O modelo Al-Salaymeh (*Al*, 2006) foi considerado péssimo para a estimativa da radiação global.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo apoio financeiro concedido aos autores.

REFERÊNCIAS

- AL-SALAYMEH, A. Model for the prediction of global daily solar radiation on horizontal surfaces for Amman city. **Emirates Journal for Engineering Research**. v.11, n.1, p.49-56, 2006.
- ALMOROX, J.; HONTORIA, C.; BENITO, B. Models for obtaining daily global solar radiation with measured air temperature data in Madrid (Spain). **Applied Energy**. v.88, p.1703-1709, 2011.
- BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; HELDWEIN A. B.; PRESTES, S. D.; HORN, J. F. C. Estimativa da radiação solar global a partir dos dados de insolação, para Santa Maria – RS. **Ciência Rural, Santa Maria**. v.42, n.9, p.1563-1567, 2012.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- CHEN, R. S. et al. Validation of five global radiation models with measured daily data in China. **Energy Conversion and Management**. v.45, p.1759-1769, 2004.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Estimating potential evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. v.108, n.3, p.223-230, 1982.
- LI, H.; MA, W.; LIAN, Y.; WANG, X. Estimating daily global solar radiation by day of year in China. **Applied Energy**. v.87, p.3011-3017, 2010.
- LIU, X.; MEI, X.; LI, Y.; ZHANG, Y.; WANG, Q.; JENSEN, J. R.; PORTER, J. R. Calibration of the Angstrom-Prescott coefficients (a, b) under different time scales and their impacts in estimating global solar radiation in the Yellow River basin. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.149, p.697-710, 2009.
- PEREIRA, A. B.; VRISMAN, A. L.; GALVANI, E. Estimativa da radiação solar global diária em função do potencial de energia solar na superfície do solo. **Scientia Agricola**. v.59, n.2, p.211-216, 2002.
- SILVA, V. J. da.; SILVA, C. R. da.; FINZI, R. R.; DIAS, N, da, S. Métodos para estimar radiação solar na região noroeste de Minas Gerais. **Ciência Rural, Santa Maria**. v.42, n.2, p.276-282, 2012.
- STATSOFT INC. **Statistica**: data analysis software system, version 8. 2008.

ESTIMATIVA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO PARA O MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM – BA

Pedro Vieira de Azevedo¹, Telma Bezerra Alves²

¹Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, pvdeazevedo@gmail.com; ²Geógrafa, Instituto Federal de Alagoas, Coruripe, AL, telmalucix@hotmail.com.

RESUMO: Este trabalho utilizou valores médios mensais de pluviometria e temperatura do ar para estimar o balanço hídrico climático para o município de Senhor do Bonfim – BA. A aplicação do método de Thornthwaite & Matter (1955), permitiu a obtenção dos índices climáticos: índice de umidade (Iu), índice de aridez (Ia) e índice hídrico (Ih), com os quais foi possível identificar áreas climaticamente favoráveis à exploração agrícola do município de Senhor do Bonfim, além do melhor planejamento do uso dos recursos hídricos disponíveis. Os resultados permitiram concluir que o município de Senhor do Bonfim – BA apresenta déficit hídrico em todos os meses do ano e uma susceptibilidade à degradação das terras (desertificação) em função do índice de aridez classificado como moderado.

PALAVRAS-CHAVE: Índices climáticos, déficit hídrico, excedente hídrico.

ESTIMATE OF THE CLIMATE WATER BALANCE FOR THE MUNICIPALITY OF SENHOR DO BONFIM - BA

ABSTRACT: This work used monthly mean values of rainfall and temperature to estimate the climatic water balance for the municipality of Senhor do Bonfim - Bahia. The application of the method of Thornthwaite & Matter (1955) allowed obtaining the climatic indexes: moisture index (Iu), aridity index (Ia) and humidity index (Ih), with which it was possible to identify climatically favorable areas for agricultural exploration in the municipality of Senhor do Bonfim, Bahia State, besides the best planning of the use of available water resources. The results allowed to conclude that the municipality of Senhor do Bonfim has water deficit in all months of the year and a susceptibility to land degradation (desertification) due to the aridity index classified as moderate.

KEY-WORDS: Climate indices, water deficit, water surplus.

INTRODUÇÃO

Para se estimar a real disponibilidade de água em qualquer região e em particular na região semiárida, onde o problema do déficit hídrico provoca grandes impactos sociais, não basta apenas que se conheça o regime pluvial, mas é necessário, também, a realização do balanço hídrico climático. Assim, contabilizando-se a chuva (entrada), e a evapotranspiração (saída), tem-se o balanço hídrico, que permite caracterizar as condições de umidade e do clima de uma determinada região. Na escala macro, o “balanço hídrico” é o próprio “ciclo hidrológico” (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Como produto do balanço hídrico climático de Thornthwaite & Matter (1955), apresentam-se os índices climáticos: o índice de umidade (Iu), que representa a relação percentual entre o excesso anual de água e a evapotranspiração potencial anual; o índice

de aridez (Ia) que expressa à deficiência hídrica em percentagem da evapotranspiração potencial anual e o índice hídrico (Ih) que relaciona os dois índices já citados. Por meio do balanço hídrico é possível identificar áreas climaticamente favoráveis à exploração de uma determinada cultura. Destaca-se que o município de Senhor do Bonfim apresenta elevada produção agrícola, sendo relevante conhecer o regime climático da região. Além das atividades agrícolas, o conhecimento climático favorece um melhor planejamento do uso dos recursos hídricos disponíveis. Assim, o objetivo desse estudo foi realizar o balanço hídrico climático para a localidade de Senhor do Bonfim – BA.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Senhor do Bonfim (Figura 1) está localizado na porção norte do Estado da Bahia (10°48'86'' S e 40°10'50'' O, altitude média 544 m). A cidade está localizada na Cordilheira do Espinhaço, extensão da Chapada Diamantina, sendo que sua localização favorece a produção agrícola nos vales da cordilheira.



Figura 1: Localização do município de Senhor do Bonfim - BA

Foram utilizados dados mensais de temperatura do ar e precipitação pluvial. Tanto os dados de temperatura do ar quanto de precipitação pluvial correspondem ao período de 1912-2013 foram obtidos junto a Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Para estimar os fluxos de entrada e saída de água da superfície para a atmosfera foi utilizada a equação geral simplificada do balanço hídrico climatológico:

$$Pr - ETo = \Delta ARM \quad (1)$$

em que: Pr é a precipitação pluvial média, em mm; ETo a Evapotranspiração potencial (referência), em mm, estimada pelo método de Thornthwaite (1948); ΔARM = variação de armazenamento, em mm.

A evapotranspiração potencial (referência) mensal foi calculada em função da temperatura média do ar e da duração efetiva do dia (insolação máxima teoricamente possível). O método estabelece um índice mensal de calor obtido pela expressão:

$$i_j = \left(\frac{\overline{T_j}}{5} \right)^{1.514} \quad (2)$$

em que i_j e T_j são, respectivamente, o índice térmico e a temperatura média mensal do mês j em °C. O índice térmico anual é dado pelo somatório de i_j ($j = 1, 2, \dots, 12$) ou seja:

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j \quad (3)$$

A evapotranspiração potencial em mm mês^{-1} foi obtida pelo método de Thornthwaite, segundo Pereira (2005):

$$ET_o(T)_j = 0,533 * F_j \left(\frac{10 * \overline{T}_j}{I} \right)^a \quad (4)$$

onde: $ET_o(T)_j$ é a evapotranspiração de referência (mm mês^{-1}) do mês j ; F_j é um fator de correção que varia com a latitude, dado por:

$$F_j = D_j N_j / 12 \quad (5)$$

sendo que: D_j é o número de dias do mês j e N_j é a duração efetiva do dia 15 do mês j . O expoente a da equação 4 é uma função cúbica do índice anual de calor, dado por:

$$a = 6,75 * 10^{-7} I^3 - 7,71 * 10^{-5} * I^2 + 1,79 * 10^{-2} * I + 0,49 \quad (6)$$

em que I é o índice térmico anual.

O índice de aridez foi utilizado como base para a obtenção do grau de susceptibilidade à degradação das terras (desertificação) (Tabela 1). Para uma profundidade de armazenamento máximo de água do solo ($ARM = 50 \text{ mm}$), o índice de aridez (I_a) foi obtido como (Pereira, 2005):

$$I_a = 100 \left(\frac{D_A}{ET_{oA}} \right) \quad (7)$$

onde: D_A é o déficit anual de água (mm) e ET_{oA} a evapotranspiração de referência anual (mm).

Tabela 1: Níveis de susceptibilidade à degradação das terras (desertificação), em função do índice de aridez (ALMEIDA; MARINHO, 2014).. 1:

Índices de aridez (I_a)	Estado da aridez	Susceptibilidade das terras
$I_a > 0,85$	Hiper árido	Muito alta
$0,61 < I_a \leq 0,85$	Árido	Alta
$0,31 < I_a \leq 0,60$	Semiárido	Moderada
$0,07 \leq I_a \leq 0,30$	Subúmido e seco	Baixa
$I_a < 0,07$	Úmido	Muito baixa

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O balanço hídrico climático está apresentado na Tabela 2. Observou-se que a temperatura do ar variou de 20,9 a 25,3°C. O mês mais chuvoso correspondeu a março (103,5 mm) e a evapotranspiração potencial foi mais elevada em dezembro (135,9 mm). Os valores anuais da Evapotranspiração potencial foram superiores aos valores da precipitação pluvial em praticamente todos os meses, resultando em deficiência hídrica conforme Figura 2.

Tabela 2: Balanço Hídrico Climático para a localidade de Senhor do Bonfim - BA

Meses	Temp	ETP	P	P-ETP	ARM	ALT	ETr	DEF	EXC
-------	------	-----	---	-------	-----	-----	-----	-----	-----

	°C	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Jan	25,0	130,8	79,4	-51	0	0	79	51	0
Fev	25,0	114,2	84,7	-29	0	0	85	29	0
Mar	24,7	116,6	103,5	-13	0	0	104	13	0
Abr	23,6	94,3	97,5	3	3	3	101	0	0
Mai	23,4	90,9	83,1	-8	2	4	87	4	0
Jun	21,9	71,7	67,0	-5	1	-5	62	10	0
Jul	20,9	64,7	63,7	-1	1	0	63	1	0
Ago	21,5	73,6	42,7	-31	0	-1	42	32	0
Set	22,9	88,8	26,8	-62	0	0	27	62	0
Out	24,7	119,1	34,0	-85	0	0	34	85	0
Nov	25,0	125,5	72,1	-53	0	0	72	53	0
Dez	25,3	135,9	88,1	-48	0	0	88	48	0
Ano	23,7	1226	843	-383		0	843	390	0

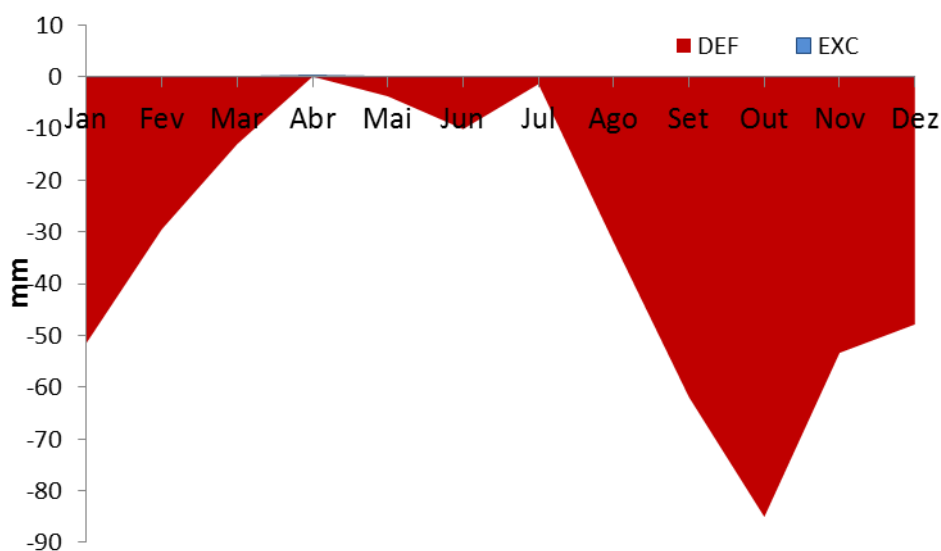


Figura 2. Extrato do balanço hídrico climático para o município de Senhor do Bonfim - BA

Os índices de umidade, hídrico e de aridez obtidos foram: -19, 8 e 32, respectivamente. De acordo com a Tabela 1, a susceptibilidade à degradação das terras (desertificação) em função do índice de aridez para o município, pode ser classificada como Moderada.

CONCLUSÕES

O município de Senhor do Bonfim – BA apresenta déficit hídrico em todos os meses do ano e o índice de aridez permite uma classificação moderada em relação a susceptibilidade a degradação das terras.

REFERÊNCIAS

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n.1, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, N. J.: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, publications in Climatology. v. 8, n. 1, 1955. 104 p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital, 2 ed. Recife, 2006. 449 p.

ALMEIDA, H. A.; MARINHO, C. F. E. Morfometria do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e indicadores hídricos de susceptibilidade a erosão e à desertificação. In.: SILVA, B. B. da. **Aplicações ambientais brasileiras com geoprocessamento e sensoriamento remoto**. EDUFPG, 2013. 216 p.

FREQUÊNCIAS DE VERANICOS NO OESTE DO PARANÁ DURANTE O CICLO DA SOJA

Luiz Gustavo Batista Ferreira¹, Paulo Henrique Caramori², Heverly Morais³; Pablo Ricardo Nitsche⁴

¹ MSc, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná, luiz.gustavo@agronomo.eng.br; ² Pesquisador, Dr, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná, phcaramori@gmail.com; ³ Pesquisadora, Dra, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná, heverlymorais@gmail.com; ⁴ MSc, Pesquisador, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná, pablonitsche@gmail.com

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi determinar a ocorrência de veranicos na região Oeste do Paraná, durante o ciclo da cultura da soja (*Glycine max*). Foram utilizados dados provenientes de oito estações pluviométricas do Instituto das Águas do Paraná, localizadas em oito municípios da região Oeste do Paraná. A série histórica dos dados compreendeu de 1977 a 2015. Os resultados mostraram variação de ocorrência de veranicos entre 0 a 20 % para os municípios em estudo, sendo o mês de novembro o que apresentou maiores frequências, entre 15 a 20 %, o que confere maior risco de frustração de safra para a lavoura de soja, uma vez que a mesma está nos estádios críticos de florescimento e início de enchimento de grãos nesta época. O mês de janeiro apresentou ocorrência entre 10 a 20 % na segunda quinzena, porém, nesse período a soja em geral se encontra em maturação fisiológica. Já outubro e dezembro são os meses que apresentaram menores ocorrências de estiagens. Concluiu-se que o mês de novembro é o que apresenta maior risco de ocorrência de veranicos, enquanto outubro e dezembro possuem maior regularidade nas chuvas.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*. Risco climático. Frustração de safra

FREQUENCIES OF DRY SPELLS IN THE WEST OF PARANÁ DURING THE SOYBEAN CYCLE

ABSTRACT: The objective of this work was to determine the occurrence of dry spells in the western region of Paraná, Brazil, during the cycle of soybean (*Glycine max*). Data analyzed were from eight meteorological stations of the Parana State Water Institute located in eight municipalities in the western region. The historical data series comprised from 1977 to 2015. The results showed variation of occurrences of dry spells between 0 and 20 % for the municipalities under study, with November having the highest frequencies, between 15 and 20 %, which confers risk of crop failure for soybean cultivation, since it is at the critical stages of flowering and beginning of grain filling at this time. The month of January presented an occurrence of 10 to 20 % in the second fortnight, but in this period, the soybean is mostly in physiological maturation. The months of October and December are those with the lowest dry spells occurrences. It was concluded that November presents the highest risk of occurrence of dry spells, while October and December present higher regularity of rainfall.

KEY-WORDS: *Glycine max*. Climatic risk. Crop frustration.

INTRODUÇÃO

O estado do Paraná, localizado na região Sul do Brasil, entre os paralelos 22° e 24° S, caracteriza-se por ser uma região de transição climática, atravessado pelo trópico de capricórnio, o que faz com que os eventos climáticos sejam diversificados em seu

território (BERNARDES; AGUILAR, ABE, 1988; CAVIGLIONE et al., 2000; IAPAR, 2000).

Embora o Paraná, de maneira geral, não apresente uma estação seca bem definida (FREITAS; GRIMM, 1998; PEREIRA et al., 2008), a ocorrência de veranicos durante o ciclo das culturas pode ser um fator limitante para a agricultura, uma vez que o estado é um dos maiores produtores agrícolas do país (FARIA et al., 2015).

O termo veranico é designado para se referir a um período de, no mínimo, 10 dias consecutivos sem precipitação (NERY et al., 1996).

Pesquisas apontam que veranicos aumentam riscos de frustração de safra da soja nas fases de florescimento e enchimento de grãos, considerados críticos, com relação a deficiência hídrica (STEWART; NIELSEN, 1990; FIETZ; URCHEI; FRIZZONE, 2001). Os maiores impactos de veranicos na agricultura paranaense ocorrem na soja, principal cultura de grãos no estado (PARANÁ, 2017).

O objetivo do trabalho foi determinar a frequência de ocorrência de veranicos em dez municípios do Oeste do estado do Paraná, durante os meses de outubro a fevereiro, correspondentes ao ciclo da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de dez estações pluviométricas oficiais do estado do Paraná disponíveis na região Oeste, pertencentes ao Instituto das Águas do Paraná.

Foram escolhidas 8 estações pluviométricas localizadas em 8 municípios da região Oeste: Cascavel, Céu Azul, Guaíra, Maripá, Boa Vista da Aparecida, Catanduvas, Guaraniaçu e Nova Aurora.

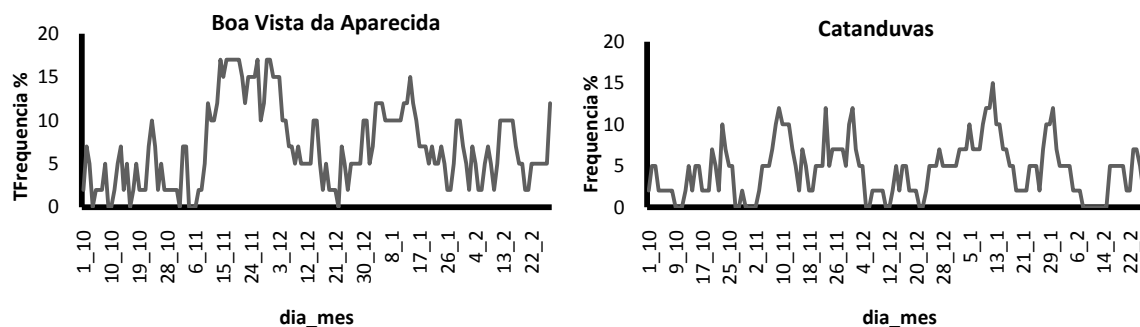
A série histórica dos dados compreendeu o período de 1977 a 2015. Esses dados foram organizados em séries decendiais em planilhas de Excel, com a utilização de tabelas dinâmicas.

Foram determinadas as frequências do número de dias consecutivos sem chuvas, com duração de pelo menos 10 dias, para os meses de cultivo da soja, isto é, de outubro a fevereiro. As análises de frequência foram realizadas por decêndios móveis com passo 1 (1-10 de outubro, 2-11 de outubro, 3-12 de outubro e assim por diante).

Apenas valores maiores ou iguais a 1 mm foram considerados como chuva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentadas na Figura 1 as frequências de veranicos nas 8 estações pluviométricas em estudo.



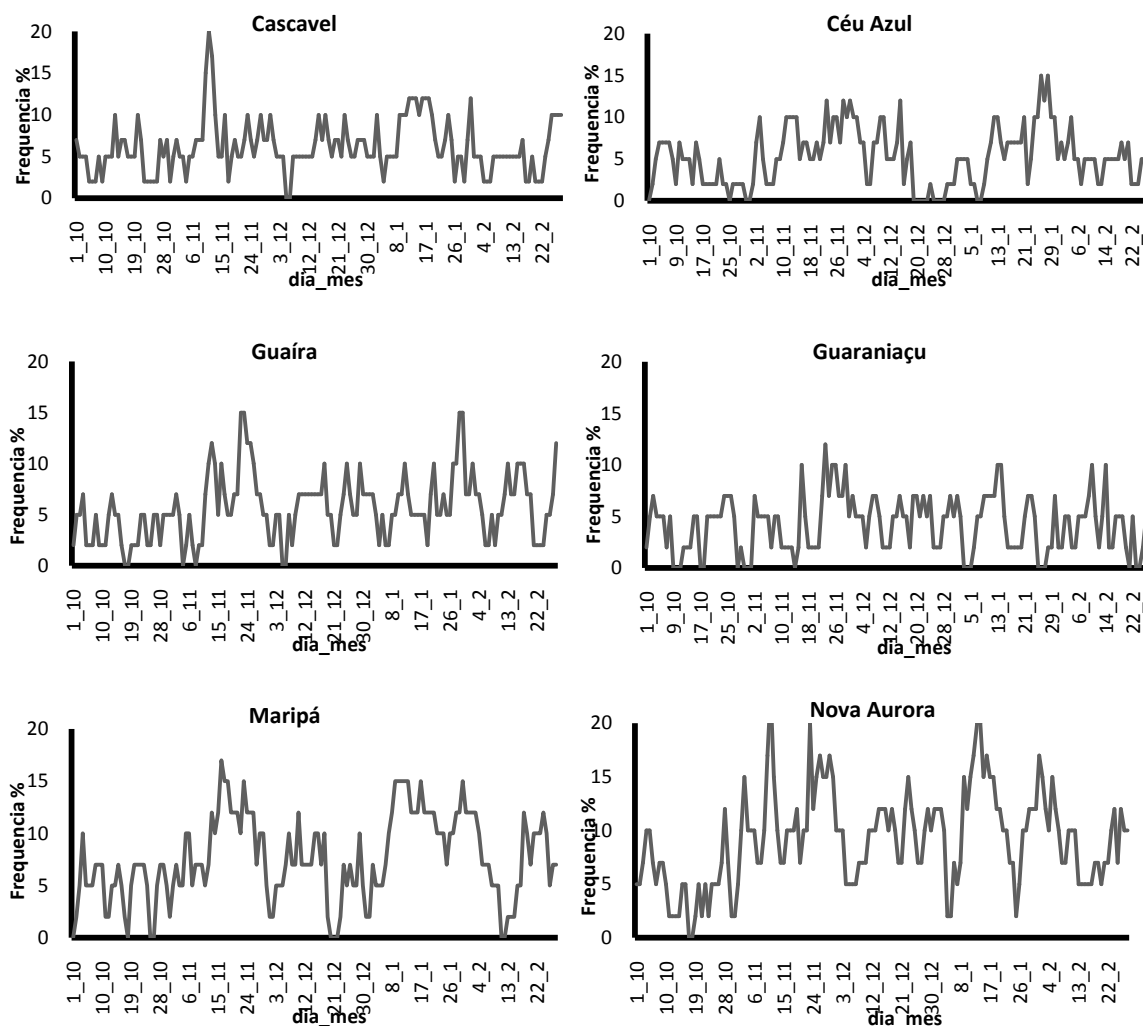


Figura 12. Frequência de veranicos entre os meses de outubro a fevereiro em oito locais da região Oeste do estado do Paraná.

Os resultados evidenciaram variação de zero a aproximadamente 20 % de frequência de riscos de veranicos entre os meses de outubro a fevereiro, durante o ciclo da soja no Oeste do Paraná.

Os períodos com menor risco de estiagem são outubro e de aproximadamente 10 de dezembro a 5 de janeiro.

Os maiores riscos de veranicos concentram-se no mês de novembro, com variação entre 15 a 20 %. Nesse período a soja está nos estádios fenológicos críticos de florescimento e formação de grãos, o que indica maiores riscos de deficiência hídrica no momento de maior exigência de água pela planta.

A partir da segunda quinzena do mês de janeiro existem riscos de veranicos que variam entre 10 a 20 %. Ressalta-se, porém, que nesta época, a maioria das lavouras da região já se encontra em maturação fisiológica, em função da época de semeadura mais cedo.

CONCLUSÕES

O mês com maior frequência de veranicos no Oeste do Paraná é novembro, enquanto os meses de outubro e dezembro apresentam menores ocorrências.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) por fornecer os dados agronômicos e Instituto das Águas do Paraná pelos dados pluviométricos.

REFERÊNCIAS

BERNARDES, L. R. M.; AGUILAR, A. P.; ABE, S. Frequencia de ocorrência de veranicos no estado do Paraná. **Boletim de Geografia**: Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 26p., 1988.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD.

FARIA, R. T. de et al. Produtividade da soja em transectos. In: ZANÃO JÚNIOR, L. A.; FARIA, R. T.; CARAMORI, P.H. **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu**: Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, Londrina, p. 155-2011, 2015.

FIETZ, C. R.; URCHEI, M. A.; FRIZZONE, J. A. Probabilidade de ocorrência de déficit hídrico na região de Dourados (MS). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

FREITAS, E. D. E A. M. GRIMM, 1988: Determinação das datas de início e fim da estação chuvosa para regiões homogêneas no Estado do Paraná. **Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Brasília, DF.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR.

<http://www.iapar.br/modules/conteudo>. Londrina, PR. Área de Agrometeorologia, 2000.

NERY, J. T.; VARGAS, W. M.; MARTINS, M. L. O. Caracterização da precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 81-89, 1996.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural – SEAB/DERAL, 2017. **Produção agropecuária**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br> Acesso 18 abr. 2017

PEREIRA, L. M. P. et al. Determinação do início e término da estação chuvosa no estado do Paraná. **Revista Geografar**. Curitiba, PR, v.3, n.2, p.01-12, jul./dez. 2008

STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1990. 1218p., 1990.

PRECIPITAÇÃO E PRODUTIVIDADE DE SOJA EM GUAÍRA, PR

Luiz Gustavo Batista Ferreira¹, Paulo Henrique Caramori², Heverly Moraes³, Pablo Ricardo Nitsche⁴

¹ MSc, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná, luiz.gustavo@agronomo.eng.br; ² Pesquisador, Dr, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná, phcaramori@gmail.com; ³ Pesquisadora, Dra, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná; ⁴ MSc, Pesquisador, Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, Paraná, pablonitsche@gmail.com

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar a disponibilidade hídrica na cultura da soja (*Glycine max*) em Guaíra, PR, comparado total de chuva durante o ciclo e somente em estádios reprodutivos, através de análise de regressão linear. Foram utilizados dados de produtividade de soja em Guaíra, nas safras de 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. A cultivar em estudo é a Vmax RR, uma das mais utilizadas na região Oeste do Paraná, nos referidos anos agrícolas. Os resultados foram correlacionados com a produtividade da soja, considerando duas situações; total de chuva durante o ciclo completo da soja e o total de chuva apenas entre os estádios R4-R6. Foi observada correlação moderada entre o total de chuva e a produtividade, enquanto houve forte correlação entre total de chuva somente nos estádios de R4 a R6. Concluiu-se que análises entre estádios críticos e total de chuvas indicam de forma mais precisa a variação de produtividade interanual em relação a análises que consideram o total de chuvas durante todo o ciclo da cultura da soja.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*. Estádios críticos. Produtividade.

WATER AVAILABILITY IN THE CYCLE OF SOYBEAN CULTURE IN GUAÍRA, PR

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the water availability in the soybean crop (*Glycine max*) in Guaíra, PR, comparing total rainfall during the cycle and only at reproductive stages, through linear regression analysis. Soya yield data were used in Guaíra, in the harvests of 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 and 2013/2014. The cultivar under study is Vmax RR, one of the most used in the western region of Paraná, in the referred agricultural years. The results were correlated with soybean yield, considering two situations; Total rainfall during the complete soybean cycle and the total rainfall only between the R4-R6 stages. A moderate correlation was observed between total rainfall and productivity, while there was a strong correlation between total rainfall only in the R4 to R6 stages. It was concluded that analyzes between critical stages and total rainfall indicate more precisely the interannual productivity variation in relation to analyzes that consider total rainfall during the entire soybean crop cycle.

KEY-WORDS: *Glycine max*. Critical stadiums. Productivity.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max*) é a principal atividade agrícola do estado do Paraná, com uma produção em torno de 15 milhões de toneladas (PARANÁ, 2017).

O município de Guaíra, latitude 24° 04' 48" S e longitude 54° 15' 21" W, está localizado na região Oeste do Paraná sendo um dos principais produtores de soja

regional (PARANÁ, 2017).

Nos países tropicais, a chuva é a fonte natural de suprimento hídrico para as plantas. Todos os processos fisiológicos que ocorrem na planta são afetados pela disponibilidade de água, como a absorção radicular, transporte de nutrientes, termorregulação e hidratação, essenciais para manter a estrutura e atividade celular (TAIZ; ZEIGER, 2009; SOUZA et al., 2013).

O ciclo de desenvolvimento da cultura da soja (fenologia) foi estudada por Fehr e Caviness (1977), os quais separaram em duas etapas, a vegetativa e a reprodutiva. A mais sensível à disponibilidade hídrica, no entanto, é a reprodutiva, sobretudo nos estádios de florescimento e enchimento de grãos (ARAUJO, 2013; FARIA et al., 2015).

O objetivo do trabalho foi, através de análise de regressão linear, comparar os efeitos da disponibilidade hídrica no ciclo completo da soja (vegetativo e reprodutivo) e apenas nos estádios reprodutivos de enchimento de grãos (R4-R6) para cinco safras no município de Guaíra, PR, na produtividade da cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Para analisar os efeitos da disponibilidade hídrica sobre o ciclo da cultura da soja foram utilizados dados de produtividade e fenologia de uma área experimental instalada no município de Guaíra, PR, durante os anos agrícolas de 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Esses dados são parte de um estudo sobre o clima na região sobre a produtividade da soja (ZANÃO JUNIOR et al., 2015) e foram cedidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR.

Os dados fenológicos e de produtividade foram provenientes da cultivar de soja Vmax RR, de hábito de crescimento indeterminado. Essa cultivar estava entre as mais utilizadas pelos agricultores no período de coleta dos dados (FARIA et al., 2015).

A melhor época de semeadura de cultivares precoces no Oeste do Paraná ocorre no período de 10 a 20 de outubro. Na região de Guaíra, a semeadura normalmente é realizada nesta época, desde que haja disponibilidade hídrica no solo.

O solo da área experimental era um Latossolo Vermelho, caracterizado como solo profundo, bem drenado, com teor de argila acima de 60 dag kg^{-1} e com água disponível (AD) em torno de 12 dag kg^{-1} (ZANÃO JUNIOR et al., 2015).

Os resultados foram correlacionados com a produtividade por meio de análises de regressão considerando duas situações: a) total de chuvas acumulado durante a safra (todos os estádios fenológicos da soja) com a produtividade; b) total de precipitação acumulada apenas nos estádios reprodutivos críticos R4 a R6 com a produtividade final de cada safra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente experimento foi conduzido estritamente dentro das primícias de cultivo conservacionista, com uso manejo integrado de pragas e doenças, plantio direto de qualidade e cobertura permanente do solo, com o intuito de minimizar o efeito desses componentes de produção da soja com baixo coeficiente de variação (CV) para demonstrar que a maior parte da variação de produtividade de soja, nesse experimento em Guaíra, PR, estar relacionada com a precipitação (mm) (FARIA et al., 2015; CARAMORI et al., 2015).

A Tabela 1 apresenta as produtividades médias por safras (2009/2010 a 2013/2014), com os respectivos desvios padrão e coeficientes de variação (CV). A

menor produtividade foi na safra 2009/2010, com 3011 kg ha⁻¹, enquanto a maior foi a subsequente, de 2010/2011, com 4312 kg ha⁻¹.

Tabela 1. Média de produtividades de soja (cultivar Vmax RR) nas safras de 2009/2010 a 2013/2014, com respectivos desvios-padrões e coeficiente de variação (CV).

SAFRA	PRODUTIVIDADE (kg ha ⁻¹)	DESVIO PADRÃO	CV %
2009/2010	3011	99,1	3,29
2010/2011	4312	172,5	4,00
2011/2012	3770	167,5	4,57
2012/2013	4086	124,4	3,04
2013/2014	3899	148,2	3,80

Fonte: Adaptado de Caramori et al. (2015)

A Figura 1 demonstra uma análise de regressão linear entre a produtividade e os totais de chuvas durante o ciclo da soja, nos estádios de Ve a R9, para todas as safras. O valor do coeficiente de determinação (R²) foi de 0,49, o que indica uma correlação moderada entre produtividade e total de chuva.

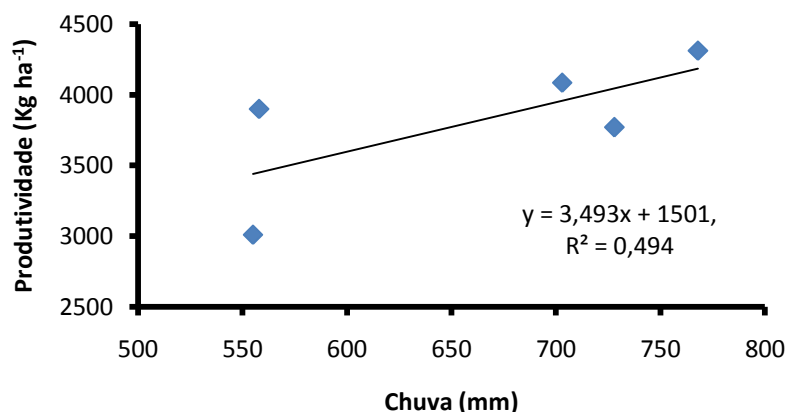


Figura 1. Análise de regressão entre as variáveis produtividade e total de chuva durante o ciclo da soja, durante os anos agrícolas de 2009/2010 a 2013/2014, em Guaíra, PR.

Ferrari, Paz e Silva (2015) afirmaram que a quantidade de chuva durante o ciclo da soja é diretamente proporcional ao rendimento produtivo da cultura e atribuíram elevada quantidade de chuvas (acima de 700 mm) a elevadas produtividades de soja. No entanto, verificou-se nas análises de regressão linear que o total de chuva não apresenta forte correlação com a produtividade, o que sugere que a distribuição e frequência de chuvas durante o ciclo e nos períodos mais críticos (R4-R6) são mais relevantes do que a quantidade total de chuva durante o ciclo completo da soja.

Dessa forma, a influência das chuvas na produtividade da soja foi mais evidente quando se considerou somente os períodos fenológicos críticos (R4-R6), nas safras de 2009/2010 a 2013/2014 (Figura 2), em que o valor de R² foi de 0,8704.

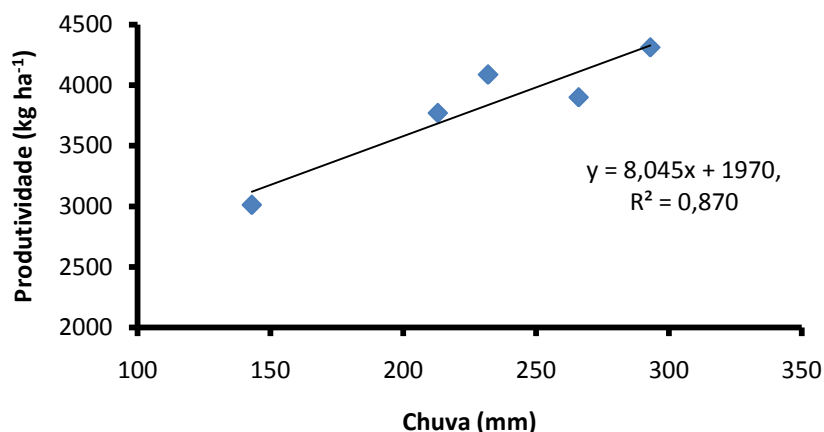


Figura 2. Análise de regressão linear entre as variáveis produtividade e total de chuvas, nos estádios R4 a R6, nas safras de 2009/2010 a 2013/2014, em Guaíra, PR.

Neumaier et al. (2000) e Kadhem et al. (1985) relataram que o estágio de enchimento de grãos (R5) é o mais relevante para a produtividade da cultura soja. No entanto, Matzenauer et al. (1998) sugeriram que o déficit hídrico no estágio de vagem completamente desenvolvida (R4) é o maior responsável na variação na produtividade. Faria et al. (2015) mencionam que R5 a R7 são os períodos reprodutivos de maior importância para a soja.

CONCLUSÕES

Análises que consideram o total de chuvas com os estádios críticos são precisas em relação as que consideram o total de chuvas durante o ciclo completo da soja.

A disponibilidade hídrica nas fases reprodutivas é um fator decisivo para a obtenção de altos rendimentos da cultura da soja em Guaíra, PR.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, G. K. D. **Determinação e mapeamento de início do ciclo para culturas de verão no estado do Paraná por meio de imagens de satélite e dados de precipitação.** 2010. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual Paulista – UNICAMP, Campinas.

CARAMORI, P. H. et al. O clima no entorno do reservatório de Itaipu. In: ZANÃO JÚNIOR, L. A.; FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. **Produtividade da soja no entorno do reservatório do Itaipu** Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, p. 35-151, 2015.

FARIA, R. T. de et al. Produtividade da soja em transectos. In: ZANÃO JÚNIOR, L. A.; FARIA, R. T.; CARAMORI, P.H. **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu:** Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, Londrina, p. 155-2011, 2015.

FEHR, W. R; CAVINESS, C. E. **Stage of soybean development.** Ames: Iowa State University of Science and Techonology, 11p, 1977.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A.C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 03, n. 01, p. 67-77, jan./mar. 2015

KADHEM, F. A.; SPECHT, J. E.; WILLIAMS, J. H. Soybean irrigation serially timed during stages R1 to R6. Agronomic responses. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, n.2, p.291-298, 1985.

MATZENAUER, R. et al. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura da soja na região do planalto médio do rio grande do sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 263-275. 1998.

NEUMAIER, N. et al. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. In: Bonatto, E.R. (eds.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, cap.1, p.19-44, 2000.

PARANÁ SEAB/DERAL, 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br>

SOUZA, G. M. et al. Soybean under water deficit: physiological and yield responses. In: BOARD, J. E. **A comprehensive survey of International Soybean Research: genetics, physiology, agronomy and Nitrogen Relationships**. Croatia, 2013, p. 272-298.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4^a ed. Porto Alegre: Artmed, 819p., 2009.

ZANÃO JÚNIOR, L. A. et al. Caracterização dos solos do entorno do reservatório de Itaipu. In: ZANÃO JÚNIOR, L. A.; FARIA, R. T.; CARAMORI, P.H. **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu**: Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR, Londrina, PR, p. 155-211, 2015.

DIREÇÃO PREDOMINANTE DOS VENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAIABI, MATO GROSSO, BRASIL

Mariana Pizzatto¹, Tamara Zamadei², Alan Gabriel³, Bruno Henrique Casavecchia²,
Frederico Terra de Almeida⁴

¹Técnica de Laboratório Agrícola, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, marianapizzatto23@gmail.com; ²Doutorando (a) em Física Ambiental, Instituto de Física, UFMT, Cuiabá, Mato Grosso, tamarazamadei@gmail.com; brunohcasavecchiaef@gmail.com; ³Bolsista Pibic CNPq, Graduando em Agronomia, ICAA, UFMT, Sinop, MT, alanguabrielstc@outlook.com; ⁴Prof. Associado, ICAA, UFMT, Sinop, MT, fredterr@gmail.com;

RESUMO: O vento é uma das variáveis meteorológicas mais importantes, sendo pouco estudada no país, principalmente quanto à direção de origem. Tais estudos são essenciais na instalação de quebra-ventos, distribuição de culturas no campo, conforto térmico, prevenção de incêndios florestais, dentre outros. Em vista disso, o presente trabalho objetivou caracterizar a direção predominante do vento para a região da bacia hidrográfica do Rio Caiabi, localizada na Amazônia mato-grossense. Os dados foram coletados por estações meteorológicas automáticas Davis VantagePro, situadas na área da bacia, dentre o período de 01/02/2015 a 08/09/2016. Foram avaliadas as direções predominantes para cada estação meteorológica, assim como para toda a região, nos períodos anual e sazonais. Ao longo do ano ocorre predominância de ventos na direção Leste, sendo que na primavera e verão há predominância de ventos à ESE, com frequências de 22,6% e 16,4%, respectivamente; e no outono e inverno, mais de 24% dos ventos são oriundos da direção Leste.

PALAVRAS-CHAVE: Rosa dos ventos, frequência climática, transição Cerrado-Amazônia.

WINDS PREDOMINANT DIRECTION IN THE CAIABI RIVER BASIN, MATO GROSSO STATE, BRASIL

ABSTRACT: The wind is one of the most important meteorological variables, being little studied in the country, mainly regarding as to the direction of origin. Such studies are essential in the installation of windbreaks, distribution of crops in the field, thermal comfort, prevention of forest fires, among others. In view of this, the present work aimed to characterize the predominant direction of the wind to the region of the Caiabi river basin, located in Mato Grosso. The data were collected by Davis VantagePro automatic meteorological stations, located in the basin area, between 01/02/2015 and 08/09/2016. The predominant directions for each meteorological station, as well as for the whole region, were evaluated in the annual and seasonal periods. During the year there is predominance of winds in the East direction, being that in spring and summer there is predominance of winds to ESE, with frequencies of 22.6% and 16.4%, respectively; and in the fall and winter, more than 24% of the winds come from the East.

KEY-WORDS: Wind rose, climate frequency, Cerrado-Amazon transition.

INTRODUÇÃO

Apesar de ser uma das variáveis meteorológicas mais importantes, sendo empregada em estudos de diversas áreas, o vento é uma das menos estudadas, principalmente quanto à direção. Esta varia bastante no tempo e no espaço, de acordo

com a situação geográfica do local, relevo, época do ano e cobertura do solo (VENDRAMINI, 1986).

Estudos sobre a direção contribuem em muitas atividades: instalações de quebra-ventos e indústrias, conforto térmico na arquitetura e construção civil, distribuição de diferentes culturas no campo e principalmente, no posicionamento e dimensionamento das torres para a utilização desta fonte de energia natural (MARTINS, 1993; GALVANI; KLOSOWSKI; CUNHA, 1999). Além disso, em regiões em que a distribuição temporal das precipitações pluviiais propicia longos períodos secos, as caracterizações dos ventos podem definir as prováveis direções e velocidades de propagação de focos de queimadas e/ou calor (SOUZA; CASAVECCHIA; STANGERLIN, 2012).

Em vista disso, objetivou-se caracterizar a direção predominante do vento para a região da bacia hidrográfica do Rio Caiabi, localizada na porção Médio-Norte do Estado de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

Os valores de direção do vento foram obtidos da base de dados das estações meteorológicas automáticas em Bedin (Lat. -12,407°; Long. -55,362°; Alt. 390m) e São José (Lat. -12,172°; Long. -55,404°; Alt. 376m), situadas na bacia hidrográfica do Rio Caiabi (Figura 1), localizada entre os municípios de Vera e Sinop, no Estado de Mato Grosso.

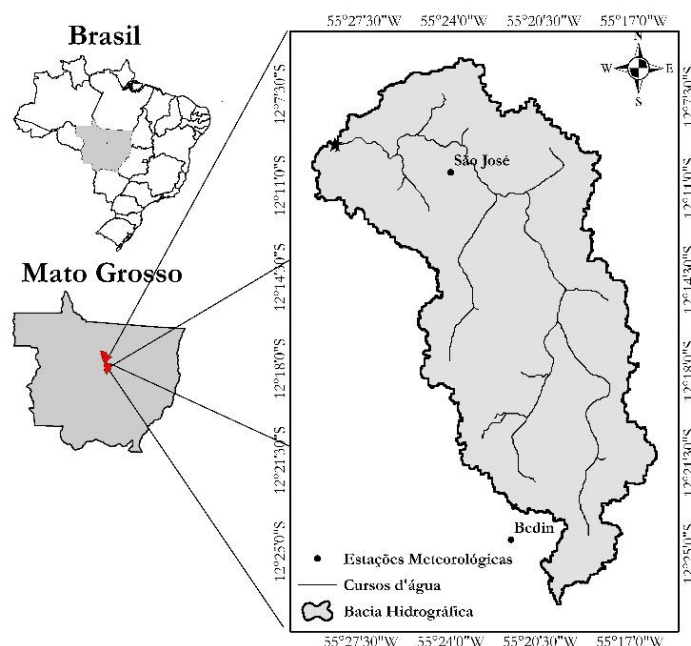


Figura 1. Localização das estações meteorológicas automáticas São José e Bedin na bacia hidrográfica do Rio Caiabi, Estado de Mato Grosso.

O período de dados estudados corresponde de 01/02/2015 a 08/09/2016, havendo 35,8 e 54,1% de falhas para as estações em Bedin e São José, respectivamente. As estações têm como sistema de aquisição de dados dataloggers que armazenam leituras das variáveis meteorológicas a cada 10 minutos.

A direção predominante dos ventos é expressa nos gráficos na forma de frequência relativa diária (%), que corresponde ao valor da frequência absoluta dividido pelo número total de observações. Foram avaliadas as direções predominantes para cada estação meteorológica, assim como para toda a região, nos períodos anual e sazonais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2 e 3 apresentam a distribuição percentual da direção do vento para a área de estudo nos períodos anual e sazonais, respectivamente.

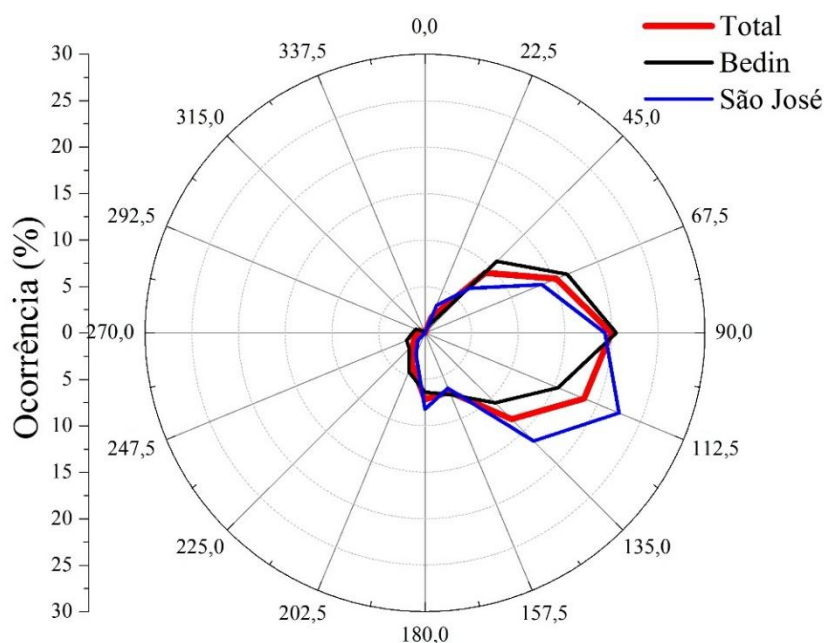


Figura 2. Distribuição percentual anual da direção do vento na bacia hidrográfica do Rio Caiabi, Estado de Mato Grosso, dentre 01/02/2015 e 08/09/2016 (N= 0°; E = 90°; S = 180°; W = 270°).

Na região ocorre predominância de ventos na direção Leste (20%) considerando-se todos os valores observados. Analisando-se separadamente as estações automáticas, observa-se que a Bedin apresenta comportamento semelhante ao predominante, com variações para São José, na qual os ventos são oriundos da direção Leste-sudeste – ESE (22,5%).

Sazonalmente o vento apresenta comportamento diferenciado, tanto dentre as estações do ano, quanto aos locais de observação. Na primavera e verão há predominância de ventos à ESE, com frequências de 22,6% e 16,4%, respectivamente porem no outono e inverno, mais de 24% dos ventos são oriundos da direção Leste.

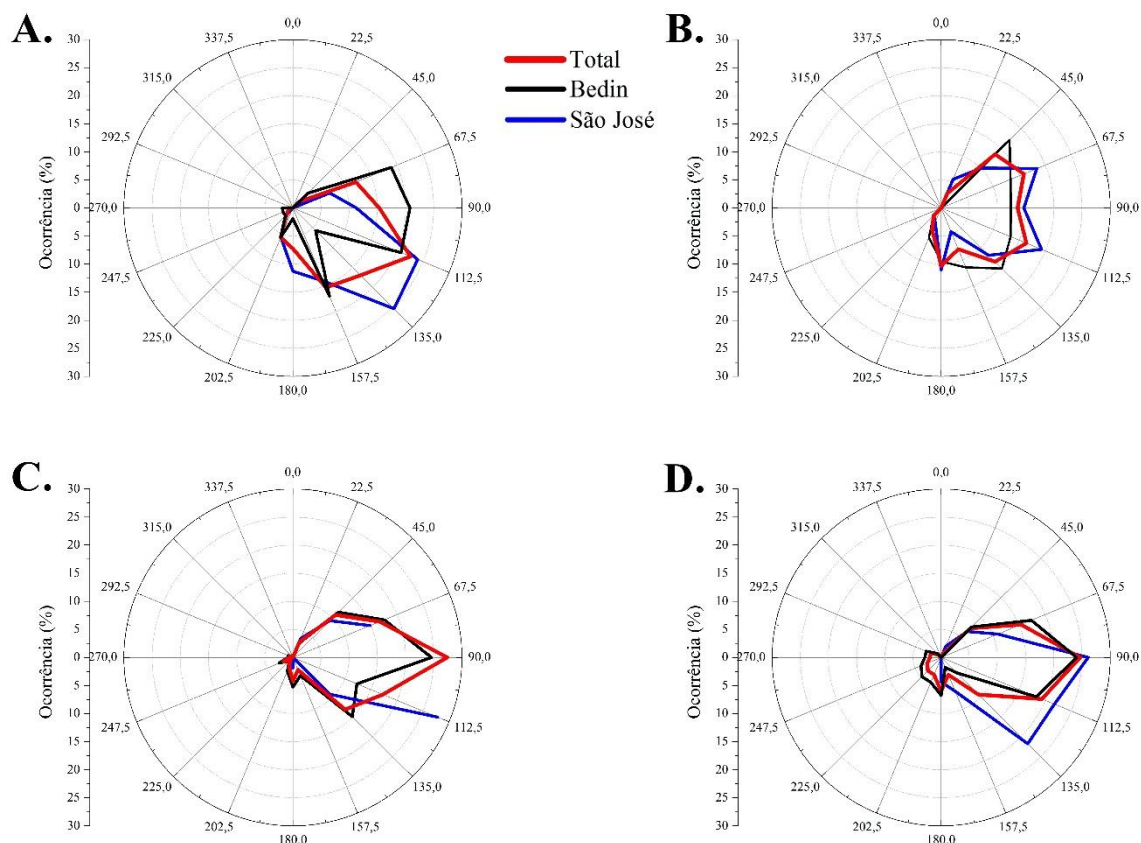


Figura 3. Distribuição percentual da direção do vento na bacia hidrográfica do Rio Caiabi, Estado de Mato Grosso, nas estações do ano: (A) primavera, (B) verão, (C) outono e (D) inverno, dentre 01/02/2015 e 08/09/2016 (N= 0°; E = 90°; S = 180°; W = 270°).

Alves e Silva (2011) ao caracterizar a direção predominante do vento em uma área de mata nativa localizada a 50 km do município de Sinop (11,41°S; 55,32°O; 423m de altitude), encontraram maiores frequências para sul-sudeste e sul-sudoeste. Já Santos et al. (2013), obtiveram como resultado de estudo no município de Sinop (11,98°S; 55,56°O) predomínio para o Norte e Nordeste na primavera/verão e Nordeste e Sudeste para outono/inverno.

Em Tangará da Serra, cidade localizada na região Centro-Sul do Estado, há predominância de ventos nas direções Nordeste e Norte na maior parte do ano, com exceção para os meses de Abril, Maio, Agosto e Setembro, nos quais os ventos são oriundos do Sudeste e Sul (DALLACORT et al., 2010). Em Cuiabá, localizada na mesma região, Santana et al. (2008) observaram que as direções sul-sudoeste caracterizam as estações de inverno e outono, e os ventos norte-noroeste e norte-nordeste predominam durante as estações primavera e verão.

CONCLUSÕES

Na região da bacia hidrográfica do Rio Caiabi há predominância anual de ventos na direção Leste. Ocorrem variações sazonais, principalmente nas estações primavera e verão, correspondentes ao período chuvoso na região, nas quais os ventos são oriundos da direção Leste-sudeste.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), por concessão de bolsas de estudos aos alunos da pós-graduação.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. D. L.; SILVA, S. T. Direção e velocidade do vento em uma floresta de transição Amazônia-Cerrado no Norte de Mato Grosso, Brasil. **Boletim Goiano de geografia**, Goiânia, v. 31, n. 1, p. 63-74, 2011.

DALLACORT, R.; MOREIRA, P. S. P.; INOUE, M. H.; SILVA, D. J.; CARVALHO, I. F.; SANTOS, C. Wind speed and direction characterization in Tangará da Serra, Mato Grosso State, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 359-364, 2010.

GALVANI, E.; KLOSOWSKI, E. S.; CUNHA, A. R. Caracterização da direção predominante do vento em Maringá, PR. **Revista brasileira de agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 81-90, 1999.

MARTINS, D. O comportamento dos ventos na região de Botucatu, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola / CEPLAC, 1993. 1413 p.

SANTANA, F. B.; ARRUDA, P. H. Z. de; FARIA, J. L. B. de; NOGUEIRA, J. de S. Estudo preliminar da velocidade e direção dos ventos em Cuiabá, MT, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 16, n. 2, p. 153-158, ago. 2008.

SANTOS, R. B.; SOUZA, A. P. de; SILVA, A. C.; ALMEIDA, F. T. de; ARANTES, K. R.; SIQUEIRA, J. L. de. Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop – MT. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 06, n. 01, p.72 – 88, 2013.

SOUZA, A. P.; CASAVECCHIA, B. H.; STANGERLIN, D. M. Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense. **Scientia Plena**, Aracajú, v.8, n.5, p.1-14, 2012.

VENDRAMINI, E. Z. **Distribuições probabilísticas de velocidades do vento para avaliação do potencial energético eólico**. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista, Unesp, Botucatu, 1986.

CORRELAÇÕES DE DADOS METEOROLÓGICOS E DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM SURUBIM, PE

Wellington Jairo da Silva Diniz¹, Thieres George Freire da Silva², José Edson Florentino de Morais³, Ailton Alves de Carvalho³

¹Doutorando em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, wellingtonjairo@hotmail.com; ²Professor. Adjunto IV Agrometeorologia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, Pernambuco, thieres@uast.ufrpe.br; ³Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, joseedson50@hotmail.com, ailtonalvesst@gmail.com

RESUMO: Objetivou-se avaliar as correlações entre dados meteorológicos e evapotranspiração de referência (ET_o) obtidos a partir de dados de estações automáticas e convencionais do município de Surubim, PE. Foram utilizados dados referentes ao período de 2008 a 2013, e são pertencentes ao banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia. As variáveis meteorológicas utilizadas foram: temperaturas máxima, mínima e média do ar, umidade relativa do ar, radiação, velocidade média do vento e precipitação. A evapotranspiração de referência foi estimada a partir do método de Penman Monteith. De posse dos dados obtidos da estação automática e da convencional foi realizada a correlação destas variáveis e aplicados os índices estatísticos de precisão (coeficiente de correlação, r) e exatidão (índice de concordância, d); erros estatísticos médio de estimativa (MBE); e, raiz quadrada do quadrado do erro médio de estimativa (RMSE), e coeficiente de confiança (c). Constatou-se baixa associação dos dados de velocidade do vento, umidade relativa do ar e radiação solar incidente, que promoveram discrepâncias (RMSE = 1,25 mm dia⁻¹) nos valores de evapotranspiração de referência entre as estações convencional e automática do município. Diferenças entre as medidas de precipitação pluviométrica também foram averiguadas. Conclui-se que, as diferenças na ET_o e precipitação pluviométrica entre as estações automáticas e convencionais do município de Surubim, PE, podem dificultar o manejo de água pelos produtores.

PALAVRAS-CHAVE: sensor, erros, índices.

CORRELATIONS OF METEOROLOGICAL DATA AND REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN SURUBIM, PE

KEY-WORDS: The objective of this study was to evaluate the correlation between meteorological data and reference evapotranspiration (ET_o) obtained from data from automatic and conventional stations in the municipality of Surubim, PE. Data for the period 2008 to 2013 were used, and belong to the database of the National Institute of Meteorology. The meteorological variables used were: maximum, minimum and average air temperatures, relative humidity, radiation, average wind speed and precipitation. The reference evapotranspiration was estimated from the Penman Monteith method. The data obtained from the automatic station and from the conventional station were used to correlate these variables and applied the statistical indexes of precision (correlation coefficient, r) and accuracy (concordance index, d); Statistical errors of average estimation (MBE); And, square root of the mean error of estimate (RMSE), and confidence coefficient (c). A low association of wind speed, relative air humidity and incident solar radiation data was observed, which promoted discrepancies (RMSE = 1.25 mm day⁻¹) in the reference evapotranspiration values between conventional and automatic stations in the city. Differences between rainfall measurements were also investigated. It is concluded that the differences in ET_o and

rainfall between the automatic and conventional stations of the Municipality of Surubim, PE, can make difficult the water management by the producers.

KEY-WORDS: sensor, errors, indexes.

INTRODUÇÃO

Em decorrência do avanço tecnológico, os instrumentos mecânicos presentes nas estações convencionais vêm sendo trocados por sensores automáticos, que possuem maior capacidade de amostragem e podem operar em locais de difícil acesso. Todavia, embora as estações automatizadas apresentem informações com melhor caracterização das condições meteorológicas do local, a qualidade de seus dados e continuação de suas séries pode ser alterada em função da ação do tempo e da exposição de seus sensores, os quais estão sujeitos a danos físicos como interferência de sinal, desconexão de cabos e oxidação, resultando em dados com baixa precisão (STRASSBURGER et al., 2011).

A substituição de uma estação convencional por uma automática requer que a série de dados esteja homogênea e apresente maior confiabilidade. Almeida et al. (2008) citam que, a substituição de tipos de estações não é um ato simples, sendo necessário o funcionamento simultâneo e a comparação de seus dados ao longo do tempo.

Estudos realizados por Souza et al. (2003), Almeida et al. (2008), Pereira et al. (2008) e Strassburger et al. (2011) mostram que existe boa concordância entre os elementos meteorológicos obtidos nas estações convencional e automática. No entanto, Fraga Júnior et al. (2012), Queiros et al. (2012) e Medeiros (2002) constataram haver diferenças na evapotranspiração de referência (ET_o), quando calculadas a partir de dados destas duas estações.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar as correlações dos dados meteorológicos e a evapotranspiração de referência obtidos de estações automáticas e convencionais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados no estudo compreenderam o período de 2008 a 2013, totalizando 880 observações (n=880), de uma estação meteorológica automática (EMA) e outra convencional (EMC), localizadas no município de Surubim, PE (Latitude: -7.83°; Longitude: -35,71°; Altitude: 418,32 m), e pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As variáveis utilizadas foram: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média ($T_{máx}$, $T_{mín}$, $T_{méd}$, °C), umidade relativa do ar média (UR, %), velocidade do vento (u , m s⁻¹), precipitação e brilho solar (n) da EMC. Esta última foi usada no cálculo da radiação solar incidente (MJ m⁻² dia⁻¹), conforme citado por Almeida et al. (2008). Com exceção do brilho solar, na EMA foram medidas as mesmas variáveis, acrescida dos dados de radiação solar global incidente.

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) foi feita por meio do método padrão proposto pela FAO, Penman Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998). Os valores de ET_o foram calculados usando o aplicativo computacional REF-ET (ALLEN, 2000).

A associação dos dados meteorológicos e da ET_o entre as duas estações foi feita por aplicação dos índices de precisão (coeficiente de correlação, r) e de exatidão (índice de concordância, d), os erros médio de estimativa (MBE) e raiz quadrada do quadrado erro médio de estimativa (RMSE), e do coeficiente de confiança (c).

O índice de precisão (coeficiente de correlação, r) indica o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média, variando de -1 a +1, de forma que, quanto mais próximos dos extremos, melhor a correlação entre os dados; e, quanto mais próximos de zero, menor a correlação existente entre ambos. Os sinais indicam se a correlação é negativa ou positiva.

Por sua vez, o índice de exatidão (índice de concordância, d) indica o grau de exatidão entre os dados, o qual varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior é o grau de exatidão da estimativa.

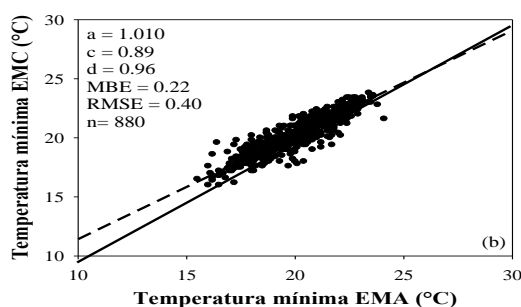
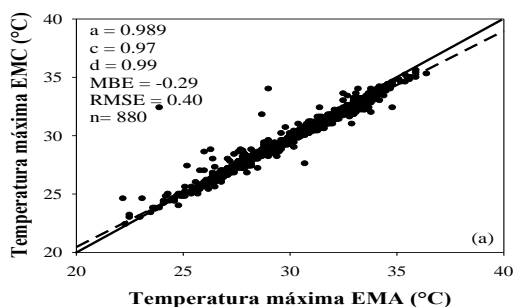
Por fim, para classificar a associação entre os dados foi calculado o índice de confiança (c), sendo este resultante do produto do índice de exatidão (d) com o índice de precisão (r) (SENTELHAS et al., 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de $T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$ e $T_{\text{méd}}$ entre as estações convencional (EMC) e automática (EMA) do município de Surubim apresentaram altas precisão e exatidão, e baixos erros, sendo o RMSE inferior a $0,5^{\circ}\text{C}$. Sentelhas et al. (2007) encontraram diferenças entre esses dois tipos de estação na ordem de $4,3^{\circ}\text{C}$. Boa precisão e exatidão foram verificadas para as medidas de UR entre as duas estações meteorológicas, todavia o RMSE atingiu 11,82%, embora a subestimativa ao longo do tempo tenha sido apenas de 0,79% (MBE). Estas diferenças ocorrem devido ao tipo de elemento sensível dos instrumentos, onde na EMA é um capacitor e na EMC um psicrômetro, e também por causa do intervalo de amostragem para se calcular os valores médios, que na EMC é de 9, 15 e 21 h, enquanto na EMA ocorre ao longo do dia, comumente em intervalos inferiores a 1 h. Pereira et al. (2008) verificaram subestimativa da EMC em 13,38%.

Os dados de u_2 entre as estações meteorológicas não apresentaram boas precisão e exatidão, resultando em desempenho de confiabilidade classificado como sofrível, e erro atingindo $0,49 \text{ m s}^{-1}$. Tal erro está associado aos tipos de sensores, cada um com momentos de partida e parada distintos, de tal modo que interfere na inércia no conjunto das canecas, sobretudo do anemógrafo da EMC. A mau associação entre os dados das estações meteorológicas também foi averiguada para a R_s com RMSE elevado ($-26,05 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$). Esta discrepância estar atrelada a forma de obtenção da R_s , que na EMC é estimada com base no brilho solar e constantes que devem ser calibradas localmente.

Igualmente a u_2 e R_s , os dados de precipitação apresentaram baixas associações e elevados erros, devido o horário de medições e o período considerado serem distintos. Na EMC, o registro da P é feito às 9 h, e corresponde ao período de 9 horas do dia anterior até às 9 h do dia da leitura. Por sua vez, na EMA a precipitação é registrada para um dia, entre 0 h e 24 h.



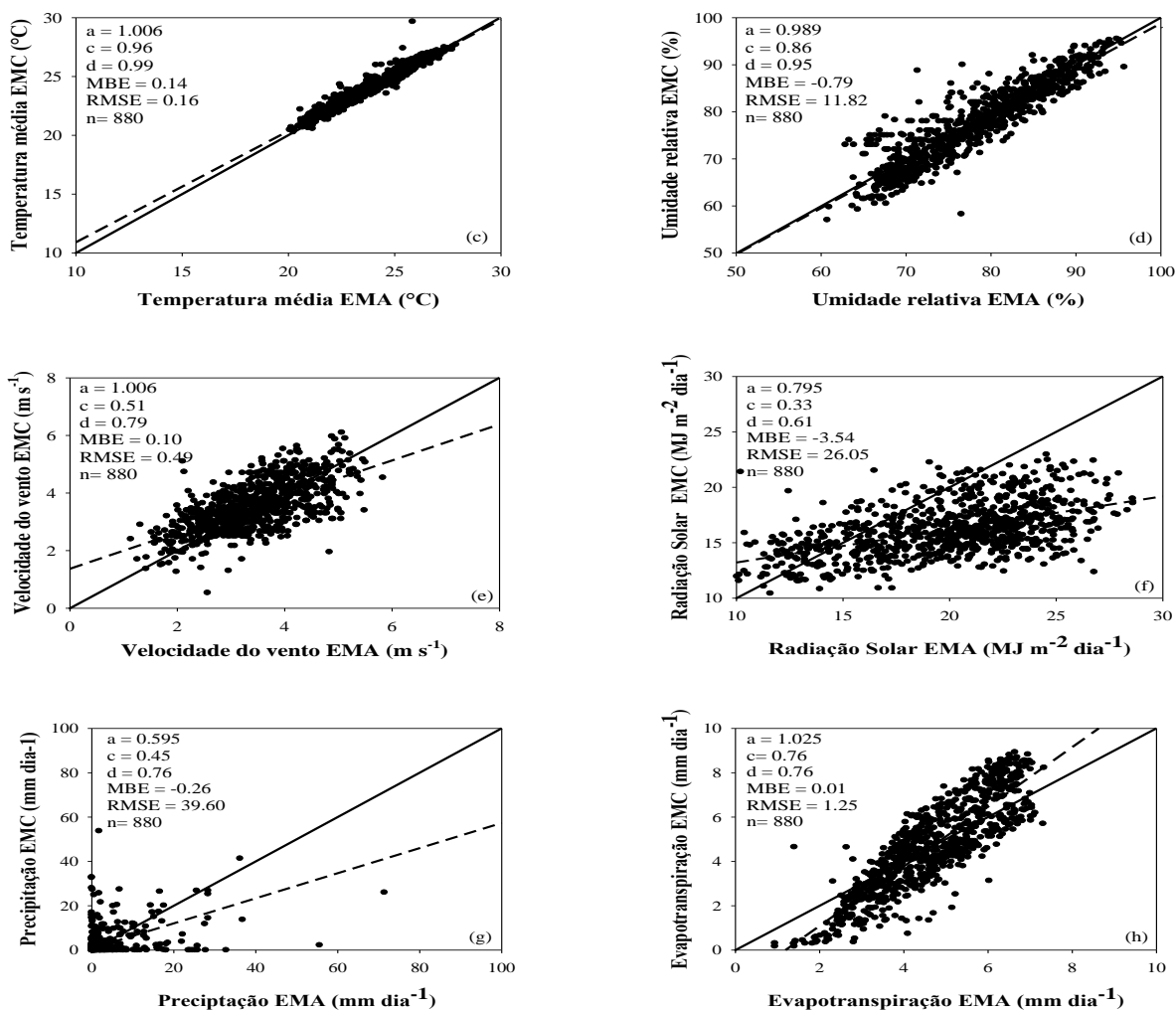


Figura 1. Correlação entre variáveis meteorológicas e evapotranspiração de referência de estações meteorológica convencional (EMC) e automática (EMA), localizadas no município de Surubim, PE. a = coeficiente angular; c = índice de confiança; d = índice de concordância; MBE = erro médio; $RMSE$ = raiz quadrada do quadrado do erro médio de estimativa e n = número de observações.

Devido as discrepâncias averiguadas na maioria dos dados meteorológicos (U_2 e R_s) da EMC em relação aos dados da EMA, o $RMSE$ para a ETo foi de $1,25 \text{ mm dia}^{-1}$, mesmo com MBE próximo de zero. Resultados estes divergentes dos constatados por Fraga Júnior et al. (2012), quando analisando a estimativa da ETo a partir de dados coletados de estações convencionais e automáticas, constatando uma subestimativa dos valores da ETo de 9,52% quando comparando com a ETo obtida pela EMA. Estas diferenças podem ser decisivas no manejo de água da propriedade agrícola, sendo recomendado o uso de instrumentos com medidas mais confiáveis.

CONCLUSÕES

A associação dos dados de velocidade do vento, umidade relativa do ar e radiação solar incidente promoveram discrepâncias nos valores de evapotranspiração de

referência entre as estações convencional e automática do município de Surubim, PE, que em conjunto com as diferenças entre as suas medidas de precipitação pluviométrica podem dificultar o manejo de água pelos produtores.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. **REF-ET**: reference evapotranspiration calculator. Kimberly: University of Idaho Research and Extension Center, version 2.0, 76p., 2000.

ALMEIDA, H. A.; SOUZA, J. A.; ALCÂNTARA, H. M. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 16, n. 1, p. 58-66, 2008.

FRAGA JÚNIOR, et al. Estação meteorológica convencional e automática na estimativa da ETo em Ouricuri - PE. In: WIITI, 4, 2012, Fortaleza, CE. **Anais...** WIITI, 2012.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba, CE**. São Paulo, 2002. 103p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 2002.

PEREIRA, L.M.P. et al. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em Londrina. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 299-306, 2008.

SENTELHAS, P. C. et al. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estações convencional e automática. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 2, p. 215-221, 1997.

STRASSBURGER, A. S. et al. Comparação da temperatura do ar obtida por estação meteorológica convencional e automática. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 273-278, 2011.

CONTRIBUIÇÃO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS SOBRE A ETo DE MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Wellington Jairo da Silva Diniz¹, Thieres George Freire da Silva², Ailton Alves de Carvalho³, José Edson Florentino de Morais³,

¹Doutorando em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, wellingtonjairo@hotmail.com; ²Professor. Adjunto IV Agrometeorologia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, Pernambuco, thieres@uast.ufrpe.br; ³Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, joseedson50@hotmail.com, ailtonalvesst@gmail.com

RESUMO: O efeito das variáveis meteorológicas na evapotranspiração de referência (ETo) de um local permite auxiliar na seleção dos métodos mais adequados para a sua estimativa, com vistas ao planejamento e tomada de decisão agrícola, e avanço da irrigação. Assim, objetivou-se avaliar a contribuição das variáveis meteorológicas na ETo de três localidades situadas no Semiárido pernambucano. O estudo foi conduzido com dados dos municípios de Arcoverde, Cabrobó e Petrolina, oriundos de estações convencionais e automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia, e compreenderam o período 1962 até 2013. A partir do método de Penman Monteith foi estimada a ETo. Matriz de correlação de Pearson foi aplicada aos dados e, em seguida, a mesma foi usada na avaliação da multicolinearidade entre as variáveis meteorológicas e no teste de trilha. Como resultados, verificou-se que os coeficientes de determinação da análise de trilha foram elevados para os municípios de Arcoverde, Cabrobó e Petrolina, indicando que o modelo causal expresso pelas variáveis meteorológicas explicou em 86,1 %, 87,4% e 91,3%, nesta ordem, a variabilidade da ETo das diferentes localidades estudadas. O brilho solar e umidade relativa do ar foram variáveis determinantes na explicação da variação da evapotranspiração de referência dos municípios de Arcoverde, Cabrobó e Petrolina, logo devem compor métodos para preenchimento de falhas ou na elaboração de novas metodologias, com vistas a reduzir erros na quantificação da lâmina líquida de culturas agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: análise de trilha, correlação de Pearson, multicolinearidade.

CONTRIBUTION OF METEOROLOGICAL VARIABLES ON THE ETo OF MUNICIPALITIES OF SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

ABSTRACT: The effect of meteorological variables on the evapotranspiration the reference (ETo) of a site allows the selection of the most suitable methods for the estimation of, with a view to agricultural planning and decision making, and irrigation advance. The objective of this study was to evaluate the contribution of the meteorological variables in the ETo of three localities located in the semi-arid region of Pernambuco. The study was conducted with data from the municipalities of Arcoverde, Cabrobó and Petrolina, from conventional and automatic stations of the National Institute of Meteorology, and comprised the period from 1962 to 2013. The ETo was estimated by the Penman Monteith method. Correlation matrix the Pearson was applied to the data and then it was used in the evaluation of the multicollinearity between the meteorological variables and the path test. As results, the determination coefficients of the path analysis were high for the municipalities of Arcoverde, Cabrobó and Petrolina, in that order, indicating that the causal model expressed by the meteorological variables explained in 86.1%, 87.4% and 91 , 3%, in this order, the variability of the ETo of the different localities studied. The solar brightness and relative humidity of the air were

crucial variables in determinants the reference evapotranspiration variation of the municipalities of Arcoverde, Cabrobó and Petrolina, so they should compose methods to fill in gaps or in the elaboration of new methodologies, in order to reduce quantification errors of the irrigation net depth of agricultural crop.

KEY-WORDS: path analysis, Pearson correlation, multicollinearity.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Semiárido brasileiro tem enfrentado vários eventos de seca, resultantes de fenômenos como Oscilação Sul-El Niño ou ENSO e Dipolo do Atlântico (MARENGO et al., 2011; XAVIER et al., 2003).

Sob essas condições, a produção de forragem nativa é fortemente comprometida, e a principal atividade dessa região, a pecuária, possui perdas significativas, reduzindo a renda da população e aumentando a emigração para outros estados do país.

Devido as grandes incertezas climáticas, a produção de forragem em condição de sequeiro, atualmente, é pouco recomendada. Neste sentido, a irrigação ganha papel fundamental no desenvolvimento regional, uma vez que permite a redução das perdas e possibilita que as culturas expressem os seus máximos potenciais (SILVA; RAO, 2006).

Entretanto, o manejo adequado da irrigação depende do cálculo da necessidade hídrica da cultura (WUTKE et al., 2000).

Mundialmente, a evapotranspiração da cultura (ET_c) é computada a partir do produto entre o coeficiente da cultura e a evapotranspiração de referência (ET_o).

O conhecimento do efeito das variáveis meteorológicas na evapotranspiração máxima de um local permite auxiliar na seleção dos métodos mais adequados para a estimativa da ET_o , com vistas ao planejamento e tomada de decisão agrícola, e avanço da irrigação (ARAUJO et al., 2011).

Logo, objetivou-se avaliar a contribuição das variáveis meteorológicas sobre a evapotranspiração de referência de localidades situadas no Semiárido pernambucano.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados usados neste estudo foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP, do Instituto Nacional de Meteorologia, referente à série diária de 1962 a 2013 das estações convencionais situadas em municípios do Semiárido pernambucano (Arcoverde, Cabrobó e Petrolina). As variáveis meteorológicas utilizadas foram: temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média do ar ($t_{máx}$, $t_{mín}$, $t_{méd}$, °C), umidade relativa do ar (UR, %), velocidade do vento (u , $m\ s^{-1}$) e brilho solar (n).

Os dados meteorológicos foram usados no cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o), por meio do método parametrizado no boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998), usando o aplicativo computacional REF-ET (ALLEN, 2000).

Os elementos meteorológicas foram considerados como variáveis explicativas, enquanto a ET_o como variável dependente. A matriz de correlação de Pearson foi montada para identificar quais variáveis que apresentaram relação significativa com a ET_o (1% ou 5% de significância).

Em seguida, a matriz foi usada no diagnóstico de multicolinearidade dentre as variáveis explicativas. Quando se constatou algum grau de multicolinearidade foi feita a exclusão de variáveis meteorológicas do banco de dados. A matriz de correlação de Pearson foi refeita, contemplando apenas o conjunto de variáveis que resultaram baixa

multicolinearidade. Esta nova matriz foi usada na análise de trilha para desdobramento dos efeitos diretos e indiretos das variáveis meteorológicas sobre a ETo.

Todas as análises foram feitas no software “Genética Quantitativa de Estatística Experimental”- GENES (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independentemente da localidade, a evapotranspiração de referência (ETo) foi mais fortemente explicada pelo brilho solar (n) e umidade relativa do ar (UR) (Tabela 1), uma vez que tiveram os maiores valores de coeficiente de correlação total e do efeito direto, nas três localidades.

Tabela 1. Efeitos diretos e indiretos das variáveis meteorológicas sobre a evapotranspiração de referência de municípios do Semiárido pernambucano.

		Arcoverde		Cabrobó		Petrolina			
Variáveis	EF	r_{parcial}	r_{total}	r_{parcial}	r_{total}	r_{parcial}	r_{total}		
P	D ETo	0,004	-0,285**	ETo	0,023	-0,243**	ETo	0,029	-0,275**
	I $t_{\text{mín.}}$	-0,006		$t_{\text{mín.}}$	-0,001		$t_{\text{mín.}}$	0,002	
	I Demais variáveis	-0,282		Demais variáveis	-0,266		Demais variáveis	-0,307	
$t_{\text{máx.}}$	D ETo	0,289	0,716**	ETo	0,161	0,663**	ETo	0,297	0,627**
	I n	0,248		UR	0,267		UR	0,239	
	I Demais variáveis	0,177		Demais variáveis	0,234		Demais variáveis	0,090	
$t_{\text{mín.}}$	D ETo	-0,134	0,035*	ETo	0,001	0,195**	ETo	-0,090	0,036*
	I $t_{\text{máx.}}$	0,142		$t_{\text{máx.}}$	0,104		$t_{\text{máx.}}$	0,177	
	I Demais variáveis	0,027		Demais variáveis	0,091		Demais variáveis	-0,050	
n	D ETo	0,444	0,828**	ETo	0,394	0,777**	ETo	0,392	0,792**
	I $t_{\text{máx.}}$	0,162		UR	0,229		UR	0,230	
	I Demais variáveis	0,221		Demais variáveis	0,153		Demais variáveis	0,169	
UR	D ETo	-0,268	-0,747**	ETo	-0,378	-0,815**	ETo	-0,358	-0,814**
	I $t_{\text{mín.}}$	0,033		P	0,006		$t_{\text{mín.}}$	0,011	
	I Demais variáveis	-0,513		Demais variáveis	-0,443		Demais variáveis	-0,468	
u2	D ETo	0,214	0,488**	ETo	0,367	0,535**	ETo	0,289	0,287**
	I n	0,134		UR	0,092		$t_{\text{mín.}}$	0,033	
	I Demais variáveis	0,139		Demais variáveis	0,074		Demais variáveis	-0,035	
Coeficiente de determinação (R^2)		0,874		0,913		0,861			
Efeito da variável residual		0,353		0,294		0,372			

** , * - Significativo a 1% e 5%, pelo teste t. D – efeito direto, I – efeito indireto.

Todavia, a temperatura máxima do ar ($t_{\text{máx.}}$) foi importante para Arcoverde, logo que apresentou efeito direto na ETo, e para Cabrobó e Petrolina, devido ao efeito indireto via temperatura mínima do ar ($t_{\text{mín.}}$).

A velocidade do vento (u2) também apresentou efeito direto sobre a ETo nas três localidades, mas com menor intensidade.

A $t_{\text{mín.}}$ apresentou pouco efeito na ETo, semelhante à precipitação pluviométrica. Esta última variável era de se esperar que o seu efeito direto fosse baixo, uma vez que, conceitualmente a ETo está associada a evapotranspiração de um superfície padrão com plenas condições de disponibilidade de água (ALLEN et al., 1998). Contudo, o efeito indireto via outras variáveis, como n, poderia ocorrer devido o efeito da nebulosidade sobre a duração real do período diurno. Tal fato não foi significativo no presente estudo.

Os coeficientes de determinação da análise de trilha foram elevados para os municípios de Arcoverde, Cabrobó e Petrolina, indicando que o modelo causal expresso

pelas variáveis meteorológicas explicou em 86,1 %, 87,4% e 91,3%, nesta ordem, a variabilidade da evapotranspiração de referência das diferentes localidades estudadas.

Ruhoff et al. (2009), avaliando a evapotranspiração por análise multivariada em áreas de Cerrado e cana-de-Açúcar, no estado de São Paulo, concluíram que a radiação solar global, saldo de radiação (processos radioativos), velocidade do vento e pressão atmosférica (componentes do processo de circulação atmosférica) explicaram em 62% da variância dos valores da evapotranspiração. Resultados similares para a radiação solar foram citados por Caixeta (2009), Araújo et al. (2011) e Silva et al. (2012), que constataram que a importância da radiação solar na ETo, porém efeitos indiretos da temperatura do ar via radiação foram constatados para a localidade de Arcoverde, PE.

Estas análises implicam na escolha dos métodos de estimativa da ETo para os municípios de Arcoverde, Cabrobó e Petrolina. Deve-se priorizar metodologias que considerem, sobretudo, o efeito da radiação solar e umidade relativa do ar, minimizando assim, erros de estimativa da ETo, e logo, as inconsistências de aplicação desta variável.

CONCLUSÕES

O brilho solar e a umidade relativa do ar foram variáveis determinantes na explicação da variação da evapotranspiração de referência dos municípios de Arcoverde, Cabrobó e Petrolina, logo devem compor métodos para preenchimento de falhas ou na elaboração de novas metodologias, com vistas a reduzir os erros na quantificação da lâmina líquida de culturas agrícolas.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. **REF-ET**: reference evapotranspiration calculator. Kimberly: University of Idaho Research and Extension Center, version 2.0, 76p., 2000.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration**. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, 1998, 300p.

ARAÚJO, G.L, et al. Correlações entre variáveis climatológicas e seus efeitos sobre a evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.5, nº. 2, p.96-104, 2011.

CAIXETA, S. P. **Efeitos de elementos meteorológicos na evapotranspiração estimada pelo Irrigâmetro nas condições climáticas da zona da mata mineira**. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: UFV, 2006. 382p.

MARENGO, J. A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro In: Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. 1 ed. Campina Grande. Instituto Nacional do Semiárido, v.1, p. 383-416, 2011.

RUHOFF, A. L, et al. Análise Multivariada do Processo de Evapotranspiração em Áreas de Cerrado e Cana-de-Açúcar. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 137-146, 2009.

SILVA, L.C.; RAO, T.V.R. Avaliação de métodos para estimativa de coeficientes da cultura de amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.128-131, 2006.

SILVA, T.G.F. et al. Efeito das variáveis meteorológicas na evapotranspiração de referência do Submédio do Vale são Francisco. In: XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 17, 2012, Gramado. **Anais...** Gramado, CBMET, 2012.

WUTKE, E.B. et al. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, n.3, p.621-633, 2000.

XAVIER, T. M. B. S. et al. Interrelações entre Eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a Chuva nas Bacias Hidrográficas do Ceará. **Revista Brasileira Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 111-126. 2003.

MONITORAMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ÁREAS DE HEVEICULTURA USANDO DE IMAGENS DE SATÉLITE

Janice Freitas Leivas¹, Antônio Heriberto de Castro Teixeira², Cristina Gonçalves Rodrigues³, Gustavo Bayma-Silva⁴, Edlene Monteiro Garçon⁵

¹Meteorologista, Pesquisadora, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, São Paulo, janice.leivas@embrapa.br; ²Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, heriberto.teixeira@embrapa.br; ³Zootecnista, Pesquisadora, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, cristina.rodrigues@embrapa.br; ⁴Geógrafo, Analista, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, gustavo.bayma@embrapa.br; ⁵Geógrafa, Analista, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, edlene.garcon@embrapa.br

RESUMO: O Estado de São Paulo é o maior produtor nacional de borracha (53% da produção). Neste contexto, o objetivo deste estudo é utilizar ferramentas de sensoriamento remoto e geotecnologias para auxiliar no monitoramento das taxas evapotranspiratórias (ET) da heveicultura. Através do modelo agrometeorológico espectral SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*), juntamente com dados de estações meteorológicas e imagens do satélite MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), foram obtidos parâmetros como albedo da superfície, a temperatura da superfície, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e evapotranspiração. Os dados de ET foram analisados em áreas com heveicultura, no noroeste do estado de São Paulo dos anos de 2011, 2013 e 2015. As áreas de seringueiras foram mapeadas através de atividade de campo e elaboração de máscara agrícola (*shape*). A evapotranspiração média diária em área de seringueira em 2011 foi $3,80 \pm 1,24$ mm e valor máximo de 6,3 mm. Nas imagens de 2013, os valores máximos de ET alcançaram valores superiores a 7,1 mm e valores médios diários foram de $3,79 \pm 1,36$ mm. Em 2015, devido à grave estiagem ocorrida no estado de São Paulo e consequente diminuição da disponibilidade de água no solo, a ET foi de $1,56 \pm 0,32$ mm. O monitoramento da evapotranspiração é um bom indicador para o monitoramento das condições hídricas e, conseqüentemente, de aspectos relacionados às condições dos seringueiros em larga escala, auxiliando na tomada de decisão de iniciativas públicas e privadas, quanto à expansão das áreas de heveicultura.

PALAVRAS-CHAVE: seringueira, modelagem agrometeorológica, MODIS.

EVAPOTRANSPIRATION MONITORING IN HEVEICULTURE AREAS USING SATELLITE IMAGES

ABSTRACT: The São Paulo state is the largest national producer of rubber (53% of production). In this context, the aim of this study is to use remote sensing tools and geotechnology to assist in monitoring of evapotranspiration rates (ET) of rubber tree. Through the spectral agrometeorological model SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*), along with data from meteorological stations and MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) satellite, parameters such as surface albedo, surface temperature, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) and evapotranspiration. The evapotranspiration data were analyzed in areas with heveiculture, in the northwest of the state of São Paulo of the years of 2011, 2013 and 2015. The areas of rubber trees were mapped through field activity and elaboration of agricultural mask (*shape*). The mean daily evapotranspiration in the rubber area in 2011

was 3.80 ± 1.24 mm and the maximum value was 6.3 mm. In images 2013, ET maximum values achieved values greater than 7.1 mm and daily average values were 3.79 ± 1.36 mm. In 2015, due to the severe drought in the state of São Paulo and consequent decrease in the availability of water in the soil, the ET was 1.56 ± 0.32 mm. The evapotranspiration can be a good indicator for monitoring water conditions and therefore aspects related to the conditions of the rubber on a large scale, assisting public and private initiatives, the expansion of the areas of heveiculture.

KEY-WORDS: rubber tree, agrometeorological modeling, MODIS.

INTRODUÇÃO

A borracha natural é um produto estratégico para o Brasil e o mundo. Projeções mostram que, em 2020, o Brasil poderá produzir 250 mil toneladas diante de um consumo potencial de mais de 500 mil. O Estado de São Paulo é o maior produtor nacional, com 53% da produção. Entre 2000 e 2010, a área cultivada nesse estado cresceu 81%, e há estímulos para a implantação de novos seringais, tanto no nível empresarial quanto no da agricultura familiar (TÔSTO, 2014). São Paulo é o maior produtor de borracha natural no Brasil e com novas implantações de seringais somadas à renovação dos mais antigos, um novo cenário vem se desenhando para a heveicultura paulista. No noroeste paulista é possível observar seringueiras em grandes e pequenas áreas, com produtores investindo em um mercado promissor, já que é cultura perene, com longa vida útil e a demanda supera, em muito, a oferta. Como o Brasil importa mais de 80% do necessário em borracha natural e abriga as mais conhecidas indústrias de pneumáticos do mundo, a Associação dos produtores de borracha (APABOR) incentiva a expansão da cultura diante do aumento da demanda mundial por matéria-prima. Embora o crescimento da cultura seja expressivo, o setor produtivo carece de informações atualizadas. Neste contexto, o objetivo deste estudo é utilizar ferramentas de sensoriamento remoto e geotecnologias para auxiliar no monitoramento das taxas evapotranspiratórias ao longo da cadeia produtiva da seringueira na região noroeste de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende municípios Buritama, José Bonifácio, Monções, Macaúbal, Monte Aprazível, Nhandeara, Nipoã, Planalto, Poloni, Turiúba, União Paulista, Zacarias e Neves Paulista, no noroeste paulista (Figura 1).

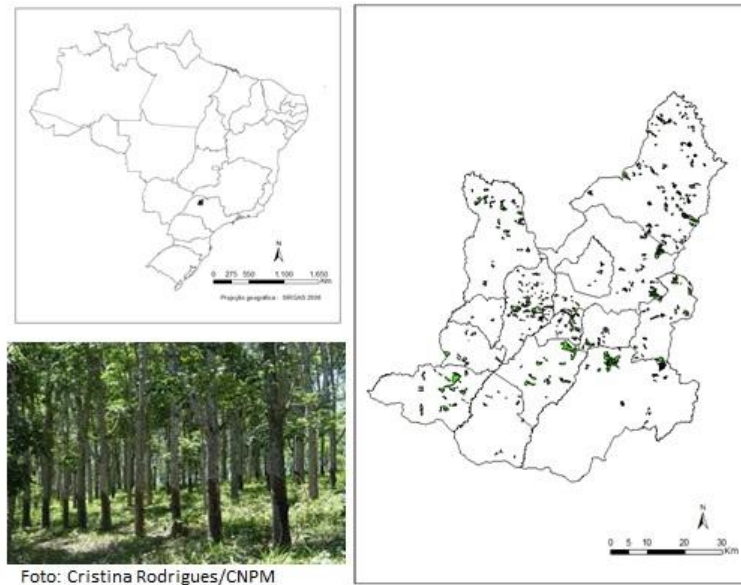


Figura 1. Localização da área de estudo com destaque para a máscara agrícola de áreas ocupadas por heveicultura, no noroeste paulista.

Foram obtidos dados meteorológicos das estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), do período de janeiro de 2011 a dezembro de 2015.

A evapotranspiração foi obtida através do modelo agrometeorológico espectral SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*) (Teixeira, 2013). A modelagem envolve parâmetros obtidos por sensoriamento remoto como albedo da superfície (α_0), a temperatura da superfície (T_s) e o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), assim como dados meteorológicos para cálculo da evapotranspiração de referência (ET_0). Foram utilizados dados da rede de estações automáticas da INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). A partir das imagens MODIS, foi calculado o albedo da superfície (α_0). A temperatura da superfície (T_s) foi obtida por resíduo na equação do balanço de radiação (Teixeira et al., 2014).

O algoritmo SAFER foi usado para modelagem dos valores instantâneos da razão da ET para a evapotranspiração de referência (ET_0), a qual multiplicada pelos valores diários da ET_0 da estação meteorológica fornece a evapotranspiração (ET) em larga escala.

$$\frac{ET}{ET_0} = \left\{ \exp \left[g + h \left(\frac{T_0}{\alpha_0 \text{NDVI}} \right) \right] \right\} \quad (6)$$

onde ET_0 é calculada pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998) e g e h são os coeficientes de regressão (Teixeira et al., 2014a,b).

Para a análise dos resultados, foram extraídos valores de evapotranspiração nas áreas de heveicultura, mapeadas através de atividades de campo com GPS e elaboração de shapes (vetorização) através de imagens de satélite.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do modelo agrometeorológico espectral SAFER, juntamente com dados de estações meteorológicas e imagens do satélite MODIS, foram obtidos os valores médios da evapotranspiração (ET) em áreas com heveicultura, no noroeste do estado de São Paulo (Figura 2).

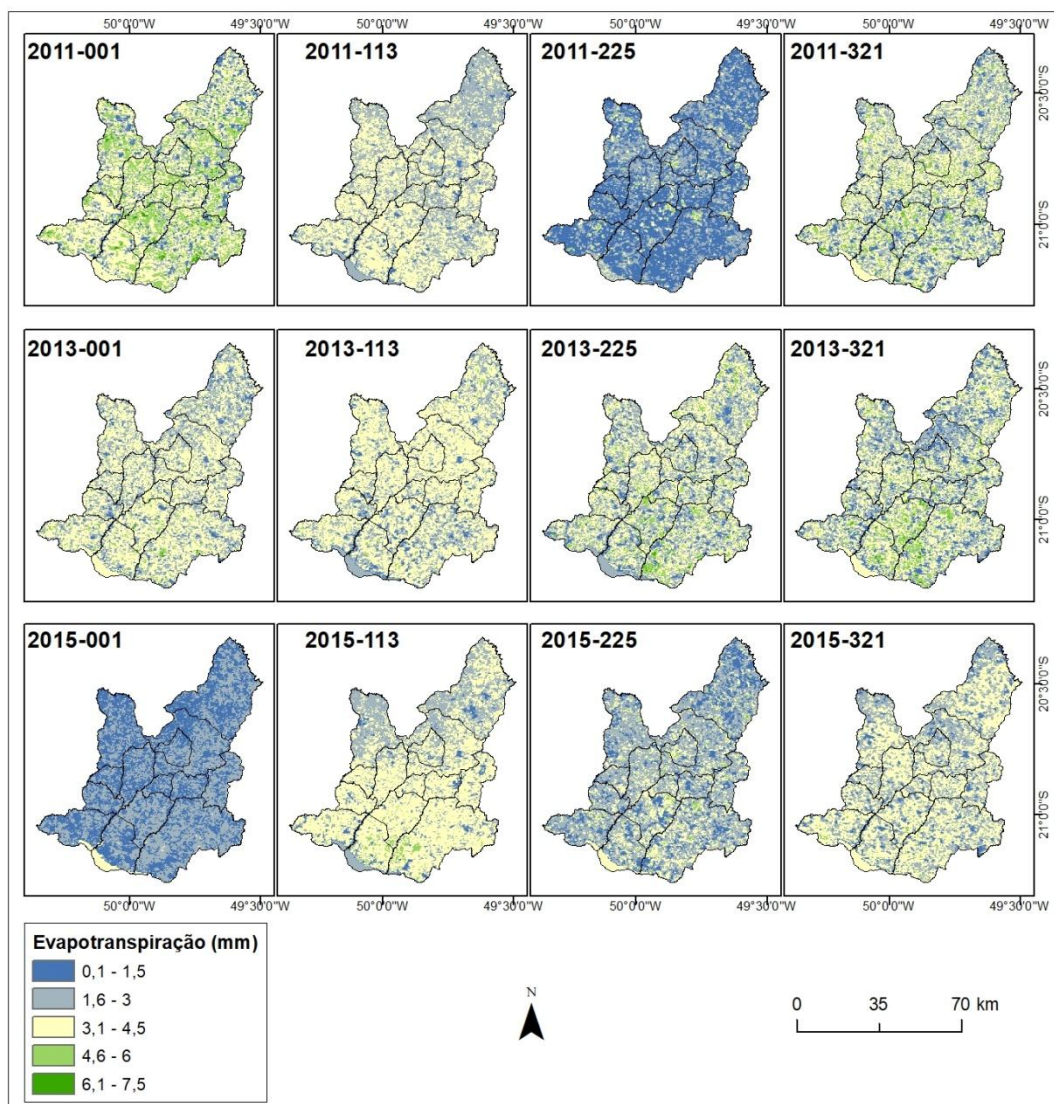


Figura 2. Distribuição espacial da evapotranspiração obtida em municípios com área de heveicultura, no noroeste paulista, ao longo dos anos 2011, 2013 e 2015.

No ano de 2011, destacam-se as áreas com seringueira em tons de verde, alcançando valores superiores a 6 mm. Ao longo do ano (Dia juliano 1, 113, 225 e 321), observa-se a dinâmica das áreas vegetadas em contraste com áreas com outros usos de solo. A evapotranspiração média diária em área de seringueira em 2011 foi $3,80 \pm 1,24$ mm e valor máximo de 6,3 mm nas áreas com seringais. Nas imagens de 2013, os valores máximos de ET alcançaram valores superiores a 7,1 mm e valores médios diários foram de $3,79 \pm 1,36$ mm. Em 2015, devido à grave estiagem ocorrida no estado de São Paulo e consequente diminuição da disponibilidade de água no solo, a ET foi de $1,56 \pm 0,32$ mm.

A produção de látex com a seringueira pode apresentar um padrão de sazonalidade associado às deficiências de água para a transpiração (ORTOLANI et al., 1996). O monitoramento das condições hídricas nos seringais pode auxiliar no aumento da produtividade de látex, desde que não hajam outros fatores limitantes como doenças causadas por fungos que desenvolvem-se em ambientes úmidos e altas temperaturas.

Em estudo realizado por Amaral et al. (2011) foi destacado a potencialidade das imagens em áreas de seringais, evidenciando ferramenta para o avanço do sensoriamento remoto no monitoramento florestal e agrônomo.

Diante do exposto, o monitoramento das perdas hídricas por evapotranspiração faz-se importante diante da perspectiva de aumento de área e produção e do incentivo econômico e escassez da matéria-prima borracha, no mercado mundial, sendo um bom indicador das condições hídricas da cultura, em larga escala.

CONCLUSÕES

As estimativas de ET por meio de técnicas de sensoriamento remoto podem ser um bom indicador para o monitoramento das condições hídricas e, conseqüentemente, de aspectos relacionados às condições dos seringais em larga escala. Os resultados obtidos podem auxiliar na tomada de decisão e iniciativas públicas e privadas, quanto à expansão das áreas de heveicultura.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy, 300 pp, 1998.
- AMARAL, C.H.; ALMEIDA, T.I.R.; SOUZA FILHO, C.R.; MAGALHÃES, L.A.; ALVES, M.N. Variação espectral de clones de seringueira utilizando imagens hiperespectrais do sensor aerotransportado ProSpecTIR-VS de duas datas do final do outono. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais...**, Curitiba: SBSR, 2011. p.8469-8475.
- ORTOLANI, A.A.; SENTELHAS, P.C.; CAMARGO, M.B.P.; PEZZOPANE, J.E.M.; GONÇALVES, P.S. Modelos agrometeorológicos para estimativa da produção anual e sazonal de látex em seringueira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, p.147-150, 1996.
- TEIXEIRA, A.H.C.; SCHERER-WARREN, M.; HERNANDEZ, F.B.T., ANDRADE, R.G.; LEIVAS, J.F. Large-Scale Water Productivity Assessments with MODIS Images in a Changing Semi-Arid Environment: A Brazilian Case Study. **Remote Sensing**, v.5, p. 5783-5804, 2013.
- TÔSTO, S. G. **Geohevea**: sustentabilidade, competitividade e valoração de serviços ecossistêmicos da heveicultura em São Paulo com uso de geotecnologias. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2014. 2 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1014521/1/4463.pdf>>. Acesso em: 5 de maio de 2017.

BALANÇO HÍDRICO EM REGIÕES COM DIFERENTES SUSCETIBILIDADES À DESERTIFICAÇÃO EM PERNAMBUCO

Thalyta Soares dos Santos¹, Allan Rodrigues Silva², José Francisco da Cruz Neto³, João Pedro Alves de Souza Santos⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Pesquisadora DCR/FACEPE/CNPq, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, tthalyssoares@gmail.com

²Doutor em Ciências Climáticas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,

³Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE

⁴Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: O balanço hídrico climatológico é uma metodologia amplamente utilizada para se estudar a disponibilidade da água no solo, e na atualidade é um instrumento importante para o planejamento agrícola e ambiental. Este trabalho teve como objetivo analisar o balanço hídrico climatológico em regiões com diferente suscetibilidade a desertificação no estado de Pernambuco. O balanço hídrico foi determinado a partir do método de Thornthwaite e Mather, com dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Concluiu-se que em regiões semiáridas de Pernambuco o balanço hídrico é mais afetado, apresentando altos valores de déficit hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: Thornthwaite. Déficit hídrico. Evapotranspiração.

WATER BALANCE IN REGIONS WITH DIFFERENT SUSCEPTIBILITY TO DESERTIFICATION IN PERNAMBUCO

ABSTRACT: Climatological water balance is a widely used methodology to study the availability of water in the soil, and is currently an important tool for agricultural and environmental planning. This work had as objective to analyze the water balance in regions with different susceptibility to desertification in the State of Pernambuco. The water balance was determined using the method of Thornthwaite and Mather, with data provided by the National Institute of Meteorology. It was concluded that in semi-arid regions of Pernambuco the water balance is more affected, presenting high values of hydric deficit.

KEY-WORDS: Thornthwaite. Hydric deficit. Evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

O Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui regimes de precipitação bastante diversificados. O setor norte do Nordeste do Brasil (NEB), particularmente o semiárido, constitui-se numa região extremamente anômala quanto à distribuição de chuvas, em relação a outras regiões localizadas nas mesmas latitudes (KAYANO; ANDREOLI, 2009) (como é o caso da Amazônia). Dessa maneira, a precipitação na região Nordeste é associada à alta variabilidade temporal e espacial.

A deficiência hídrica é a principal responsável pela queda de produção de diversos tipos de cultura. Este fato, associado ao alto índice de suscetibilidade à desertificação observada no Nordeste do Brasil, têm causado impactos ambientais, sociais e econômicos. Marengo (2008) afirma que o aumento da temperatura, diminuição da precipitação e conseqüentemente a presença de menos água no solo

devem de fato transformar áreas reconhecidas hoje como semiáridas, e estas sofrerão processo de desertificação - fenômeno também previsto para áreas agricultáveis.

Nesse contexto, estudos que identifiquem ocorrência da deficiência hídrica, a intensidade da mesma e sua influência na produtividade das plantas são de grande importância. Dessa maneira, o objetivo principal deste trabalho é avaliar o balanço hídrico em regiões com diferentes níveis de suscetibilidade a desertificação no estado de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de precipitação total e temperatura média, no período de 01/01/1995 a 31/12/2016, em três estações convencionais provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As estações foram escolhidas para diferentes cidades de acordo com nível de suscetibilidade a desertificação definidas pelo Ministério do Meio Ambiente (1998), por meio do mapa de ocorrência de desertificação e áreas de atenção especial no Brasil. Nesse contexto, Petrolina-PE foi escolhido como área inserida no nível muito grave da desertificação; Surubim-PE representa área afetada pelo processo de desertificação em estado grave; e por último Recife-PE que não é apontada com área que corre o risco de desertificação.

O balanço hídrico climatológico foi computado segundo Thornthwaite (THORNTHWAITE; MATHER, 1955). O balanço hídrico climatológico é mais usualmente utilizado na escala mensal e anual, elaborado a partir das normais climatológicas de temperatura média e chuva do local. Para tanto, foram utilizados os dados do INMET e uma capacidade de água disponível (CAD) no valor de 100mm (frequentemente utilizada na literatura). Como resultado, o balanço hídrico fornece as estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM) para cada mês do ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os componentes do balanço hídrico (déficit e excedente hídrico, reposição e retirada da água do solo) observados para a cidade de Petrolina, considerada um núcleo muito grave de desertificação. É possível notar que há deficiência hídrica em todos os meses do ano de acordo com a metodologia utilizada. As elevadas temperaturas provocam um aumento nas taxas evaporativas, e torna o consumo de água pelas plantas maior do que o disponível no solo. Este resultado corroborou com o apresentado por Moura et al. (2007) que apontaram em seu estudo para Petrolina, através de Thornthwaite e Mather (1955), apresentou deficiência hídrica em todos os meses do ano, inclusive no período chuvoso.

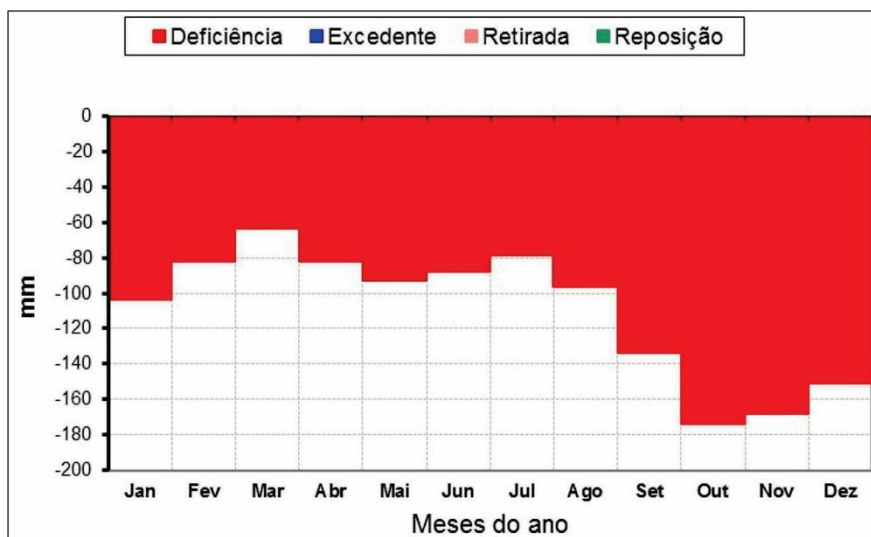


Figura 1. Componentes do balanço hídrico climatológico, durante o período de 01/01/1995 a 31/12/2016 para a cidade de Petrolina-PE.

O balanço hídrico para a cidade de Surubim-PE (núcleo grave de desertificação) é apresentado na Figura 2. Observa-se que o déficit hídrico está presente de forma mais acentuada nos meses de novembro e janeiro, alcançando aproximadamente 100 mm. Nos meses de maio, junho e julho a precipitação foi de 76, 103 e 80 mm, respectivamente, que associado as temperaturas relativamente mais amenas propiciou a reposição de uma pequena parte da água do solo nos meses de julho e agosto. Pereira et al (2002) aponta que a reposição hídrica ocorre no início do período chuvoso, e que as primeiras precipitações são usadas para repor a água do solo, até que este esteja plenamente abastecido.

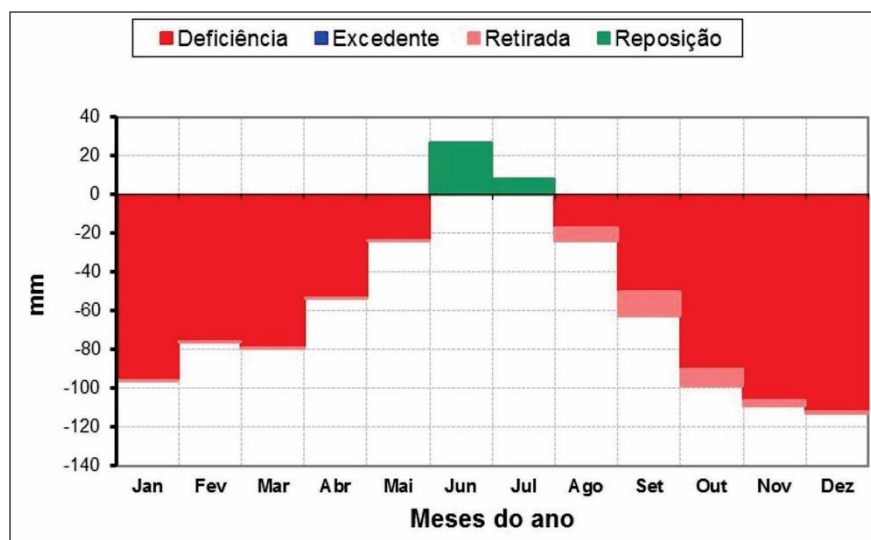


Figura 2. Componentes do balanço hídrico climatológico, durante o período de 01/01/1995 a 31/12/2016 para a cidade de Surubim-PE.

Com relação a cidade de Recife-PE (Figura 3), cidade que não tem nenhum indicativo de desertificação, é possível notar um déficit hídrico inferior as outras cidades estudadas (apontadas como núcleos de desertificação), e que o entre os meses de outubro a fevereiro. No mês de março ocorre a reposição hídrica, o solo é totalmente

abastecido e nota-se o excedente hídrico nos meses de abril a agosto, coincidindo com a estação chuvosa da região (abril a maio), e apenas a partir de setembro as retiradas ocorrem e continuam nos meses de outubro e novembro.

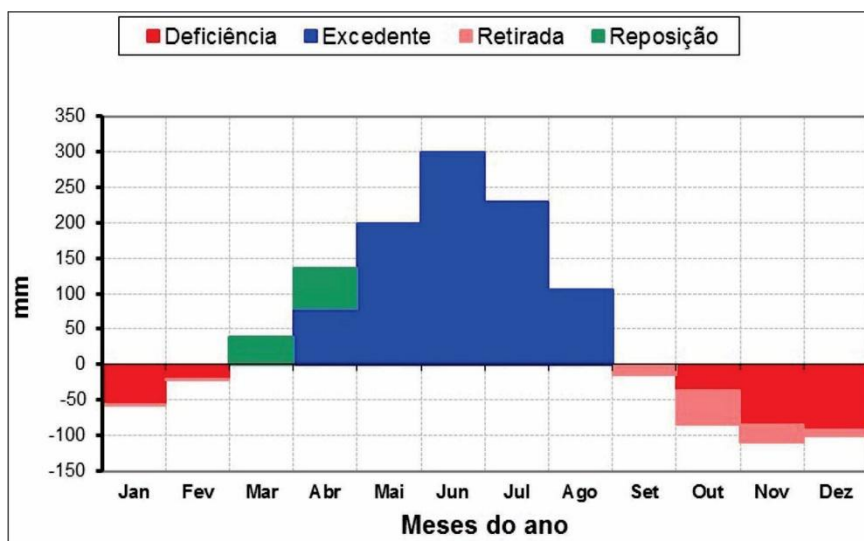


Figura 3. Componentes do balanço hídrico climatológico, durante o período de 01/01/1995 a 31/12/2016 para a cidade de Recife-PE.

CONCLUSÕES

O balanço hídrico climatológico mensal para o estado de Pernambuco evidenciou que em regiões que possuem uma suscetibilidade a desertificação muito grave, mesmo durante os meses mais chuvosos do ano, há a existência de déficit hídrico em todos os meses. Na área com suscetibilidade grave apenas em dois meses do ano ocorreu o déficit hídrico e na cidade sem indicativo de desertificação ocorre meses com déficit e excedente hídrico, ocorrendo então a retirada e reposição de água no solo.

A ocorrência de déficit hídrico em plantas cultivadas afeta o crescimento e o desenvolvimento das culturas em todo o mundo. O estudo do balanço hídrico é importante, principalmente em áreas semiáridas para que seja possível desenvolver alternativas à ocorrência de déficit hídrico, como conciliar época de maior consumo de água pelas culturas com época em que existe uma maior quantidade de água disponível na região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FACEPE/CNPQ através do projeto de pesquisa APQ-0324-1.07/16-DCR, e ao GAS (Grupo de Agrometeorologia do Semiárido) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da região Nordeste do Brasil. CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M. G. A. J.; SILVA DIAS, M. F. **Tempo e clima do Brasil**, v. 1, p. 213–233, 2009.

MARENGO, J. A. água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, Scielo, v. 22, p.83–96, 00 2008.

MINISTÉRIO do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - MMA. **Mapa de ocorrência de desertificação e áreas de atenção especial no Brasil**. Brasília: Topografia e Engenharia-Topocart, 1998.

MOURA, M. D.; GALVINCIO, J. D.; BRITO; L. D. L.; SOUZA, L. D.; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. D. Clima e água de chuva no semiárido. **BRITO, LTL; MOURA, MSB Água de Chuva no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, v. 13, 2007.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia (Fundamentos e Aplicações Práticas)**. Guaíba: Agropecuária, 478p. 2002.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, **Publications in Climatology**, 104p., 1955.

ESTIMATIVA DO SALDO DE RADIAÇÃO EM POMARES DE MANGUEIRA NO NORDESTE DO PARÁ

Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza¹, Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes², Juliana Chagas Rodrigues³, João Vitor de Nóvoa Pinto⁴, Adriano Marlisom Leão de Sousa⁵

¹ Prof. Dr. Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, UFRA, Belém, Pará, paulo.jorge@ufra.edu.br.; ² Doutorando em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, garilbalde@gmail.com; ³ Doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Esalq, Piracicaba, São Paulo, juliana_c_rodrigues@yahoo.com.br; ⁴ Mestrando em Agronomia, UFRA, Belém, Pará, jvitorpinto@gmail.com; ⁵ Prof. Dr. Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, UFRA, Belém, Pará, adriano.souza@ufra.edu.br.

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar a estimativa do saldo de radiação durante a fase reprodutiva de pomares de mangueira no nordeste do Pará. Para isso, uma torre micrometeorológica foi instalada e instrumentada no centro de uma área experimental para o monitoramento de variáveis meteorológicas, além da avaliação fenológica do pomar, que aconteceram durante a safra de 2010/2011 e de 2011/2012. A radiação solar global (Rg) foi monitorada usando um piranômetro do tipo CMP3 (Kipp & Zonen), enquanto o saldo de radiação (Rnet) foi obtido com um saldo radiômetro do tipo NR-Lite (Kipp & Zonen) instalados a 10,0 e 8,5 m de altura, respectivamente. Modelos de regressão simples foram ajustados para a estimativa do saldo de radiação diária em função da radiação solar global em cada sub-fase reprodutiva do pomar. Verificou-se uma relação muito próxima entre o saldo de radiação e a radiação global em base diária, a qual foi confirmada na análise de regressão, com valores obtidos para o coeficiente de determinação (R^2) maiores que 0,94. Em média, o saldo de radiação correspondeu a valores entre 59 e 68% da radiação solar incidente, resultados estes consistentes com outros trabalhos realizados para frutíferas.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos empíricos, Pomar de mangueiras, Saldo de radiação.

NET RADIATION ESTIMATION OVER MANGO ORCHARDS SIN THE NORTHEAST OF PARÁ

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the estimative of the net radiation during the reproductive stage of two season of a mango orchard in the northeast of Pará, Brazil. Therefore, a micrometeorological tower was installed and instrumented, in the center of the experimental area, to monitor meteorological variables, besides the phenological evaluation of the mango orchard, which was carried out during crop seasons of 2010 - 2011 and 2011 - 2012. The global solar radiation (Rg) was monitored using a pyranometer (CMP3, Kipp & Zonen), while the net radiation (Rnet) was obtained through a net radiometer (NR-Lite, Kipp & Zonen) installed at 10.0 m and 8.5 m height, respectively. Simple linear regression models were fitted to estimate the daily net radiation as a function of global solar radiation in each mango production sub-phase. It was noticed that there is a close relationship between net radiation and global solar radiation on a daily basis, which is confirmed in the regression analysis with obtained values of the determination coefficients (R^2) greater than 0.94. On average, the net radiation presented values between 59 and 68% of the incident solar global radiation. This is consistent with couple works performed for fruit trees and other crops.

KEY-WORDS: Mango orchard; Net radiation; Empirical modelling.

INTRODUÇÃO

A irradiância solar tem um papel fundamental na regulação e controle dos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas (COSENTINO et al., 2016), podendo ser utilizada na estimativa de produção e rendimento das culturas, estudos ecológicos e de disponibilidade energética (GOUACHE et al., 2015). Devido a importância da radiação solar, a quantificação dos componentes do balanço radiativo em superfícies vegetadas tem sido objeto de várias pesquisas, como cultivo de cana de açúcar (AZEVEDO et al., 2014), em Capim, Paraíba; de soja (SOUZA et al., 2013), em Paragominas, Pará.

Dependendo do tipo de ecossistema há um padrão diferente de interação com a atmosfera, a qual é responsável pelo controle e regulação do clima local. Culturas perenes, como a mangueira, quando atingem a maturidade, tendem a consumir a maior parte da energia disponível como fluxo de calor latente e sensível, com pequenas proporções destinadas ao fluxo de calor para o solo, devido, principalmente, ao porte que proporciona maior interceptação da radiação solar e cobertura do solo (SILVA et al., 2007).

Considerando a importância da cultura da mangueira no cenário nacional, a incipiência de estudos agrometeorológicos sobre a cultura e o potencial de expansão no cultivo de mangueiras na Amazônia, este estudo teve como objetivo analisar o saldo de radiação na fase reprodutiva em um pomar de mangueiras no nordeste paraense, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um pomar de mangueiras cv. Tommy Atkins localizado no sítio experimental de Cuiarana, pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), município de Salinópolis, Pará (00°39'50,50"S, 47°17'4,10"O e altitude 17 m). O pomar foi implantado em 1993 para fins comerciais, em espaçamento de 10,0 x 10,0 m (100 plantas ha⁻¹), com podas realizadas anualmente na fase vegetativa e cultivada em sequeiro, em uma área total de 25 ha. No centro do pomar foi demarcada uma área de um hectare para o estudo, para as coletas de dados meteorológicos e fenológicos ao longo do ciclo produtivo, nas safras 2010-2011 (10/2010 a 01/2011) e 2011-2012 (09/2011 a 01/2012), as quais receberam as denominações de safra 1 e safra 2, respectivamente. O ciclo reprodutivo da mangueira foi dividido em quatro estádios fenológicos, sendo estes: floração, queda de frutos, formação de frutos e maturação dos frutos.

A radiação solar global incidente (R_g) foi acompanhada através de um piranômetro (CMP3, *Kipp & Zonen*) instalado a 10,0 m de altura e o saldo de radiação (R_{net}) foi monitorado através de um saldo radiômetro (NR-Lite, *Kipp & Zonen*) instalado a 8,5 m de altura. Foram ajustados modelos de regressão linear simples para estimativa do saldo de radiação diário em função da radiação solar global em cada subfase de produção da manga. Para fins de cálculo, foram efetuadas as integrações dos totais de R_{net} e R_g em intervalos diários (24 horas) para cada fase do ciclo de produção. Para a geração dos modelos empíricos foram utilizados os dados do ciclo produtivo da safra 1 e a validação dos mesmos foi realizada com dados da safra 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se uma estreita relação entre o saldo de radiação e radiação solar global em base diária, o que se confirma nas análises de regressão com a obtenção de valores

dos coeficientes de determinação (R^2) maiores que 0,94 e p -valor $<0,0001$ em todos os modelos empíricos em cada fase fenológica. Em média o saldo de radiação representou entre 59 e 68% da radiação incidente, estando de acordo com alguns trabalhos realizados para fruteiras e outras culturas (HELDWEIN et al., 2012).

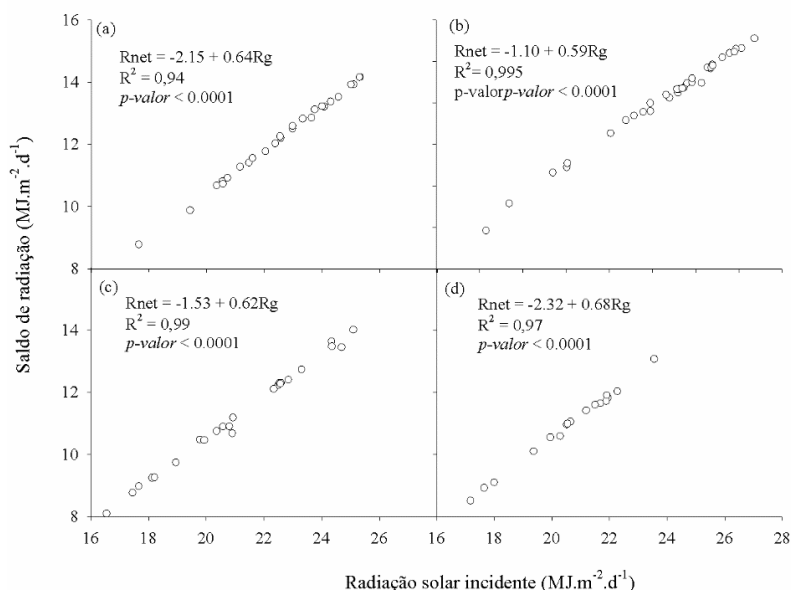


FIGURA 1. MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR ENTRE O SALDO DE RADIAÇÃO E A RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL SOBRE DOSSÊIS DE MANGA NA SAFRA 1. (A) FLORAÇÃO, (B) QUEDA, (C) FORMAÇÃO E (D) MATURAÇÃO DE FRUTOS

Em vários estudos se faz importante a estimativa do saldo de radiação em função da radiação solar global, tanto para valores instantâneos como para valores diários, confirmando que existe ótima dependência linear entre esses dois componentes, podendo haver variação dos coeficientes angular e linear da regressão e do coeficiente de determinação em função da fase fenológica (HELDWEIN et al., 2012) e da época do ano (SENTELHAS; NASCIMENTO, 2003).

Outros trabalhos apresentam equações que descrevem o saldo de radiação em função do balanço de ondas curtas (SENTELHAS; NASCIMENTO, 2003), o que exigiria o conhecimento do albedo ou do componente refletido para sua obtenção. No caso da mangueira, porém, a pequena variação na reflectância da superfície ao longo do ciclo produtivo, a pouca variabilidade no valor do IAF na área monitorada torna desprezível o provável ganho que a correlação teria ao se utilizar o BOC ao invés de apenas o R_g na estimativa do saldo de radiação.

Apesar de ocorrer uma superestimativa na fase de maturação (Figura 2d) com erros médios de 0,74 MJ.m⁻².dia⁻¹, todas as equações conseguiram reproduzir satisfatoriamente e com elevada precisão ($R^2 = 99\%$) o saldo de radiação em todas as fases durante a validação. A julgar pela elevada exatidão das equações, que correspondeu a 91,4% no florescimento, a 82,2% na fase de queda, a 89,6% na formação e a 97,3% na maturação além dos elevados índices de concordância, os resultados sugerem que o saldo de radiação durante a fase reprodutiva da mangueira pode ser estimado com elevada eficiência em função da radiação global na região de estudo.

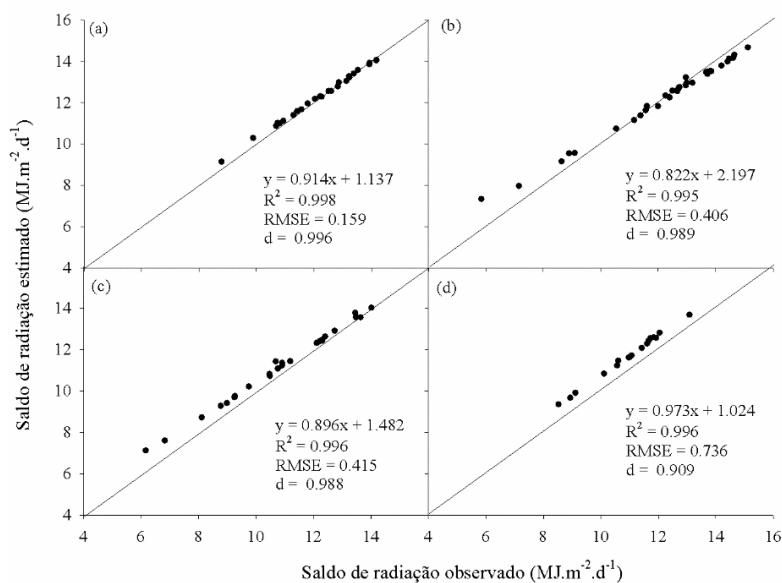


FIGURA 2. MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR ENTRE O SALDO DE RADIAÇÃO E A RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL SOBRE DOSSÊIS DE MANGA NA SAFRA 1. (A) FLORAÇÃO, (B) QUEDA, (C) FORMAÇÃO E (D) MATURAÇÃO DE FRUTOS.

CONCLUSÕES

O saldo de radiação pode ser estimado através da radiação global com elevada precisão e exatidão em todas as subfases reprodutivas da mangueira. O saldo de radiação em pomares de mangueira no nordeste Paraense variou entre 59 e 68% da radiação solar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos, ao CNPq pelo apoio à pesquisa (processo n° 483402/2012-5) e pela bolsa de produtividade do último autor (processo n° 311145/2013-2), à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação-Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, P.V., SABOYA, L.M.F., DANTAS NETO, J., OLIVEIRA, F.S., BEZERRA, J.R.C. AND FARIAS, C.H.A. Disponibilidade energética para a cultura da cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 10, p. 1031-1038. 2014.

COSENTINO, S.L., PATANÈ C., SANZONE, E., TESTA, G. AND SCORDIA, D. Leaf gas exchange, water status and radiation use efficiency of giant reed (*Arundo donax* L.) in a changing soil nitrogen fertilization and soil water availability in a semi-arid Mediterranean area. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v.72, p. 56-69, 2016.

GOUACHE, D., BOUCHON, A., JOUANNEAU, E. AND BRIS, X.L. Agrometeorological analysis and prediction of wheat yield at the departmental level in France. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 209-210, p. 1-10. 2015.

HELDWEIN, A.B., MALDANER, I.C., BOSCO, L.C., TRENTIN, G., GRIMM, E.L., RADONS, S.Z. AND LUCAS, D.D.P. Saldo de radiação diurno em dosséis de batata como função da radiação solar global. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 96-104, 2012.

SOUZA, P.J.O.P., ROCHA, E.J.P. AND RIBEIRO, A. Impactos do avanço da soja no balanço de radiação no leste da Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 43, n. 2, p. 169-178, 2013.

SILVA, V.P.R., AZEVEDO, P.V. AND SILVA, B.B. Surface energy fluxes and evapotranspiration of a mango orchard grown in a semiarid environment. **Agronomy Journal**, Madison, v.99, p.1391-1396, 2007.

SENTELHAS, P.C. AND NASCIMENTO, A.L.C. Variação sazonal da relação entre o saldo de radiação e irradiância solar global. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 71-77, 2003.

CONTRIBUIÇÃO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS SOBRE A ETo EM MUNICÍPIOS DO EXTREMO OESTE DE PERNAMBUCO

Wellington Jairo da Silva Diniz¹, Thieres George Freire da Silva², Ailton Alves de Carvalho³, José Edson Florentino de Moraes³

¹Doutorando em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, wellingtonjairo@hotmail.com; ²Professor. Adjunto IV Agrometeorologia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, Pernambuco, thieres@uast.ufrpe.br, ³Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, ailtonalvesst@gmail.com, josedson50@hotmail.com

RESUMO: Objetivou-se avaliar a contribuição das variáveis meteorológicas na variabilidade da ETo de localidades situadas no extremo oeste pernambucano. Para tanto foram utilizados dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação e brilho solar, dos municípios de Recife e Surubim oriundo de estações convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia, compreendendo o período 1962 até 2013. Estimou-se a ETo a partir do método de Penman Monteith, posteriormente foi aplicada a matriz de correlação e, em seguida, a mesma foi usada na avaliação da multicolinearidade entre as variáveis meteorológicas e na análise de trilha. Como resultados, verificou-se que os coeficientes de determinação da análise de trilha foram elevados para Recife e Surubim, indicando que o modelo causal expresso pelas variáveis meteorológicas explicou em 85,6% e 87,4% a variabilidade da evapotranspiração de referência das diferentes localidades estudadas. O brilho solar e umidade relativa do ar foram variáveis cruciais na explicação da variação da evapotranspiração de referência das localidades, logo devem compor métodos para preenchimento de falhas ou na elaboração de novas metodologias para a estimativa da ETo.

PALAVRAS-CHAVE: Recife, Surubim, análise de trilha.

CONTRIBUTION OF METEOROLOGICAL VARIABLES ABOUT ETo IN MUNICIPALITIES OF THE EXTREME WEST OF PERNAMBUCO

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the contribution of meteorological variables in the ETo variability of localities located in the far west of Pernambuco. For this purpose, data on air temperature, relative air humidity, wind velocity, precipitation and solar brightness were used for the municipalities of Recife and Surubim from conventional stations of the National Institute of Meteorology, covering the period from 1962 to 2013. It was estimated The ETo from the Penman Monteith method, later the correlation matrix was applied and then it was used to evaluate the multicollinearity between the meteorological variables and the track analysis. As results, it was verified that the determination coefficients of the track analysis were high for Recife and Surubim, indicating that the causal model expressed by the meteorological variables explained in 85.6% and 87.4% the variability of the reference evapotranspiration of the different Studied. The solar brightness and relative humidity of the air were crucial variables in explaining the reference evapotranspiration variation of the localities, so they should compose methods to fill in gaps or in the elaboration of new methodologies for the estimation of ETo.

KEY-WORDS: Recife, Surubim, path analysis.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração considerada como um dos principais componentes do balanço hídrico, utilizada para descrever os processos de transferências de água para a atmosfera, sendo de suma importância a quantificação desta perda para posterior reposição a partir de lâminas de irrigações. Com as incertezas climáticas, a produção forrageira e pecuária em condição de sequeiro fica comprometida. Neste sentido, a irrigação ganha papel fundamental no desenvolvimento regional, permitindo a redução das perdas e possibilitando que as culturas expressem os seus máximos potenciais produtivos (SILVA; RAO, 2006).

Os principais fatores influentes na ETo são as variáveis meteorológicas, com destaque para a radiação, temperatura, precipitação e velocidade do vento os quais podem agir em conjunto aumentando a dificuldade de analisar separadamente o efeito de cada uma dessas variáveis (MOHAN; ARUMUGAM, 1996; SILVA et al., 2012; VILLA NOVA, 1987). O conhecimento dos efeitos das variáveis meteorológicas na evapotranspiração máxima de um local permite auxiliar na seleção dos métodos mais adequados para a estimativa da ETo, com vistas ao planejamento e tomada de decisão agrícola, e avanço da irrigação (ARAUJO et al, 2011). Deste modo, objetivou-se avaliar a contribuição das variáveis meteorológicas sobre a evapotranspiração de referência de localidades situadas no extremo oeste do estado de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados usados neste estudo foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referente à série diária de 1962 a 2013 das estações convencionais dos municípios do extremo Oeste pernambucano (Recife e Surubim). As variáveis meteorológicas utilizadas foram: temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média ($t_{máx}$, $t_{mín}$, $t_{méd}$, °C), umidade relativa do ar (UR, %), velocidade do vento (u , $m\ s^{-1}$), precipitação (P, mm) e brilho solar (n).

A evapotranspiração de referência (ETo $mm\ dia^{-1}$) foi estimada por meio do método padrão proposto pela FAO, denominado Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998), usando o aplicativo computacional REF-ET (ALLEN, 2000).

Na análise da contribuição dos elementos meteorológicas na ETo, as variáveis meteorológicas foram consideradas como variáveis explicativas, enquanto a ETo como dependente. A matriz de correlação de Pearson foi montada para identificar quais variáveis que apresentaram relação significativa com a ETo (1% ou 5% de significância). Em seguida, a matriz foi usada no diagnóstico de multicolinearidade dentre as variáveis explicativas. Quando se constatou algum grau de multicolinearidade este foi atenuado por meio da identificação e exclusão das mesmas da base de dados para o estudo. O objetivo da eliminação das variáveis foi tornar todos os VIF menores do que 10, e NC menores do que 100 (CRUZ, 2006).

Após constatado colinearidade moderada ou fraca a matriz de correlação de Pearson foi refeita, contemplando apenas o conjunto de variáveis que resultaram baixa multicolinearidade. Esta nova matriz foi usada na análise de trilha para desdobramento dos efeitos diretos e indiretos das variáveis meteorológicas sobre a ETo. Todas as análises foram feitas no software “Genética Quantitativa de Estatística Experimental”- GENES (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as localidades de Recife e Surubim, a evapotranspiração de referência (ET_o) foi fortemente explicada pelo brilho solar (n) e umidade relativa do ar (UR) (Tabela 1), uma vez que apresentaram os maiores valores de coeficiente de correlação total e efeito direto.

Todavia, a temperatura média do ar ($t_{\text{méd.}}$) foi importante na ET_o da localidade de Recife, uma vez que apresentou efeito direto, já para Surubim a temperatura máxima ($t_{\text{máx.}}$) apresentou contribuição na variação da ET_o sendo observado efeito indireto via temperatura mínima do ar ($t_{\text{mín.}}$), assim como o brilho solar (n) via $t_{\text{máx.}}$.

A velocidade do vento (u_2) também apresentou efeito direto sobre a ET_o nas duas localidades, não superando o valor da variável residual.

A $t_{\text{mín.}}$ do ar e a Precipitação (P) apresentaram pouco efeito na ET_o. Este baixo efeito direto da precipitação já era esperado logo que, a ET_o está associada a evapotranspiração de uma superfície padrão com plenas condições de disponibilidade de água (ALLEN et al., 1998). Contudo, o efeito indireto via outras variáveis, como n , poderia ocorrer devido o efeito da nebulosidade sobre a duração real do período diurno. Tal fato não foi significativo no presente estudo.

Os coeficientes de determinação da análise de trilha foram considerados elevados nas duas localidades (Recife e Surubim), indicando que o modelo causal expresso pelas variáveis meteorológicas explicou em 85,6 % e 87,4% a variabilidade da ET_o das diferentes localidades estudadas.

Silva et al. (2012), avaliando o efeito das variáveis meteorológicas na evapotranspiração de referência no Submédio do Vale São Francisco constatou que o saldo de radiação foi aquela variável que mais contribuiu nas variações da ET_o.

Ruhoff et al. (2009), avaliando a evapotranspiração por análise multivariada em áreas de Cerrado e cana-de-açúcar, também concluíram que a radiação solar global, saldo de radiação, velocidade do vento e pressão atmosférica explicaram em 62% da variância dos valores da evapotranspiração. Resultados similares para a radiação solar foram citados por Araújo et al. (2011) e Caixeta (2009).

Os resultados obtidos implicam na escolha dos métodos de estimativa da ET_o para os municípios de Recife e Surubim, devendo-se priorizar metodologias que considerem o efeito, sobretudo, da radiação solar e umidade relativa do ar, minimizando assim, erros de estimativa da ET_o, e logo, as inconsistências de aplicação desta variável.

Tabela 1. Efeitos diretos e indiretos das variáveis meteorológicas sobre a evapotranspiração de referência de municípios do extremo Oeste pernambucano.

Recife,PE				
Variáveis	Efeito		r(parcial)	r total
	Direto	ETo	-0.016	
	Indireto	t _{méd}	0.081	
P	Indireto	Demais variáveis	-0.45	-0.385**
	Direto	ETo	0.081	
	Indireto	n	0.29	
t _{máx}	Indireto	Demais variáveis	-0.016	0.354**
	Direto	ETo	0.164	
	Indireto	UR	0.059	
t _{mín}	Indireto	Demais variáveis	-0.226	-0.002
	Direto	ETo	0.666	
	Indireto	UR	0.248	
n	Indireto	Demais variáveis	-0.06	0.854**
	Direto	ETo	-0.377	
	Indireto	UR	0.262	
t _{méd}	Indireto	Demais variáveis	0.423	0.308**
	Direto	ETo	-0.435	
	Indireto	t _{méd}	0.227	
UR	Indireto	Demais variáveis	-0.504	-0.712**
	Direto	ETo	0.139	
	Indireto	UR	0.158	
u2	Indireto	Demais variáveis	0.12	0.418**
Coeficiente de determinação (R ²)				0.856
Efeito da variável residual				0.378
Surubim,PE				
		Variáveis	r(parcial)	r total
	Direto	ETo	-0.001	
	Indireto	t _{mín}	-0.001	
P	Indireto	Demais variáveis	-0.273	-0.276**
	Direto	ETo	0.195	
	Indireto	n	0.287	
t _{máx}	Indireto	Demais variáveis	0.178	0.662**
	Direto	ETo	-0.127	
	Indireto	t _{máx}	0.114	
t _{mín}	Indireto	Demais variáveis	0.098	0.084*
	Direto	ETo	0.516	
	Indireto	UR	0.176	
n	Indireto	Demais variáveis	0.154	0.848**
	Direto	ETo	-0.288	
	Indireto	t _{mín}	0.025	
UR	Indireto	Demais variáveis	-0.513	-0.775**
	Direto	ETo	0.200	
	Indireto	n	0.138	
u2	Indireto	Demais variáveis	0.125	0.464**
Coeficiente de determinação (R ²)				0.874
Efeito da variável residual				0.354

**, * - Significativo a 1% e 5%, pelo teste t.

CONCLUSÕES

O brilho solar, umidade relativa do ar e a velocidade do vento foram variáveis determinantes na explicação da variação da evapotranspiração de referência dos municípios de Recife e Surubim logo devem compor métodos para preenchimento de falhas ou na elaboração de novas metodologias para a estimativa da ETo, objetivando assim um manejo hídrico das culturas agrícolas das regiões de forma mais eficiente.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. **REF-ET**: reference evapotranspiration calculator. Kimberly: University of Idaho Research and Extension Center, version 2.0, 76p., 2000.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration**. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, 1998, 300p.

ARAÚJO, G.L, et al. Correlações entre variáveis climatológicas e seus efeitos sobre a evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza , v.5, nº. 2, p.96–104, 2011.

CAIXETA, S. P. **Efeitos de elementos meteorológicos na evapotranspiração estimada pelo Irrigâmetro nas condições climáticas da zona da mata mineira**. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: UFV, 2006. 382p.

MOHAN, S.; ARUMUGAM, N. Relative importance of meteorological variables in evapotranspiration: factor analysis approach. **Water Resources Management**, India, v. 10, p.1- 20, 1996.

RUHOFF, A. L, et al. Análise Multivariada do Processo de Evapotranspiração em Áreas de Cerrado e Cana-de-Açúcar. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 137-146, 2009.

SILVA, T.G.F. et al. Efeito das variáveis meteorológicas na evapotranspiração de referência do Submédio do Vale são Francisco. In: XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 17, 2012, Gramado. **Anais...** Gramado, CBMET, 2012.

VILLA NOVA, N. A. Principais métodos climáticos de estimativa de aplicação de água de irrigação. Piracicaba. ESALQ/ Departamento de Física e Meteorologia, 22p. 1987.

WUTKE, E.B. et al. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, n.3, p.621-633, 2000.

IMPACTO DO FENÔMENO ENOS NO RENDIMENTO DE GRÃOS DE CANOLA, NO BRASIL

Jorge Alberto de Gouvêa¹, Genei Antonio Dalmago², Gilberto Rocca da Cunha³, Cleusa Adriane Menegassi Bianchi Krüger⁴, Anderson Santi⁵

¹Eng. Agr. Dr. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, jorge.gouvea@embrapa.br; ²Eng. Agr. Dr. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, genei.dalmago@embrapa.br; ³Eng. Agr. Dr. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, gilberto.cunha@embrapa.br; ⁴Eng. Agr. Dra. Professora da Unijuí, Ijuí, RS, cleusa.bianchi@unijui.edu.br; ⁵Eng. Agr. MSc. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, anderson.santi@embrapa.br;

RESUMO: Os impactos do fenômeno ENOS – Oscilação Sul sobre o rendimento de grãos de canola, no Brasil, ainda não são bem conhecidos, portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar este efeito. Foram construídas séries de rendimento de grãos de canola para os estados do Rio Grande do Sul e do Paraná e para o Brasil. As séries históricas foram analisadas em relação às fases do fenômeno, em anos de ocorrência de El Niño, La Niña e Neutros, após a retirada da tendência tecnológica. Os resultados demonstraram que a maioria dos anos de El Niño é desfavorável para o rendimento de grãos de canola, e que a cultura é favorecida em anos de ocorrência de La Niña e em anos Neutros. O fenômeno ENOS afeta o rendimento de grãos de canola no Brasil, com intensidade variável entre os principais estados produtores.

PALAVRAS-CHAVE: Colza, El Niño, La Niña, variabilidade climática.

THE ENSO PHENOMENON IMPACT ON CANOLA GRAIN YIELD IN BRAZIL

ABSTRACT: The impacts of the ENSO (Southern Oscillation) phenomenon on canola grain yield in Brazil are not yet known; therefore, the main objective of this study was to evaluate this impact. Series of canola grains yield were created for the States of Rio Grande do Sul and Paraná, and for Brazil. The historical series were analyzed in relation to the phases of the ENSO phenomenon (El Niño, La Niña and Neutral years) after the removal of the technological trend. The results showed that the majority of the El Niño years is unfavorable to canola grain yield, and La Niña and Neutral years are favorable to canola grain yield. The ENSO phenomenon affects canola grain yield in Brazil, with intensity varying between the major producing States.

KEY-WORDS: rapeseed, El Niño, La Niña, climate variability.

INTRODUÇÃO

Já é conhecido que o fenômeno ENOS (El Niño-Oscilação Sul) exerce forte influência sobre a variabilidade climática extrema em diversas regiões do planeta. No Sul do Brasil, a presença dos sinais positivos, da fase quente do fenômeno (El Niño), é responsável pelo aumento da quantidade de chuvas, ocorrendo o contrário na fase fria do fenômeno (La Niña). A intensificação da variabilidade dos elementos meteorológicos quando o sinal do fenômeno ENOS é forte tem reflexos na produtividade das culturas agrícolas, favorecendo ou prejudicando o potencial produtivo. No Sul do Brasil, anos de forte influência de El Niño são considerados de alta produtividade para culturas de verão, especialmente soja e milho (BERLATO,

FARENZENA, FONTANA, 2005), em grande parte, associados a maior disponibilidade hídrica (ALBERTO et al., 2006). Entretanto, o excesso de chuvas e a redução da disponibilidade da radiação solar em anos de El Niño prejudicam os cereais de inverno, como trigo e cevada (CUNHA et al., 2001). Já a fase La Niña favorece o rendimento de grãos destas culturas de inverno (CUNHA; DALMAGO; ESTEFANEL, 1999). Considerando que estas respostas ainda não são conhecidas para a cultura da canola, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto do fenômeno ENOS no rendimento de grãos de canola para os Estados do Rio Grande do Sul e do Paraná e para o Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, foram construídas séries históricas de rendimento médio de grãos de canola para o período de 1995 a 2016, nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná e também para o Brasil. Foram compilados dados de séries históricas organizadas por De Mori, Tomm e Ferreira (2014) entre 1995 e 2012, e dados da Conab (2017) para completar as séries até 2016. As séries históricas foram analisadas em relação às fases do fenômeno ENOS – Oscilação Sul, El Niño, La Niña e anos Neutros, de acordo com NOAA (2017), sendo anos de El Niño: 1997, 2002, 2004, 2006, 2009 e 2015; anos de La Niña: 1995, 1998, 1999, 2000, 2003, 2007, 2010, 2011 e 2016; e anos Neutros: 1996, 2001, 2005, 2008, 2012, 2013 e 2014. Para a classificação do ano em uma das três classes, considerou-se a fase ENOS predominante entre os meses de abril e outubro de cada ano, quando a canola é cultivada na Região Sul do Brasil. Para a avaliação do impacto das fases ENOS, os dados originais das séries inicialmente foram submetidos à análise de regressão, em que o ano foi considerado como variável independente e o rendimento médio de grãos de canola, como variável dependente, para separar o efeito da tendência tecnológica, incorporada no sistema de produção de canola, do efeito da variabilidade climática entre os anos. A partir da equação de regressão ajustada aos dados (melhor r^2), foi retirada a tendência tecnológica incorporada aos dados das séries históricas, pela equação “ $Rc_i = [R_i - (Re_i - Re_o)]$ ”, conforme Cunha, Dalmago, Estefanel, (1999) e Cunha et al. (2001), onde Rc_i = rendimento de grãos corrigido para o ano “i”; R_i = rendimento de grãos original para o ano “i”; Re_i = rendimento de grãos do ano “i” estimado pela regressão ajustada aos dados originais; Re_o = rendimento de grãos do primeiro ano da série histórica, estimado pela regressão ajustada aos dados originais. O procedimento de retirada da tendência tecnológica foi feito, separadamente, para cada Estado e para o Brasil. Foram calculados os desvios anuais do rendimento de grãos da canola da média das respectivas séries históricas corrigidas. Os desvios foram classificados de acordo com as classes do fenômeno ENOS para a estimativa dos valores percentuais dos desvios positivos e negativos da média, dentro de cada classe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Historicamente, a canola tem sido cultivada na região Sul do Brasil, onde ocorrem as melhores condições ambientais para a expressão do potencial produtivo. Atualmente, também é cultivada em outros estados do Brasil Central, mas a produção na região tropical ainda é baixa. Por essa razão, as séries históricas de rendimento de grãos de canola são em pequeno número e restringem-se aos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, principais estados produtores e, praticamente, compõem a série histórica nacional de rendimento de grãos, produção e área colhida, conforme De Mori, Tomm e Ferreira (2014) e Conab (2017).

Ao longo dos anos, a cultura da canola tem apresentado incremento do rendimento de grãos, passando de pouco mais de 1.100 kg ha⁻¹, entre 1995-1999, para quase 1.400 kg ha⁻¹, entre 2010 e 2012, (DE MORI; TOMM; FERREIRA, 2014). Embora este incremento tenha sido importante, está muito aquém do potencial da cultura, que pode chegar a 4.500 kg ha⁻¹. Essas diferenças devem-se, em grande parte, à resposta que a canola apresenta a fatores ambientais que atuam na expressão do potencial de rendimento de grãos principalmente mais ao sul do Brasil (KRÜGER et al., 2014) e explicam, em parte, as frustrações de safras entre 2002 e 2006 relatadas por De Mori, Tomm e Ferreira (2014).

Os desvios interanuais das médias históricas de rendimento de grãos da canola, após a retirada da tendência tecnológica incorporada aos dados, mostraram diferenças entre as fases El Niño e La Niña do fenômeno ENOS e destas em relação aos anos considerados Neutros, tanto para os estados do Rio Grande do Sul e do Paraná quanto para a série histórica do Brasil (Figura 1). Para as três séries históricas, em anos de El Niño, os desvios negativos superaram os positivos entre 20% e 67% das ocorrências, com menor intensidade na série histórica de rendimento de grãos de canola do Rio Grande do Sul e maior intensidade naquela do Brasil. Isso indica que há maior probabilidade de anos de El Niño serem desfavoráveis para rendimento de grãos da canola. O contrário ocorreu em anos de La Niña, quando os desvios positivos em relação às médias das séries históricas superaram os negativos entre 33% e 60% das vezes, com menor intensidade na série histórica do Paraná e maior intensidade na série histórica do Rio Grande do Sul (Figura 1). Desta forma, em anos de La Niña há maior probabilidade de ocorrer safras de canola com rendimento de grãos acima da média, em relação aos anos de El Niño. Em anos Neutros, quando as fases ENOS não ocorrem, os desvios positivos também superaram os negativos entre 14% e 67% das ocasiões, com menor intensidade de variação para o estado do Paraná e maior para o Rio Grande do Sul. Portanto, anos neutros também podem ser considerados anos com probabilidade de obtenção de rendimento de grãos de canola acima das médias históricas.

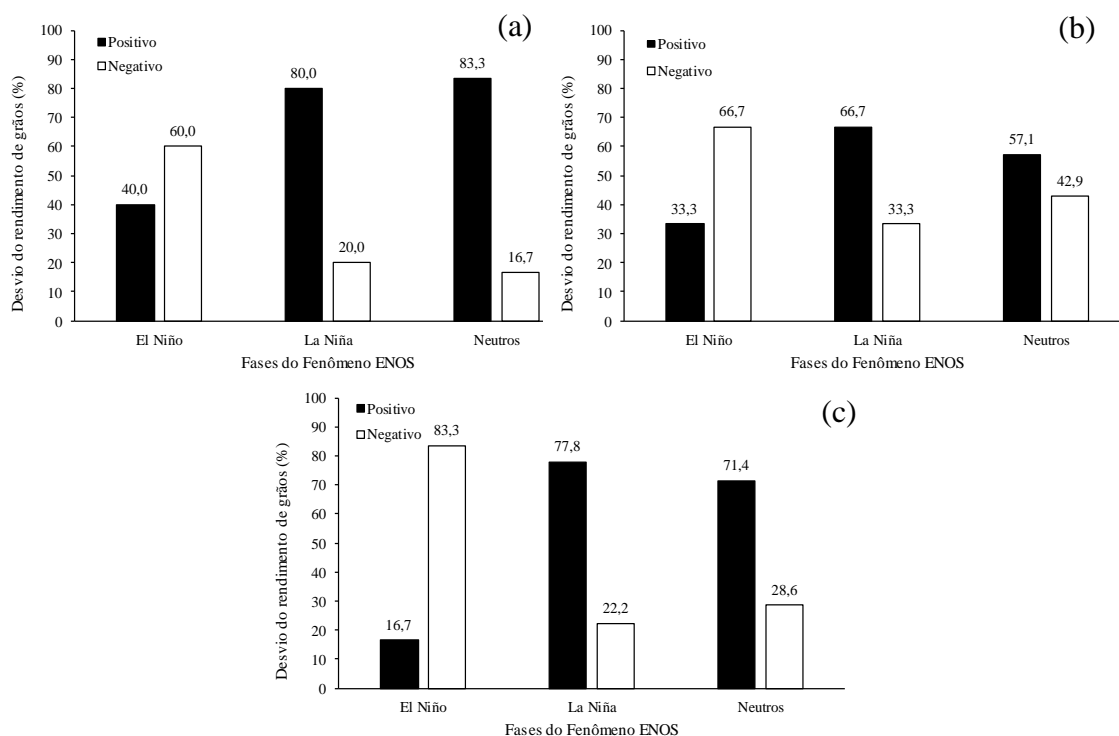


Figura 1. Porcentual de desvios positivos e negativos do rendimento médio de grãos de canola do período de 1995 a 2016, dos anos de El Niño, La Niña e Neutros, para os estados do Rio Grande do Sul (a) e do Paraná (b), e no Brasil (c).

Essas respostas indicam que há maior probabilidade de obtenção de sucessos do que de insucessos com a cultura da canola, uma vez que, tanto em anos de La Niña quanto em anos Neutros, os desvios positivos superam os negativos. Para o estado do Rio Grande do Sul, a taxa de sucesso é maior, uma vez que a diferença entre os desvios positivos e negativos, em anos de El Niño, é menor, comparado ao Paraná. Ou seja, mesmo em anos de El Niño, há chance de anos bons para o rendimento de grãos da canola, a considerar pelo critério das fases do fenômeno ENO. Ainda, no caso do estado do Rio Grande do Sul, os anos Neutros tendem a ser melhores do que os anos de La Niña, ao contrário do que ocorre para o estado do Paraná e para o Brasil (Figura 1). Os resultados observados são bem próximos aos encontrados por Cunha, Dalmago e Estefanel (1999), para o trigo, e por Cunha et al. (2001), para cevada em anos de La Niña, que são duas espécies cultivadas no mesmo período do ano da canola. No caso da canola, os anos neutros também são favoráveis à cultura de forma mais marcante do que acontece com o trigo e a cevada, especialmente no Rio Grande do Sul. Entretanto, é importante destacar que as séries históricas de rendimento de grãos da canola, utilizadas neste trabalho, são menores que as utilizadas para trabalhos de trigo e cevada. Além disso, outros fatores devem ser considerados para o planejamento de cultivo da canola, e não apenas respostas isoladas dos fenômenos de El Niño e La Niña.

CONCLUSÕES

O rendimento de grãos da canola, no Brasil, é afetado negativamente em anos de El Niño e positivamente em ano de La Niña e nos anos Neutros, com intensidade que varia entre os principais estados produtores.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa, pelo apoio financeiro, logístico e operacional, e ao CNPq, pelas bolsas de produtividade e pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALBERTO, C.M. et al. Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.7, p.1067-1075, 2006.

BERLATO, M.A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D.C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.423-432, 2005.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Safras 1976 a 2017: séries históricas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 11 maio 2017.

CUNHA, G.R. da et al. El Niño - Oscilação do Sul e seus impactos sobre a cultura de cevada no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 1, p. 137-145, 2001.

CUNHA, G.R.; DALMAGO, G.A. ESTEFANEL, V. Enso influences on wheat crop in Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.127-138, 1999.

DE MORI, C.; TOMM, G.O.; FERREIRA, P.E.P. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 36 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 149). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do149.htm>. Acesso em: 11 maio 2017.

KRÜGER, C.A.M.B. et al. Relações de variáveis ambientais e subperíodos na produtividade e teor de óleo em canola. **Ciência Rural**, v.44, n.9, set, 2014.

NOAA - **National Oceanic and Atmospheric Administration**. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: 11 maio 2017.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA POR MÉTODOS EMPÍRICOS DISTINTOS PARA CIDADE DE ARAPIRACA-AL

Luan Wamberg dos Santos ¹, Thiago Ferreira Cirilo ², Raiane Maria Lima da Cruz ³,
Leonardo Torres Correia ⁴, Marcilene Bezerra de Sá ⁵

¹Mestrando em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, luan_wamberg@hotmail.com;
²Mestrando em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, cirilo.ifal@gmail.com; ³Graduanda em Agronomia, UFAL, Arapiraca, Alagoas, limaraiane24@gmail.com; ⁴Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, leonardo.torrescorreia@hotmail.com; ⁵Graduanda em Agronomia, UFAL, Arapiraca, Alagoas, marcilenebezerrasa@hotmail.com

RESUMO: A ETo é um importante parâmetro agrometeorológico, principalmente para planejamento e manejo de irrigação. Para determinar a ETo, utiliza-se de algumas equações, tais como: Thornthwaite, Hargreaves-Samani, Blaney-Cridle, e Penman-Monteith. A grande limitação da maioria deles, é que sempre necessitam de calibrações locais para terem precisão. A presente pesquisa teve por objetivo estimar a ETo através dos métodos de: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor, para a cidade de Arapiraca-AL. O trabalho foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos coletados no período compreendido entre os meses de março a abril de 2014, junto à estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de Arapiraca-AL agreste alagoano. Para o método de Penman-Monteith, os valores apresentam uma média de 3,32 mm dia⁻¹, com valor máximo de 4,49 mm dia⁻¹ e valor mínimo de 2,29 mm dia⁻¹. Para o método de Hargreaves-Samani os valores da Evapotranspiração de referência (ETo) apresentaram valor médio de 4,88 mm dia⁻¹, valor máximo de 5,92 mm dia⁻¹ e valor mínimo de 3,56 mm dia⁻¹. Já no método de Priestley-Taylor os valores da ETo apresentaram valor médio de 2,45 mm dia⁻¹, valor máximo de 3,43 mm dia⁻¹ e valor mínimo de 1,90 mm dia⁻¹. Os três métodos tiveram distribuições semelhantes durante o período avaliado, sendo o de Hargreaves-Samani sempre superior aos de Penman-Monteith e Priestley-Taylor respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Métodos Indiretos; Dados Meteorológicos; Elementos Climáticos.

EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION BY EMPIRICAL METHODS DIFFERENT TO THE CITY OF ARAPIRACA-AL

ABSTRACT: ETo is an important agrometeorological parameter, mainly for irrigation planning and management. To determine the ETo, some equations are used, such as: Thornthwaite, Hargreaves-Samani, Blaney-Cridle, and Penman-Monteith. The great limitation of most of them is that they always require local calibrations to be accurate. The present study aimed to estimate the ETo through the methods of: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani and Priestley-Taylor, for the city of Arapiraca-AL. The work was developed from data Meteorological data collected in the period from March to April 2014, next to the Meteorological Station of the National Institute of Meteorology (INMET), located in the municipality of Arapiraca-AL, in the state of Alagoas. For the Penman-Monteith method, the values presented a mean of 3.32 mm day⁻¹, with a maximum value of 4.49 mm day⁻¹ and a minimum value of 2.29 mm day⁻¹. For the Hargreaves-Samani method, the values of the reference evapotranspiration (ETo) presented a mean value of 4.88 mm day⁻¹, a maximum value of 5.92 mm day⁻¹ and a minimum

value of 3.56 mm day⁻¹. In the Priestley-Taylor method, ETo values presented a mean value of 2.45 mm day⁻¹, a maximum value of 3.43 mm day⁻¹ and a minimum value of 1.90 mm day⁻¹. The three methods had similar distributions during the period evaluated, being that of Hargreaves-Samani always superior to those of Penman-Monteith and Priestley-Taylor respectively.

KEY-WORDS: Indirect Methods; Weather Data; Climate Elements

INTRODUÇÃO

As informações meteorológicas são importantes em qualquer atividade agrícola e fundamentais nas tomadas de decisão dos agricultores. Em muitas situações simples aferições de chuvas e/ou evaporações permitem ao produtor decidir com maior confiabilidade sobre o manejo de sua cultura, sem depender de órgãos responsáveis. Além disso, permite que as condições do clima sejam estudadas de forma mais localizada, evitando erros (CARVALHO E OLIVEIRA, 2012).

A ETo é um importante parâmetro agrometeorológico, principalmente para planejamento e manejo de irrigação, mas, também, é considerada elemento climático de demanda hídrica, daí sua aplicação em estudos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos (PEREIRA et al. 2002).

Pode ser determinada por métodos diretos e indiretos, sendo os métodos diretos os que utilizam lisímetros, parcelas experimentais no campo, controle de umidade do solo e método de entrada e saída de água em grandes áreas (BERNARDO et al., 2006).

Para determinar a ETo, utiliza-se de algumas equações, tais como: Thornthwaite, Hargreaves-Samani, Blaney-Cridle, e Penman-Monteith. A grande limitação da maioria deles, é que sempre necessitam de calibrações locais para terem precisão. Após rigorosas avaliações, verificaram que o método de Penman-Monteith modificado, introduzido pela FAO, é o que apresentava melhores estimativas nos diferentes tipos de climas testados, sendo por isso, desde então, recomendado como o método padrão para a estimativa da evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998).

A presente pesquisa teve por objetivo estimar a ETo através dos métodos de: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor, para a cidade de Arapiraca-AL no período de março a abril de 2014.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos coletados no período compreendido entre os meses de março a abril de 2014, junto à estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de Arapiraca-AL agreste alagoano. Esta região é caracterizada pela transição da zona da mata e o sertão alagoano, cujo clima é classificado como tipo 'As' tropical, pelo critério de classificação de Köppen.

Para realizar uma comparação das medidas de ETo, foram utilizados os modelos de Penman-Monteith, Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor, por serem de uso consagrado na literatura. Os modelos foram utilizados com os dados diários coletados da estação meteorológica do INMET.

A evapotranspiração de referência proposta por Penman-Monteith passou por algumas parametrizações, tais como: resistência estomática de 70 s/m e a altura da grama fixada em 0,12m, proposta pelo boletim FAO-56 (Allen et al., 1998), com isso a equação para a obtenção da evapotranspiração de referência toma a seguinte fórmula:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 U_2}{T + 237} \right) U_2 (e_a - e_s)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Em que:

- ET_o: Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);
- R_n: Saldo de radiação (MJ m⁻² dia⁻¹);
- G: Fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹);
- T: Temperatura média diária do ar (°C);
- U₂: Velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m s⁻¹);
- e_s: Pressão da saturação do vapor média diária (kPa);
- e_a: Pressão atual de vapor média diária (kPa);
- S: Declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_{med} (kPa °C⁻¹);
- γ: Coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹);
- 900: fator de transformação de unidades (kJ⁻¹kg K).

O método de Hargreaves-Samani para determinação da (ET_o) diária, em mm dia⁻¹, pode ser apresentada por (PEREIRA et al., 1997).

$$ET_o = 0,0023Ra (T + 17,8) \sqrt{T_{max} - T_{min}} \quad (2)$$

Em que:

- ET_o: Evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;
- R_a: Saldo de radiação, MJ m⁻²d⁻¹;
- T: Temperatura média diária, °C;
- T_{max}: Temperatura máxima, °C;
- T_{min}: Temperatura mínima, °C.

Já o método de Priestley-Taylor é uma simplificação das equações de Penman e de Penman-Monteith. Apresenta a vantagem de se exigir menos dados, sendo muito utilizado nos Estados Unidos, já no Brasil esse método ainda não é tão utilizado. É uma aproximação da equação de Penman-Monteith e possui um coeficiente empírico adimensional = 1,26.

A equação empregada no método de Priestley-Taylor desenvolvido na Austrália tem a seguinte forma:

$$ET_o = 1,26 \cdot \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n + G) \quad (3)$$

Em que:

- ET_o: Evapotranspiração de referência (mm/dia)
- γ: Constante psicrométrica (kPa/°C)
- Δ: Derivada da função de saturação de vapor de água
- R_n: Radiação útil recebida pela cultura de referência (mm/dia)
- G: Fluxo de calor recebido pelo solo (mm/dia)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na Figura 1 ilustra os dados da Evapotranspiração de referência (ET_o) pelos métodos de Penman-Monteith, Hargreaves-Samani e Priestley-

Taylor. Para o método de Penman-Monteith, os valores apresentam uma média de 3,32 mm dia⁻¹, com valor máximo de 4,49 mm dia⁻¹ e valor mínimo de 2,29 mm dia⁻¹.

Para o método de Hargreaves-Samani os valores da Evapotranspiração de referência (ET_o) apresentaram valor médio de 4,88 mm dia⁻¹, valor máximo de 5,92 mm dia⁻¹ e valor mínimo de 3,56 mm dia⁻¹. Já no método de Priestley-Taylor os valores da ET_o apresentaram valor médio de 2,45 mm dia⁻¹, valor máximo de 3,43 mm dia⁻¹ e valor mínimo de 1,90 mm dia⁻¹.

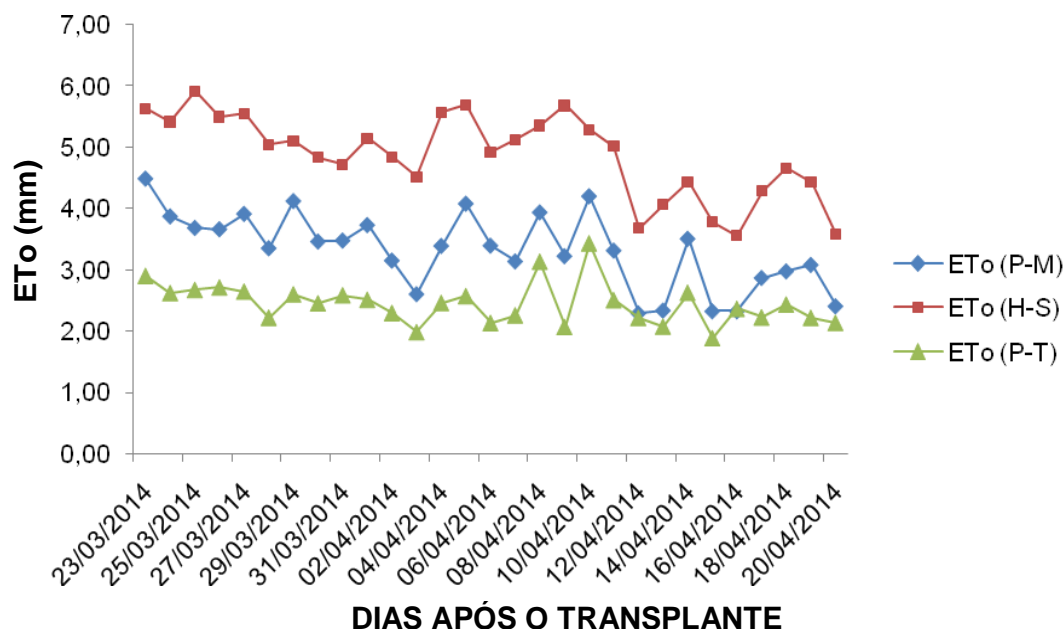


FIGURA 1. Evapotranspiração de referência (eto) estimada pelos métodos de Penman-Monteith, Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor durante o período de 23 de março à 20 de abril de 2014.

Os três métodos comportaram-se inicialmente de maneira um pouco distinta, pois enquanto os métodos de Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor estavam crescendo, o de penman-monteith estava decrescendo. A partir do 6º dia de avaliação, foi que começaram a se assemelharem.

Em nenhum momento o método de Priestley-Taylor comportou-se superior aos outros dois métodos. E o de Penman-Monteith, também não se comportou maior que Hargreaves-Samani. Os resultados encontrados estão de acordo com os de Cavalcanti Junior et al. (2010) em Mossoró-RN e Almeida et al. (2010) Fortaleza-CE.

CONCLUSÕES

Os três métodos tiveram distribuições semelhantes durante o período avaliado, sendo o de Hargreaves-Samani sempre superior aos de Penman-Monteith e Priestley-Taylor respectivamente. Com isso a FAO recomenda que os métodos empíricos de estimativas da ET_o, sejam calibrados e validados para outras regiões, sendo a equação de Penman-Monteith a referência padrão para esses ajustes.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela bolsa de mestrado concedida a mim e ao Laboratório de Meteorologia (LabMet) da UNIVASF.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D., et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, B. M. et al. Comparação de métodos de estimativa da ETo na escala mensal em Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza-CE, v.4, n.2, p.93-98, 2010.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Viçosa, MG: UFV, 2012. 68 e 239 p.

CAVALCANTI JUNIOR, E.G. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Mossoró- RN. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, FortalezaCE, v.4, n.2, p.87-92, 2010

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

COMPARAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET_o) PELO MÉTODO DE PENMAN-MONTHEITH PARA JUAZEIRO-BA E ARAPIRACA-AL

Luan Wamberg dos Santos¹, Mario de Miranda Vilas Boas Leitão², Thiago Ferreira Cirilo³, Leonardo Torres Correia⁴, José Márcio da Silva Santos⁵

¹Mestrando em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, luan_wamberg@hotmail.com;

²Prof. Dr. Em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, mario.miranda@univasf.edu.br;

³Mestrando em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, cirilo.ifal@gmail.com; ⁴Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Juazeiro, Bahia, leonardo.torrescorreia@hotmail.com;

⁵Engenheiro Agrônomo, UFAL, Arapiraca, Alagoas, josemarcioss@hotmail.com

RESUMO: Dentre os muitos métodos desenvolvidos para se estimar a evapotranspiração de referência (ET_o), destaca-se o método de Penman-Monteith-FAO. Este método foi escolhido pela (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) como método único padrão para a definição e cálculo da evapotranspiração de referência. O presente trabalho teve como objetivo, comparar a ET_o utilizando o método de Penman-Monteith-FAO entre as cidades de Juazeiro-BA e Arapiraca-AL. Neste trabalho foram utilizados dados obtidos de uma estação meteorológica da cidade de Juazeiro-BA (09° 25' 00" S; 40° 30' 00" O) e de uma estação meteorológica automática da cidade de Arapiraca (09° 48' 16" S, 36° 37' 9" O), no período de Janeiro a Dezembro de 2015. Observando os valores anuais, pode-se perceber a grande diferença nos valores da ET_o entre as duas cidades, sendo que a localizada no Vale do São Francisco possuiu uma média anual de 7,44 mm dia⁻¹, a do agreste alagoano apresentou um valor de apenas 3,18 mm dia⁻¹; uma diferença de 4,25 mm dia⁻¹. As duas cidades apresentam evapotranspirações bastantes diferentes, devido às variações de temperaturas, umidade relativa, velocidade do vento e possuem localizações distintas, pois enquanto uma encontra-se no semiárido do Vale do São Francisco a outra se localiza na região agreste alagoana.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido; Agreste; Método indireto

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION (ET_o) ESTIMATION BY PENMAN-MONTHEITH'S METHOD FOR JUAZEIRO-BA AND ARAPIRACA-AL

ABSTRACT: Among the many methods developed to estimate reference evapotranspiration (ET_o), we highlight the Penman-Monteith-FAO method. This method was chosen by the (United Nations Food and Agriculture Organization) as the only standard method for the definition and calculation of ET_o. The objective of this study was to compare ET_o using the Penman-Monteith-FAO method between the cities of Juazeiro-BA and Arapiraca-AL. In this work, data obtained from a meteorological station of the city of Juazeiro-BA (09° 25' 00" S, 40° 30' 00" W) and an automatic meteorological station of the city of Arapiraca (09° 48' 16" S, 36° 37' 9" W). In the period from January to December of 2015, observing the annual values, one can perceive the great difference in the values of ET_o between the two cities, being that located in the São Francisco Valley had an annual average of 7.44 mm/day, that of the rural alagoano presented a value of only 3.18 mm day⁻¹; A difference of 4.25 mm day⁻¹. The two cities have very different evapotranspirations, due to variations in temperature,

relative humidity and wind speed, and they have different locations, since one is located in the semi-arid region of the São Francisco Valley.

KEY-WORDS: Semi-arid; Agreste; Indirect method

INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas do semiárido brasileiro é a irregularidade espaço temporal das chuvas (ALMEIDA E SILVA, 2008). Por isso, torna-se necessário o conhecimento sobre os elementos hidrológicos e como eles se comportam em cada região a fim de estabelecer políticas de gerenciamento adequadas ao uso e demanda da água, atendendo as devidas necessidades da população e da produção de alimentos. Devido ao aumento pela demanda hídrica, é importante a utilização múltipla da água.

O termo evapotranspiração foi introduzido por Thornthwaite em 1940 (CARVALHO et al., 2011). A evapotranspiração é a perda de água para a atmosfera, através dos processos simultâneos de evaporação da água, do solo e da transpiração pelas plantas (CAMARGO E CAMARGO, 2000). Já o termo evapotranspiração de referência (ET_o), é denominado como a perda de água pela superfície para atmosfera, sendo essa superfície gramada, cobrindo o solo sem ocasionar restrição de umidade (BORGES E MEDIONDO, 2007).

Dentre os muitos métodos desenvolvidos para se estimar a ET_o, destaca-se o método de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998). Este método foi escolhido pela (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) como método único padrão para a definição e cálculo da ET_o. Ele requer como variáveis meteorológicas de entrada a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade do ar e os dados de velocidade do vento. O presente trabalho teve como objetivo, comparar a ET_o utilizando o método de Penman-Monteith entre as cidades de Juazeiro-BA e Arapiraca-AL.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados dados obtidos de uma estação meteorológica da cidade de Juazeiro-BA (09°25'00" S; 40°30'00" O) e de uma estação meteorológica automática da cidade de Arapiraca (09°48'16" S, 36°37'9" O), no período de Janeiro a Dezembro de 2015, referente a 365 dias, utilizando as variáveis a saber: radiação solar global; velocidade do vento (2 metros de altura); temperatura do ar máxima, mínima e média; e umidade relativa do ar máxima, mínima e média.

O Município de Juazeiro-BA situa-se no vale do Rio São Francisco ao norte do estado da Bahia. A região é destaque no cenário nacional devido à produção de frutas tropicais, porém o município está inserido no semiárido brasileiro, sujeito a períodos críticos de prolongadas estiagens, com uma precipitação média de 399 mm.

De acordo com MEDEIROS (2009), a cidade de Arapiraca, localizada no agreste alagoano apresenta precipitação média anual de 750 a 1100 mm, com má distribuição das chuvas e temperatura média anual de 25°C. Segundo Köppen, a classificação climática é do tipo 'As', tropical com estação seca de Verão.

Os dados da estação meteorológica da cidade de Juazeiro, foram fornecidos pelo Laboratório de Meteorologia (LabMet) da UNIVASF e os da estação meteorológica da cidade de Arapiraca foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A ETo proposta por Penman-Monteith passou por algumas parametrizações, tais como: resistência estomática de 70 s/m e a altura da grama fixada em 0,12m, proposta pelo boletim FAO-56 (ALLEN et al., 1998), com isso a equação para a obtenção da evapotranspiração de referência toma a seguinte formula:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 U_2}{T + 237} \right) U_2 (e_a - e_s)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Em que:

- ET_o: Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);
- R_n: Saldo de radiação (MJ m⁻² dia⁻¹);
- G: Fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹);
- T: Temperatura média diária do ar (°C);
- U₂: Velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m s⁻¹);
- e_s: Pressão da saturação do vapor média diária (kPa);
- e_a: Pressão atual de vapor média diária (kPa);
- S: Declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_{med} (kPa °C⁻¹);
- γ: Coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹);
- 900: fator de transformação de unidades (kJ⁻¹kg K).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na Figura 1 ilustram os dados da ETo pelo método de Penman-Monteith (FAO 1998) para as cidades de Juazeiro-BA e Arapiraca-AL. Pode-se observar que os valores obtidos para a cidade de Juazeiro sempre tendem a serem superiores, pois devido a cidade estar localizada na região semiárida, possui uma precipitação mais baixa quando comparada a de Arapiraca.

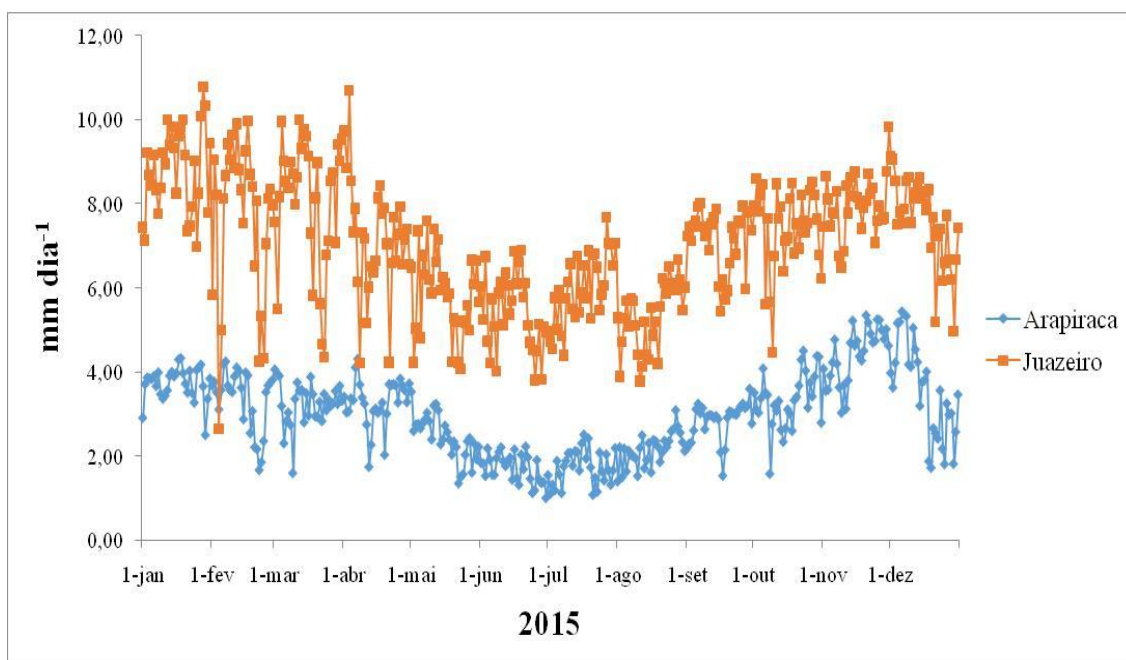


FIGURA 1. Evapotranspiração de referência (ET_o) estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO 1998) para as cidades de Juazeiro-BA e Arapiraca-AL durante o ano de 2015.

A cidade de Juazeiro apresentou a menor evapotranspiração no mês de fevereiro, com valor de 2,66 mm dia⁻¹, isso ocorre porque o período chuvoso dessa região acontece entre os meses de Novembro a Abril de cada ano respectivamente. Já a cidade de Arapiraca, o período chuvoso ocorre em período diferente, tendo início no mês de Março até Julho de cada ano, com isso apresentou uma mínima de 1 mm/dia no mês de Julho.

Observando os valores anuais, pode-se perceber a grande diferença nos valores da ET_o entre as duas cidades, sendo que a localizada no Vale do São Francisco possui uma média anual de 7,44 mm dia⁻¹, a do agreste alagoano apresentou um valor de apenas 3,18; uma diferença de 4,25 mm dia⁻¹.

Batista et al., (2007) encontram valores semelhantes da evapotranspiração de referência para a região de Canindé do São Francisco em Sergipe, usando o método indicado pela FAO. Também é possível encontrar resultados semelhantes no trabalho de Souza et al., (2010) nos perímetros irrigados de Sergipe.

CONCLUSÕES

As duas cidades apresentam evapotranspirações bastantes diferentes, devido às variações de temperaturas, umidade relativa, velocidade do vento e possuem localizações distintas, pois enquanto uma encontra-se no semiárido do Vale do São Francisco a outra se localiza na região agreste alagoana.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Meteorologia (LabMet) da UNIVASF e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados fornecidos de suas estações meteorológicas; a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela bolsa de mestrado concedida a mim.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D., et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, H. A. de; SILVA, L. Determinação das características hídricas da microbacia de drenagem da barragem Vaca Brava. In: **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 16, n. 1, p. 77- 86, 2008.

BATISTA, W.R.M.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A.A.G. **Determinação e Comparação entre Métodos de Estimativa da Evapotranspiração de Referência para a região de Canindé do São Francisco – SE.** Fapese, Aracaju, v.3, n. 2, p. 71-76, jul./dez. 2007

BORGES, A. C.; MEDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jucupiranga.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 11, n.3, p. 293- 300, 2007.

CARVALHO, L. G; RIOS, G.F.R; MIRANDA, W.L; NETO CASTRO, P.
Evapotranspiração de Referência: uma abordagem conceitual de diferentes 178
métodos de estimativa.: **Pesquisa Agrônômica Tropical**. Goiânia, v. 41, n. 3, p.
456- 465, 2011.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. **Uma revisão analítica da
evapotranspiração
potencial**. Bragantia, Campinas, v. 59, n.2, p, 125- 137, 2000.

MEDEIROS, R. P. **Componentes do balanço de água e de radiação solar no
desenvolvimento do milho, em quatro épocas de semeadura, no agreste de Alagoas**.
Mestrado (Dissertação Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL,
Centro de Ciências Agrárias - CECA. Rio Largo, AL, 2009.

SOUSA, I. F. et al. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do estado
de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina
Grande-PB, v.14, n.6, p.633-644, 2010.

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS EMPÍRICOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DIÁRIA PARA O MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA-BA

Robson Argolo dos Santos¹, Victor Brenno Britto de Menezes¹, Laelson Freires Gomes¹, Ramon Amaro de Sales², Rosângela Leal Santos³

¹Acadêmicos do curso de Agronomia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana (BA), argolo.agro@gmail.com; victorbrennofsa@hotmail.com; laesio_rodela@hotmail.com. ²Mestrando em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre (ES), ramonamarodesales@hotmail.com Identificação; ³Professora Doutora Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana (BA), rosangela.leal.uefs@gmail.com;

RESUMO: Evapotranspiração pode ser entendida como a quantidade equivalente de água evaporada e transpirada, geralmente expressa como lâmina de água por unidade de tempo. Evapotranspiração de referência (ET_o) é aquela que usa uma cultura conhecida, geralmente grama, em condições ideais. Em projetos de irrigação, a evapotranspiração se torna um parâmetro importante na contabilização da água no sistema. O objetivo deste trabalho foi testar métodos empíricos para estimar a ET_o no município de Feira de Santana (BA). Para isso, usou-se o método de Penman-Monteith (FAO-56) como padrão, e foram estimados os métodos de Hargreaves e Samani, Makkink, Turc, Priestley-Taylor, Camargo e Linacre, através de dados climáticos adquiridos no INMET. Os tratamentos estáticos utilizados foram erro padrão da estimativa (EPE), índice de concordância (d), correlação de Person e coeficiente de desempenho (c). Os métodos que apresentaram melhor resultado foram de Hargreaves e Samani, Makkink, Turc, o que apresentou moderado resultado foram de Priestley-Taylor e Camargo, e o pior resultado estatístico foi o modelo de Linacre. Nas condições de Feira de Santana (BA) o método de Hargreaves e Samani, Makkink e Turc são indicados para estimar a ET_o. Em caso de ausência de dados o método de Hargreaves e Samani se torna necessário.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido, Agrometeorologia, Penman-Monteith (FAO-56)

EVALUATION OF EMPIRICAL METHODS OF ESTIMATION OF EVAPOTRANSPIRATION OF DAILY REFERENCE FOR THE MUNICIPALITY OF FEIRA DE SANTANA-BA

ABSTRACT: Evapotranspiration can be understood as the equivalent amount of evaporated water and transpiration, usually expressed as water sheet per unit of time. Reference evapotranspiration (ET_o) is one that uses a culture known, usually grass, in ideal conditions. In projects of irrigation, evapotranspiration becomes an important parameter in accounting of the water in the system. The aim of this work was to test empirical methods to estimate the ET_o in the municipality of Feira de Santana (BA). For this, used the method of Penman-Monteith (FAO-56) as standard, and esteemed were the methods of Hargreaves and Samani, Makkink, Turc, Priestley-Taylor, Camargo and Linacre, through climate data acquired in the INMET. Static treatment used were standard error of the estimate (EPE), concordance index (d), Person and correlation coefficient of performance (c). The methods presented better results were of Hargreaves and Samani, Makkink, Turc, which showed moderate result were Taylor and Priestley Camargo, and the worst result was the statistical model of Linacre. Under the conditions of Feira de Santana (BA) the method of Hargreaves and Samani, Makkink and Turc are suitable for estimating the ET_o. In case of absence of the Hargreaves method and data Samani becomes necessary.

KEY-WORDS: Semi-arid, Agrometeorology, Penman-Monteith (FAO-56)

INTRODUÇÃO

Evapotranspiração foi um termo criado por Thornthwaite (1948) na década de 40 para expressar a ocorrência simultânea da evaporação e transpiração (PEREIRA et al., 1997; BOREGES & MEDIONDO, 2007) e pode ser entendida como a quantidade equivalente de água evaporada e transpirada, geralmente expressa em mm de água evapotranspirada por unidade de tempo. É controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas. As variáveis climáticas que mais interferem na evapotranspiração são a radiação solar, temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar, velocidade do vento e a pressão atmosférica.

Em projetos de dimensionamento e manejo da irrigação a correta estimativa da evapotranspiração se torna um importante parâmetro, pois contabiliza a quantidade de água envolvida no processo de evaporação e transpiração de uma cultura (CUNHA et al., 2013). Por tanto, se torna necessária investigar quais métodos empíricos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀) se aplica melhor as condições agroclimáticas de um local. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar seis métodos de ET₀ diários para o município de Feira de Santana (BA) considerando o método de Penman-Monteith (FAO-56), como padrão.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Feira de Santana, localizada no estado da Bahia, que, apesar de estar a apenas 90 km do litoral, situa-se numa zona intermediária entre o clima úmido do litoral e o semiárido do interior, com chuvas no inverno (abril a julho).

A ET₀ foi estimada por seis modelos empíricos e comparado com o método de Penman-Monteith (FAO-56), considerado padrão (Tabela 01).

Foram adquiridos dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa e velocidade do vento diários para o ano de 2010. As variáveis meteorológicas foram obtidos de uma estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na Universidade Estadual de Feira de Santana.

Tabela 01. Métodos de estimativa de evapotranspiração de referência avaliados

Métodos	Equações de estimativa da ET ₀
Penman-Monteith (PM FAO-56)	$ET_0 = \frac{0,408 s (R_N - G) + \gamma \frac{900}{t + 273} U_2 \frac{(e_s - e)}{10}}{s + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$
Priestley e Taylor (PT)	$ET_0 = 0,5143 \frac{s}{s + \gamma} (R_N - G)$
Turc (Tc)	$ET_0 = \frac{0,013 t}{t + 15} (23,9 R_G + 50)$
Makkink (Mk)	$ET_0 = R_{G \text{ mm/dia}} \left(\frac{s}{s + \gamma} \right) + 0,12$
Camargo (Ca)	$ET_0 = 0,01 R_{0 \text{ mm/dia}} t$
Hargreaves e Samani (HS)	$ET_0 = 0,0023 R_{0 \text{ mm/dia}} (t_{\max} - t_{\min})^{0,5} (t + 17,8)$
Linacre (Li)	$ET_0 = \frac{500 (t + 0,006z)}{100 - \phi} + 15 (t - t_d) / (80 - t)$

A metodologia utilizada para comparação dos resultados foram: erro padrão da estimativa (EPE), índice de concordância (d), correlação de Person e coeficiente de desempenho (c).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisa-se na figura 01, com base na reta de regressão, que os métodos de Camargo, Makkink, Turc e Hargreaves e Samani subestimaram o modelo de Penman-Monteith (FAO-56) no período de verão e inverno. Para o período de verão Camargo subestimou em 15,6%, Turc em 10,3%, Makkink em 6,5% e Hargreaves e Samani em 0,07%. Enquanto que no período de inverno estes mesmo métodos tiveram, respectivamente, 2,7%, 6,1%, 4% e 1,0%. Os métodos Camargo, Turc e Makkink apresentarem altas porcentagens no verão em relação ao inverno por conta de suas equações exigirem radiação solar e temperatura média, e em Feira de Santana esses fatores climáticos são menores no inverno. Segundo Calvacante Jr et al. (2011) avaliando o método de Makkink para o semiárido nordestino também encontraram subestimação do método. Isso se deve, provavelmente em função da equação original de Makkink ter sido desenvolvida nas condições climáticas de Wageningen, na Holanda, onde o clima é muito disitinto do de Feira de Santana. Hargreaves e Samani apresentou baixas porcentagens de subestimação no verão e no inverno, o qual pode ser explicado pela sua equação usar, além da radiação e temperatura média, a temperatura máxima e mínima. Os métodos de Linacre e Priestley -Taylor apresentaram altas porcentagens de superestimação para o verão e o inverno. No verão Linacre e Priestley -Taylor superestimou, respectivamente, em 64,5% e 29%, enquanto que no inverno ambos os métodos subestimaram em, respectivamente, 114% e 28,9%. A possível explicação para a discrepâncias no método de Linacre pode estar relacionado com a variável da temperatura no ponto de orvalho, que em regiões semiáridas é baixa. Cunha et al. (2013), estimando ETo na região do Mato Grosso do Sul também encontram superestimação do método de Linacre em relação ao de Penman-Monteith (FAO-56).

Ao analisar a tabela 02 percebe-se que Hargreaves e Samani, Makkink e Turc apresentaram menor EPE, sendo que o menor valor de EPE indica melhor estimativa. Estes métodos apresentaram altos valores de concordância (d), correlação de Person e foram classificados como os mais adequados para estimativa da evapotranspiração de referências nas condições climáticas de Feira de Santana-BA. O método de Hargreaves e Samani foi desenvolvido a partir da medida de ETo em lisímetros nas condições da Califórnia, em uma região semiárida dos Estados Unidos (PEREIRA et al., 1997). O método de Priestley-Taylor apresentou baixo EPE, porém, apresentou valor de concordância inferior e coeficiente de desempenho de 0.7984 (Muito bom). O método de Camargo apresentou EPE pouco superior e coeficiente de desempenho também classificado como ‘muito bom’. Segundo Cunha et al., (2013), o método de Camargo é derivado do método de Thornthwaite (1948) e é tem se adequado melhor em regiões tropicais, porém, em Feira de Santana, não apresentou boa estimativa com relação ao padrão.

Entre todos os métodos, utilizados no trabalho, o Linacre desempenhos estatísticos mais baixos: a correlação e o índice de concordância foram inferiores a todos os métodos e, em função disso, obteve a classificação de desempenho como “péssimo”.

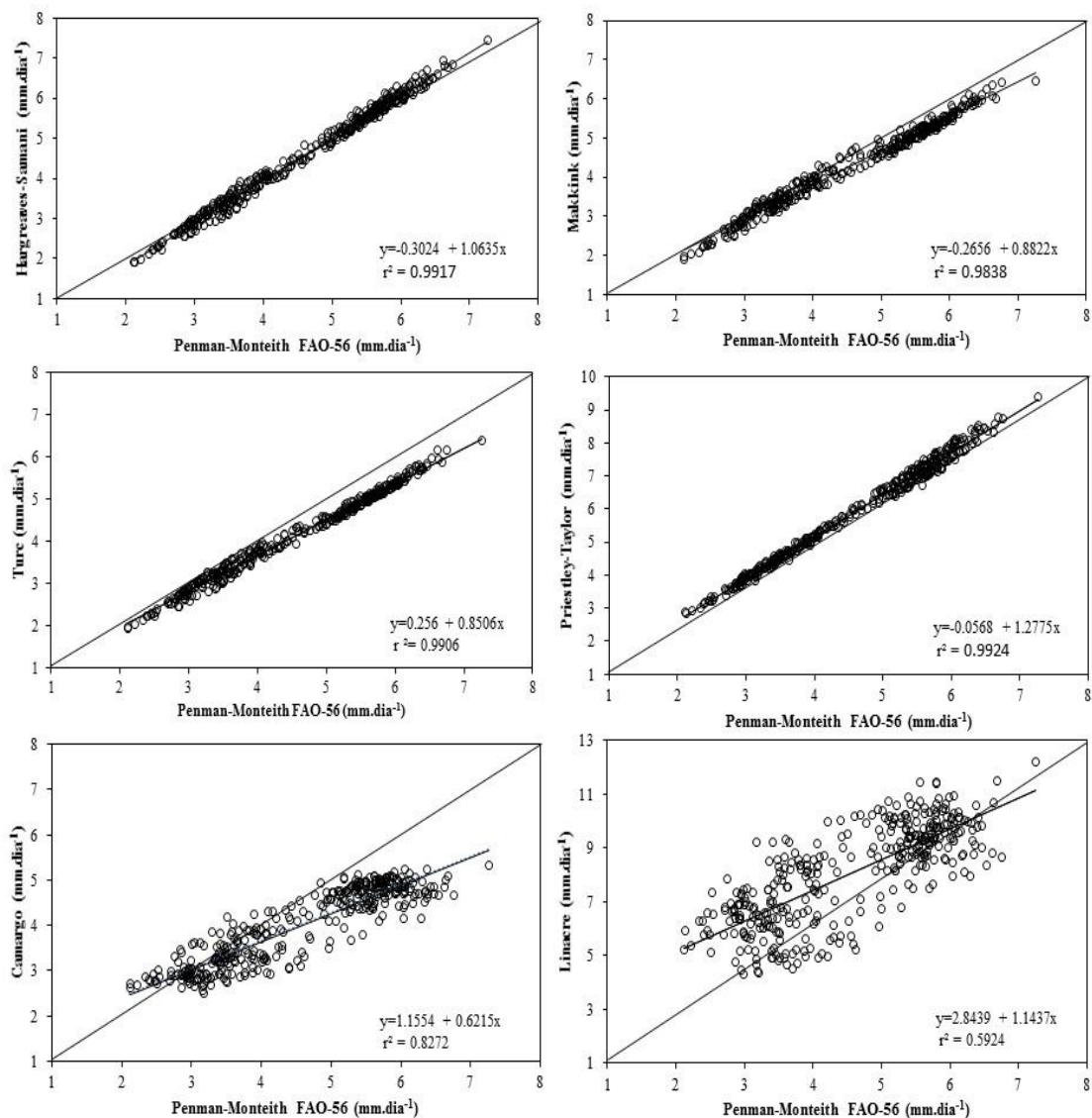


Figura 01. Valores da ETo (mm.dia^{-1}) estimada por diferentes métodos e comparado com o modelo padrão, Penman-Monteith (FAO-56).

Tabela 02. Análise estatísticas dos valores de ETo (mm.dia^{-1}) resultante dos métodos empíricos comparado com o modelo padrão.

Métodos	EPE	r	d	c	Desempenho
Hargreaves e Samani	0.1167	0.9959	0.9968	0.9927	ÓTIMO
Makkink	0.1360	0.9919	0.9785	0.9706	ÓTIMO
Turc	0.0995	0.9953	0.9568	0.9524	ÓTIMO
Priestley-Taylor	0.1343	0.9962	0.8014	0.7984	MUITO BOM
Camargo	0.3419	0.9095	0.8509	0.7739	MUITO BOM
Linacre	1.1419	0.7697	0.4438	0.3416	PÉSSIMO

CONCLUSÕES

Segundo a análise dos métodos de estimativas da ETo avaliados neste estudo, nas condições climáticas do município de Feira de Santana-BA, os métodos de Hargreaves e Samani, Makkink e Turc foram os que apresentaram maiores consistência com relação ao método padrão utilizado.

Na ausência de dados, os métodos de Hargreaves e Samani e o de Turc, podem ser utilizados, pois os dados de entradas do modelo são apenas temperaturas e radiação extraterrestre, ambos tabelados.

Para todos os métodos avaliados, face ao alto grau de empirismo, melhores estimativas e ajustes são encontradas quando se comparam a estimativa da ETo mensal a partir de uma série longa de dados. Nesse caso, podem ser estabelecidos coeficientes de ajustes locais para cada método, para obtenção de medidas mais seguras da ETo.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop e Evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 297p (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56), 1998.

BORGES, A. C.; MEDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.293–300, 2007.

CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; OLIVEIRA, A. D.; ALMEIRA, B. M.; SOBRINHO, J. E. Métodos de Estimativa da Evapotranspiração de Referência para as Condições do Semiárido Nordeste. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 1699-1708, 2011.

CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul - MS. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 159-172, março/abril 2013.

PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997.183p.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, 38:55-94, 1948.

ÍNDICE DE SECA METEOROLÓGICA DE PALMER APLICADO AO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA-BA

Robson Argolo dos Santos¹, Laelson Freires Gomes¹ Victor Brenno Britto de Menezes¹, Erli Pinto dos Santos¹, Rosângela Leal Santos³

¹Acadêmicos do curso de Agronomia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana (BA),
argolo.agro@gmail.com; victorbrennofsa@hotmail.com;
victorbrennofsa@hotmail.com; erlitec.agri@hotmail.com.

³Professora Doutora Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana (BA),
rosangela.leal.uefs@gmail.com;

RESUMO: A seca é um fenômeno desastroso que causa diversos impactos sociais, agrícolas, econômicos e ambientais, em diversas partes do mundo e, no Brasil, mais especificamente no Nordeste brasileiro, por não existir políticas públicas eficientes. Do ponto de vista científico, ainda não existe uma definição concreta sobre seca, pois depende da abordagem e da temática envolvida. Porém, esta pode ser classificada de acordo com a sua forma de ação, podendo então ser: seca meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica. Das várias formas de quantificar a seca, um dos principais métodos se baseia no índice de severidade de seca de Palmer (PDSI) que segue uma escala de +4 (extremamente úmido) a -4 (extremamente seco). Este trabalho objetivou realizar uma caracterização temporal da seca meteorológica nas condições ambientais no município de Feira de Santana (BA) em uma série histórica de 22 anos (1994 a 2015). A metodologia para o PDSI baseou-se na proposta por Palmer (1965), tendo como pontos de partida a evapotranspiração potencial e pluviosidade, e a metodologia para quantificar a seca agrícola, baseou-se no índice padronizado de evapotranspiração real. Observou-se então que a seca possui uma forte relação com a chegada do ENOS. Estes resultados podem ser usados em tomada de decisão de políticas públicas para mitigar os problemas da seca na região.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido, Índice de Seca de Palmer, Agrometeorologia.

METEOROLOGICAL DROUGHT INDEX OF PALMER APPLIED TO THE MUNICIPALITY OF FEIRA DE SANTANA-BA

ABSTRACT: Drought is a disastrous phenomenon that causes social, agricultural, economic and environmental impacts in many parts of the world, mainly in Northeast of Brazil for not having effective public policies. From the scientific point of view, there is not yet a concrete definition on dry, because it depends on the approach of the subject involved. However, it can be classified according to the form of action, and may then be: meteorological, agricultural, hydrological and socio-economic drought. There are several ways to quantify drought, and one of the main methods is based on the Palmer Drought Severity Index (PDSI) that have an scale from +4 (extremely wet) to -4 (extremely dry). This work aimed to perform a temporal characterization of meteorological drought in environmental conditions in the city of Feira de Santana (BA) in a series of 22 years (1994 to 2015). The methodology for the PDSI was based on the proposal by Palmer (1965), having as starting points to potential evapotranspiration and rainfall, and the methodology to quantify agricultural drought, was based on the standardized index of actual evapotranspiration. It was noted then that the drought has a strong relationship with the arrival of ENOS. These results can be used in public policy decision making to mitigate the problems of drought in the region

KEY-WORDS: Semi-arid, Palmer Drought Severity Index, Agrometeorology

INTRODUÇÃO

A seca é um fenômeno natural complexo e desastroso, com influências significativas nas esferas socioeconômicas, agrícolas, e ambiental de uma dada região (FERNANDES et al., 2009). A Seca é entendida como a ocorrência de precipitação abaixo do normal por um determinado período de tempo (SILVA, 2011), e que não supre a demanda biológica, muitas vezes impedindo o ciclo completo da vida ou, em alguns casos, obriga populações inteiras a migrar.

No seu amplo contexto, a seca não possui uma definição total, divergindo entre diversos autores. Redmond (2002) afirma que não existe uma definição universal para caracterizar a seca, e que a definição fica implícita pela temática e pela abordagem. Alguns autores, contudo, preferem adotar uma definição operacional (SILVA, 2011).

Fernandes et al. (2009) relata diversas maneiras de se definir seca, as quais devem estar de acordo com a afirmação do Redmond (2002), na qual pode estar relacionada com a precipitação, agricultura, hidrologia e a economia. Desta forma, a seca é dividida em quatro tipos de secas: meteorológica, agrícola, hidrológica e econômica (WILHITE & GLANTZ, 1987; BYUN & WILHITE, 1999). Diante das problemáticas causada pelas secas, indicadores foram criados para tentar quantificar, padronizar e comparar a seca com base no tempo e no espaço. Entre eles, o mais conhecido é o Índice de Severidade de Seca de Palmer (“Palmer Drought Severity Index” - PDSI-), que é um índice de umidade de solo desenvolvido para regiões homogêneas, medindo assim o índice da perda e a demanda de fornecimento de umidade do solo (FERNANDES et al., 2009; PALMER, 1965). O PDSI definido por Palmer (1965). É calculado por meio dos dados de pluviometria e de temperatura do ar, considerando-se as condições do solo de cada localidade e geralmente varia de -4 a +4, no qual - 4 seria o modo de seca extrema e +4 seria o modo de extrema umidade (FERNANDES et al., 2009).

De acordo com o listado acima, este trabalho tem por objetivo realizar uma caracterização temporal da seca meteorológica nas condições ambientais no município de Feira de Santana (BA) em uma série histórica de 22 anos (1994 a 2015).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas séries temporais de 22 anos com dados de temperatura, precipitação e evapotranspiração potencial, correspondente aos anos de 1994 a 2015, do município de Feira de Santana (BA). Os dados climáticos foram disponibilizados pela Estação Climatológica pertencente ao IV Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no Campus da Universidade Estadual de Feira de Santana, no município em estudo.

Neste trabalho foram descritas as principais equações para o cálculo do o Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI), conforme PALMER (1965). Para o cálculo da evapotranspiração potencial usado no PDSI, foi utilizada a metodologia descrita por Thornthwaite (1948), adotando-se o CAD de 100 mm. Para obtenção dos valores do PDSI foi usada a equação desenvolvida por Palmer (1965), em que,

$$PDSI_i = 0,897 \times PDSI_{i-1} + (Z/3),$$

onde :

PDSI_i =é o mês de interesse,

PDSI_{i-1} é o valor do índice referente ao mês anterior e

Z é um índice de anomalia de umidade, dado por:

$$Z_i = (P - P_i) - K_i$$

em que,

P é a precipitação observada

Pi a precipitação climatologicamente apropriada para as condições existentes e

K é uma constante de padronização.

Tabela 1. Categorias do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI).

PDSI	Categoria
$\geq 4,00$	Extremamente úmido
3,00 a	Umidade Alta
2,00 a	Umidade Moderada
1,00 a	Umidade Baixa
0,50 a	Umidade Inicial
0,49 a -	Normal
-0,50 a	Seca Inicial
-1,00 a	Seca Suave
-2,00 a	Seca Moderada
-3,00 a	Seca Severa
$\leq -4,00$	Seca Extrema

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura mostra a variação obtida pelos cálculos do PDSI para cada ano da série estudada. Observa-se que os anos de 1995, 1997, 1998, 2001, 2002, 2004, 2006, 2009 e 2015 apresentaram, de modo geral, seca suave, enquanto que os anos de 1996, 1999, 2003 e 2013 apresentaram condições normais, ou seja, não registrando meteorologicamente problemas de déficit de umidade. Os anos de 2000, 2008 e 2010 se enquadraram na categoria de umidade baixa, e os anos de 1994 e 2010 como umidade inicial, a seca inicial foram registrados nos anos de 2005, 2007, 2011 e 2014, e a seca moderada ficou restrito ao ano de 2012.

Os anos de ocorrência de secas suave e secas moderadas, coincide com *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS), que foram registrados nos anos de 1995, 1997, 1998, 2002, 2004, 2006, 2009 (DINIZ, 2012), 2012 e 2015. O baixo PDSI ocorrido no ano de 1998 foi influenciado pelo fenômeno ENOS que se iniciou em meados do ano de 1997 e se intensificou em 1998. O ano de 2007 também sofreu influência do ENOS e registrou pluviosidade abaixo da média, no entanto a seca para este ano foi inicial e não suave como observado nos outros anos que tiveram o ENOS, a possível explicação está relacionado com maior quantidade de chuvas durante os meses, principalmente em fevereiro que obteve 267 mm, bem acima do normal, mantendo por um período a umidade.

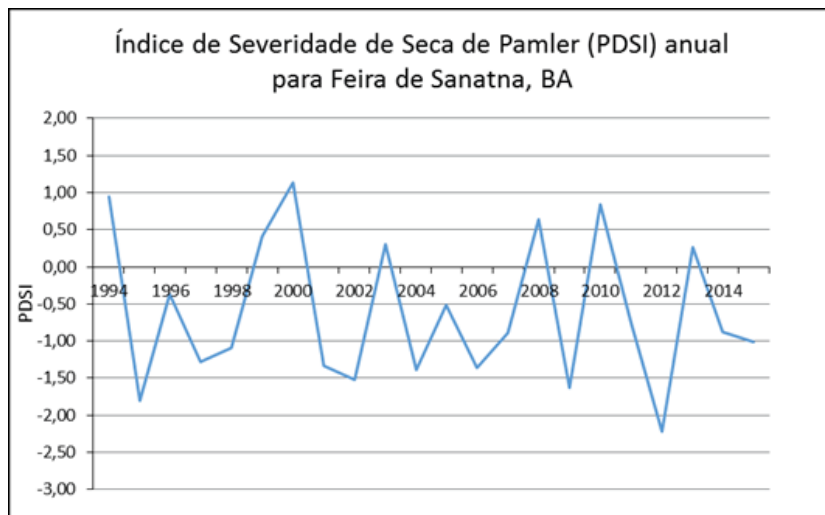


Figura 01. Variabilidade do Índice de Severidade de Seca de Palmer entre os anos de 1994 a 2015, no município de Feira de Santana-BA

CONCLUSÕES

A seca no município de Feira de Santana, sofre grande influência do fenômeno climático ENOS, se agravando com a sua chegada.

Os dados elaborados pelos cálculos do PDSI podem ser utilizados para tomadas de decisão para políticas públicas, preventivas no combate a seca na região.

Apesar desse estudo apresentar valores satisfatórios, é necessário uma replicagem com uma série de dados de, no mínimo 30 anos, que, até o presente ano, não foi possível, devido a estação climatológica de Feira de Santana ter apenas 23 anos.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia pela concessão da bolsa e ter permitido o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Diniz, A. F. **Estudo da variabilidade da pluviosidade (1994-2010) no município de Feira de Santana (Bahia) e seus reflexos na agricultura de sequeiro: o caso do milho.** 114 . Dissertação - Universidade Federal da Bahia. Salvador (BA), 2012
- FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L.; AMORIM, A.O.; CARDOSO, A.S. Índice para quantificação da seca. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2009. 48 p.
- PALMER, W. C. **Meteorological drought.** Washington: U. S. Department of Commerce, 1965. 65 p. (Research paper, 45).
- SILVA, A. O. **Aplicação dos índices de Palmer e Bhalme&Mooley na Avaliação da seca no estado do Ceará.** 115. Tese - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande (PB), 2011.
- REDMOND, K. T. The depiction of drought: a commentary. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 83, p.1143–1147, 2002.
- WILHITE, D. A.; GLANTZ, M.H. **Understanding the drought phenomenon: the role of definitions.** In: WILHITE, D. A.; EASTERLING, W. E. (Ed.). *Planning for drought: toward a reduction of societal vulnerability.* Boulder: Westview Press, 1987. p. 11-27.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION - (WMO). **Drought and agriculture.** Geneva, Switzerland: WMO, 1975. 127 p. (Tech. Note 138, Publ. WMO-392).

TEMPERATURA BASAL INFERIOR EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO DO ALHO

Melina Inês Bonatto¹, Rafael França Pereira da Cruz², Leosane Cristina Bosco³

¹Estudante de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais, UFSC, Curitibanos, Santa Catarina, melinabonato@gmail.com; ²Estudante de agronomia da UFSC, Curitibanos, Santa Catarina, rafah.2cruz@gmail.com; ³Enga. Agrônoma, Profa. Adjunta, UFSC, Curitibanos, Santa Catarina, leosane.bosco@ufsc.br

RESUMO: O desenvolvimento de plantas é delimitado pela temperatura basal inferior (Tb) e superior adequado para cada genótipo em cada etapa de seu ciclo. As temperaturas basais representam a temperatura abaixo e acima da qual o desenvolvimento da planta é nulo, ou ocorre de forma muito reduzida. Com este trabalho teve-se como objetivo estimar a temperatura basal inferior de plantas de alho nobre em diferentes fases de desenvolvimento com a aplicação de métodos estatísticos que levam em consideração a temperatura do ar e o fotoperíodo. Foram conduzidos experimentos a campo, em três anos (2014, 2015 e 2016), com diferentes épocas de plantio em cada ano, em Curitibanos, SC. Foi utilizada a cultivar de alho nobre San Valentin. O ciclo de desenvolvimento das plantas foi dividido em duas fases: emergência – diferenciação do bulbo (EM-R1) e diferenciação do bulbo – senescência (R1-SE). A Tb foi estimada por dez métodos estatísticos que levam em consideração a temperatura do ar e o fotoperíodo. Para a cultura do alho identificou-se que o melhor método para determinação da Tb é o de unidades fototérmicas por ser uma variável que combina a ação da temperatura do ar e do fotoperíodo. A temperatura base inferior estimada para EM-R1 e R1-SE para cultivar San Valentin foi de 5,5°C e 8,5°C, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Unidades fototérmicas. *Allium sativum* L. San Valentin.

BASE LOWER TEMPERATURES FOR GARLIC AT DIFFERENT DEVELOPMENT PHASES

ABSTRACT: The development of plants is limited by the lower (Tb) and higher basal body temperature suitable for each genotype at each stage of its cycle. The basal temperatures represent the temperature below and above which the plant development is zero, or it happens in a very reduced form. This study aimed to estimate the base temperatures of garlic plants in various stages of development with the application of statistical methods that take into account the air temperature and photoperiod. Field experiments were conducted in three years (2014, 2015 and 2016) with different planting times each year in Curitibanos, SC. The San Valentin garlic cultivar was used. The plant development cycle was divided into two phases: emergency - differentiation bulb (EM-R1) and differentiation of bulb - senescence (R1-SE). The Tb was estimated using ten statistical methods. The plant development cycle was divided into two phases: emergency - differentiation bulb (EM-R1) and differentiation of bulb - senescence (R1-SE). The Tb was estimated using ten statistical methods. For garlic cultivation it was identified that the best method for determining Tb is the photothermal units, since it combines the air temperature and photoperiod. The lower threshold temperature for the estimated phase EM-R1 and R1-SE for cultivating San Valentin was 5.5°C and 8.5°C respectively.

KEY-WORDS: Photothermal unities. *Allium sativum* L. San Valentin.

INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) da família Aliaceae é uma planta herbácea que pode atingir até 70 cm de altura, é originário da Ásia Central. Condições ambientais e genóticas interferem no desenvolvimento e produtividade da cultura do alho. Entre os fatores climáticos que mais afetam a cultura destacam-se o fotoperíodo e a temperatura do ar (FILGUEIRA, 2008). O desenvolvimento das plantas ocorre à medida que acumulam unidades térmicas, esse acúmulo é delimitado pela temperatura basal inferior e superior (BONHOMME, 2000). As temperaturas basais representam a temperatura abaixo e acima da qual o desenvolvimento da planta é nulo, ou ocorre de forma muito reduzida (BURIOL et al., 1978), variam entre as espécies vegetais e até mesmo entre genótipos dentro da mesma espécie, podendo variar também em função da idade e da fase fenológica que a planta se encontra (STRECK et al., 2003).

A temperatura base inferior pode ser descrita fisiologicamente ou estatisticamente. Estatisticamente tem sido comumente utilizada e é definida através de métodos baseados na temperatura do ar e em dados fenológicos (YANG et al., 1995). São vários os métodos estatísticos utilizados para a determinação da Tb. Estudos determinando a temperatura basal são importantes para o conhecimento bioclimático das culturas, além disso, essas informações auxiliam na tomada de decisões e na identificação de regiões com potencial climático. Desta forma, objetivou-se com este trabalho determinar a temperatura base inferior do alho nobre San Valentin em diferentes subperíodos de desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante os anos de 2014, 2015 e 2016 na área experimental da Universidade Federal de Santa Catarina, localizada no município de Curitiba, Mesorregião Serrana do estado de Santa Catarina, latitude 27°17'05", longitude 50°32'04" e altitude 1096 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb - subtropical úmido com verões amenos. Foi utilizada a cultivar de alho nobre de ciclo tardio San Valentin cultivada em diferentes épocas de plantio, sendo duas épocas no ano de 2014 (E1 - 21/06 e E2 - 28/07), três épocas no ano de 2015 (E4 - 16/05; E5 - 19/06 e E6 - 03/08) e duas épocas no ano de 2016 (E7 - 20/06 e E8 - 22/07) de modo a expor as plantas a diferentes condições térmicas e fotoperiódicas.

Ao longo do ciclo das plantas foram avaliadas a emergência das plantas, a emissão de folhas considerada a fase de desenvolvimento foliar, a diferenciação do bulbo e senescência das plantas (LOPEZ-BELLIDO et al., 2016). Para a determinação das temperaturas basais do alho, o ciclo de desenvolvimento das plantas foi dividido em duas fases: emergência – diferenciação do bulbo (EM–R1) e diferenciação do bulbo – senescência (R1–SE). A temperatura base inferior (Tb) foi determinada através dos métodos estatísticos denominados de tradicionais:

I) Método de menor desvio padrão, em graus-dias (DP_{gdd}) (MAGOON e CULPEPPER, 1932 apud YANG et al., 1995)

$$DP_{gdd} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (GDD_i - MGDD)^2}{n-1}}$$

II) Método de menor desvio padrão, em dias (DP_{dias}) (ARNOLD, 1959)

$$DP_{dia} = \frac{DP_{gdd}}{X_t - T_b}$$

III) Método do coeficiente de variação, em graus-dia (CV_{gdd}) e coeficiente de variação, em dias (CV_{dia}) (NUTTONSON, 1958 apud YANG et al., 1995)

$$CV_{dia} = \frac{DP_{dia}}{X_d} \cdot 100\% \quad CV_{gdd} = \frac{DP_{gdd}}{MGDD} \cdot 100\%$$

IV) Método do coeficiente de regressão (CR) (HOOVER, 1955)

$$Y_i = a + bT_i$$

V) Método de desenvolvimento relativo (DR) (BRUNINI et al., 1976)

$$DR_t = \frac{100}{N}$$

em que DP_{gdd} é o desvio padrão em graus-dia; DP_{dia} é o desvio padrão em dia; GDD_i é graus-dia acumulados no subperíodo do i -ésimo plantio; $MGDD$ é os GDD acumulados médio de todos os plantios; T_b é a temperatura base inferior ($^{\circ}C$); CV_{dia} é o coeficiente de variação em dias; X_d é o número médio de dias para alcançar o subperíodo de desenvolvimento; CV_{gdd} é o coeficiente de variação em graus-dia; n é o número de plantios; Y_i é o GDD para o i -ésimo plantio; a e b são parâmetros da equação; T_i é a temperatura média para o i -ésimo plantio ($^{\circ}C$); DR_t é o desenvolvimento relativo à temperatura média do ar; N é o número de dias para alcançar o subperíodo de desenvolvimento; e 100 é um valor arbitrário do desenvolvimento.

Também foram utilizados métodos modificados propostos por Yang et al. (1995) e o método de unidades fototérmicas (Villa Nova et al., 1983).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A duração da fase de desenvolvimento do alho EM–R1 apresentou variação de 73 a 116 dias, para temperaturas do ar médias respectivamente de $16,1^{\circ}C$ e $15,1^{\circ}C$. Para a fase R1–SE houve uma variação de 46 a 57 dias, para temperaturas do ar médias de $18,1^{\circ}C$ e $17,2^{\circ}C$, respectivamente. De maneira geral é possível observar uma tendência de diminuição da duração das fases com o avanço da época de plantio dentro de um mesmo ano de cultivo. Isso ocorre porque com o avanço das épocas de plantio as temperaturas do ar tendem a aumentar e, conseqüentemente, as plantas tem mais disponibilidade de energia para crescer e se desenvolver.

Os valores de T_b para as fases de EM–R1 e R1–SE estão apresentados na Tabela 1. Os valores de T_b variaram entre os métodos e fases de desenvolvimento. A diferença observada entre os métodos também foi encontrada para o arroz cultivado, que na fase emergência – diferenciação da panícula (EM – R1) teve T_b variando de $10,3^{\circ}C$ a $21^{\circ}C$ (LAGO et al., 2009).

Tabela 1. Valores de temperatura base inferior (°C) calculados por diferentes metodologias para as fases de emergência–diferenciação do bulbo (EM-R1) e diferenciação do bulbo – senescência (R1-SE).

Métodos	CV. SAN VALENTIN	
	EM – R1	R1 – SE
Tradicionais		
DPgdd	13,5	17,0
DPdia	2,5	0,5
CVgdd	2,5	0,5
CVdia	2,5	0,5
CR	0,5	< 0,0
DR	0,1	>20,0
Modificados por Yang		
DPgdd	13,6	17,2
CVgdd	1,9	< 20,0
CR	1,2	< 20,0
Método de unidades fototérmicas		
UF's	5,5	8,5

O fotoperíodo é considerado, biologicamente, um indutor do desenvolvimento reprodutivo em alho (MATHEW et al., 2011). Diante dessa constatação definiu-se que o método de unidades fototérmicas (UF's) é o mais adequado para estimar a Tb do alho, uma vez que, utiliza a temperatura média do ar e o fotoperíodo, como elementos que atuam de forma conjunta no desenvolvimento de plantas de alho.

CONCLUSÕES

O método de Unidade Fototérmicas, é uma alternativa que permite estimar a Tb de plantas de alho, pois combina a ação da temperatura do ar e do fotoperíodo. A temperaturas basal inferior estimadas para a cultivar San Valentin na fase emergência – diferenciação do bulbo é de 5,5°C e na fase diferenciação do bulbo – senescência é de 8,5°C.

REFERÊNCIAS

- ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceeding American Society for Horticultural Science**, v.74, p.430-445, 1959.
- BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree. day' units. **European Journal of Agronomy**, v. 13, p. 1-10, 2000.
- BRUNINI, O.; LISBÃO, R. S.; BERNARDI, J. B.; FORNASIER, J. B.; PEDRO JÚNIOR, M. J. Temperatura-base para alface cultivar "White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**. Campinas. v.35, n.19, p. 213-219, 1976.
- BURIOL, G. A.; MANARA, N. T. F.; MANARA, W. Temperatura base dos subperíodos emergência-floração e floração-maturação de quarto linhagens de lentilha (*Lens culinaris medic*). **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.8, n.2, p.175-184, 1978.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008.

HOOVER, M. W. Some effects of temperature on the growth of southern peas. **Proceeding American Society for Horticultural Science**, v. 66, p. 308-312, 1955.

LAGO, I.; STRECK, N. A.; CARVALHO, M. P. de; FAGUNDES, L. K.; PAULA, G. M. de; LOPES, S. J. Estimativa da temperatura base do subperíodo emergência-diferenciação da panícula em arroz cultivado e arroz vermelho. **Revista Ceres**, v. 56, p. 288-295, 2009.

LOPEZ-BELLIDO, F. J.; LOPEZ-BELLIDO, R. J.; MUÑOZ-ROMERO, V.; FERNANDEZ-GARCIA, P.; LOPEZ-BELLIDO, L. New phenological growth stages of garlic (*Allium sativum*). **Annals of Applied Biology**, v. 169, n. 3, p. 423–439, 2016.

MATHEW, D.; FORER, Y.; RABINOWITCH, H. D.; KAMENETSKY, R. Effects of long photoperiod on the reproductive and bulbing processes in garlic (*Allium sativum* L.) genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 71, p.166-173, 2011.

STRECK, N. A.; WEISS, A.; XUE, Q.; BAENZIGER, P. S. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.115, p.139-150, 2003.

VILLA NOVA, N. A.; CARRETEIRO, M. V.; SCARDUA, R. Um modelo de avaliação do crescimento de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em termos da ação combinada do fotoperíodo e da temperatura média do ar. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1983, Campinas. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1983. p.31-48.

YANG, S.; LOGAN, J.; COFFEY, D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 74, p. 61-74, 1995.

VARIABILIDADE ESPAÇO TEMPORAL DA TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA DO AR NO MUNICÍPIO DE PETROLINA-PE

Carlos Tiago Amâncio Rodrigues¹, Herica Fernanda de Sousa Carvalho², Thieres George Freire da Silva³, *Magna Soelma* Beserra de Moura⁴, Fleming Sena Campos⁵

¹Mestrando, UNIVASF, Juazeiro-BA, tiagoamancio@hotmail.com; ²Bolsista-DTI, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, hericafernanda_17@hotmail.com; ³ Professor, UFRPE-UAST, Serra Talhada-PE, thieresfreire@yahoo.br; ⁴ Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, magna.moura@embrapa.br; ⁵Bolsista, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, flemingcte@yahoo.com.br.

RESUMO O estudo da variabilidade do clima de uma região ao longo dos anos é de extrema importância para o planejamento e tomada de decisão, principalmente quando se trata das variáveis térmicas, já que está diretamente ligada a produção agrícola. O presente estudo tem como objetivo avaliar o comportamento da temperatura máxima e mínima do ar, nos últimos cinco anos no município de Petrolina-PE. Os dados foram obtidos de estações meteorológicas automática, pertencente à rede de estações da Embrapa Semiárido, no período de 2011 a 2015. Para tanto, foram utilizadas 12 estações meteorológicas automáticas. O método de interpolação foi o inverso do quadrado da distância - IDW. Observou-se a variabilidade da temperatura mínima do ar, variando de < 20,7 °C a > 21,5 °C, havendo pequeno aumento desta variável nos anos de 2011, 2014 e 2015 porção sul do município de Petrolina, com temperaturas superiores a 21,5° C. Os valores máximos de temperaturas foram observados principalmente na áreas norte do município de Petrolina, visto que a temperatura máxima teve uma variação < 31,5 a 32,5° C. Os menores valores de temperatura máxima mínimas ocorreram nas áreas localizadas ao sul do município, as margens do rio são Francisco. Por tanto, o estudo mostra que nos últimos cinco anos a temperatura do ar vem sofrendo oscilações e variabilidade no município de Petrolina, havendo um aumento gradual nos anos de 2013 a 2015 na temperatura máxima e mínima do ar.

PALAVRAS-CHAVE: Clima, temperatura do ar, SIG.

VARIABILITY TEMPORARY SPACE OF THE MAXIMUM AND MINIMUM AIR TEMPERATURE IN THE MUNICIPALITY OF PETROLINA-PE

ABSTRACT - The study of the climate variability of a region over the years is of extreme importance for planning and decision making, especially when it comes to thermal variables, since it is directly linked to agricultural production. The present study aims to evaluate the behavior of maximum and minimum air temperature in the last five years in the city of Petrolina-PE. The data were obtained from automatic meteorological stations belonging to the station network of Embrapa Semiarid, from 2011 to 2015. Twelve automatic meteorological stations were used. The interpolation method was the inverse of the square of the distance - IDW. The variability of the minimum air temperature, ranging from <20.7 °C to> 21.5 °C, was observed, with a small increase of this variable in the years 2011, 2014 and 2015 in the southern portion of the municipality of Petrolina, with temperatures above 21 , 5° C. The maximum values of temperatures were observed mainly in the northern areas of the municipality of Petrolina, since the maximum temperature had a variation of <31.5 to 32.5° C. The smallest minimum temperature values occurred in the areas located at South of the

municipality, the banks of the river São Francisco. Therefore, the study shows that in the last five years the temperature of the air has been suffering oscillations and variability in the municipality of Petrolina, with a gradual increase in the years of 2013 to 2015 in the maximum and minimum temperature of the air.

KEY-WORDS: Climate, air temperature, GIS.

INTRODUÇÃO

O clima exerce grande influência sobre o ambiente, atuando como fator de interações entre componentes bióticos e abióticos, em toda e qualquer região, situada nas mais diversas latitudes do globo (FRANCISCO et al., 2015). No entanto o estudo da variabilidade do regime térmico ao longo dos anos é de fundamental importância para uma região, logo, que temperatura do ar é uma das variáveis meteorológicas de extrema importância, principalmente na produção agrícola (NOGUEIRA et al., 2012). Tendo em vista que o município de estudo é reconhecido internacionalmente por ser um dos maiores polos de fruticultura irrigada do Brasil (BARROS E SÁ et al., 2007). Contudo, o aumento da temperatura vem ocorrendo gradualmente nas áreas rurais, pelo desmatamento desordenado, provocando alterações no balanço térmico e hídrico do solo e da planta, mas também, principalmente nos grandes centros urbanos, que pode estar associado a efeitos de escala local, cujo processo é dominante nas principais regiões metropolitanas, e que vem ocorrendo nas cidades de porte médio e pequeno. Já que os espaços construídos resultam na impermeabilização do solo e produção artificial do calor que alteram as condições climáticas locais, contribuindo para o aumento da temperatura do ar, sobretudo aqueles localizados nas áreas mais urbanizadas (ICHIBA et al., 2005). Portanto, o estudo das condições atmosféricas é de grande utilidade no manejo e uso racional dos recursos hídricos. Diante do exposto o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento da temperatura máxima e mínima do ar, nos últimos cinco anos no o município de Petrolina-PE.

MATERIAL E MÉTODOS

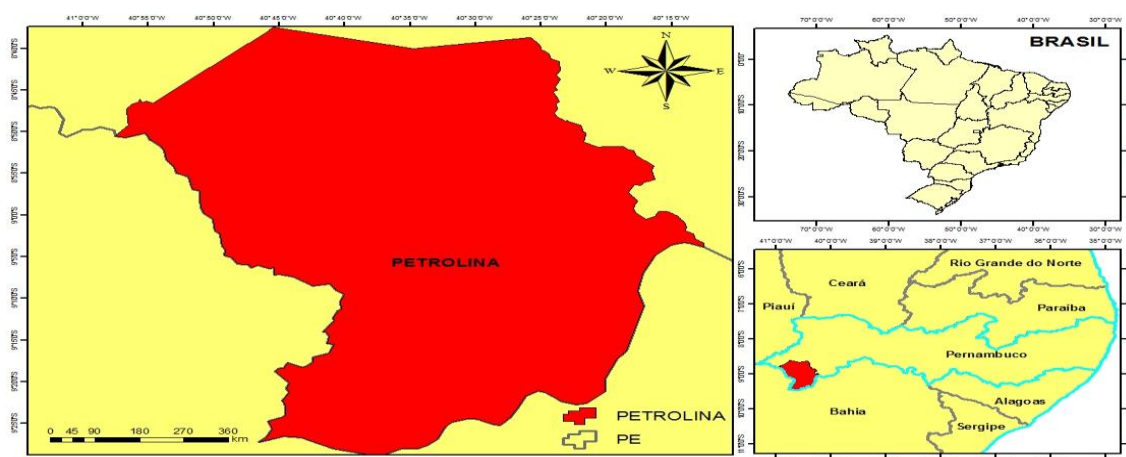


Figura 1. Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Petrolina, situada no Estado de Pernambuco. O clima da região é do tipo BSw^h, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média do ar 26°C, umidade relativa do ar em torno de 62% e precipitação média anual de 557,7 mm, concentrada principalmente entre os meses de

novembro à abril. Os dados médios anuais de temperatura máxima e mínima do ar foram obtidos de estações meteorológicas automática, pertencente à rede de estações da Embrapa Semiárido, no período de 2011 a 2015. Para tanto, foram utilizadas 12 estações meteorológicas: Estação meteorológica de Cristália, Cruz de salinas, Pontal, Bebedouro, Fazenda Timbaúba, Fazenda vale das uvas, Fazenda Brasil uvas, Fazenda Fruit-Ford, Fazenda Santa Felicidade, e Salitre, e ainda inclui-se a estação meteorológica pertencente à UNIVASF - Centro de ciências Agrárias e a estação da UNEB - Universidade do estado da Bahia, de Juazeiro-BA. Em cada estação atribuiu-se as coordenadas geográficas, latitude e longitude para em seguida realizar a espacialização dos dados, por meio de um software de sistema de informações geográficas – SIG. Na interpolação dos dados utilizou-se o método espacial do inverso do quadrado da distância – IDW, esse modelo baseia-se na dependência espacial, isto é, quanto mais próximo estiver um ponto do outro, maior será a correlação entre seus valores. Dessa forma, atribui maior peso para as amostras mais próximas em relação as mais distantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 observa-se a distribuição temporal e espacial da temperatura mínima e máxima do ar anual no município de Petrolina Pernambuco, a variabilidade oscilou entre 20,7 a 32,5°C. As menores flutuações ocorrem nos anos de 2011 a 2013 para a temperatura mínima e 2011, 2012 e 2014 para a temperatura máxima, enquanto que nos anos de 2014 e 2015 a temperatura mínima do ar foram superiores e a temperatura máxima nos anos de 2013 a 2015.

Os índices de temperaturas mais elevadas foram predominantemente na área norte do município, apenas nos anos de 2011, 2014 e 2015 foram registrados um aumento na temperatura mínima na área sul do município de Petrolina, com temperaturas maiores que 21,5° C.

Analisando a variabilidade espacial nos mapas de temperatura mínima e máxima do ar (Figura 2) pode-se constatar que na porção norte do município foi onde ocorrem os maiores índices de temperatura, possivelmente esse aumento está associado a menor disponibilidade hídrica, já que os perímetros irrigados estão concentrados principalmente ao sul do município e encontram-se as margens do rio São Francisco, ocasionando maior disponibilidade de água na atmosfera pela transpiração e evaporação, já que a maioria das plantações e corpos hídricos estão predominante concentrações na porção sul do município de Petrolina, conseqüentemente há um resfriamento desse local.

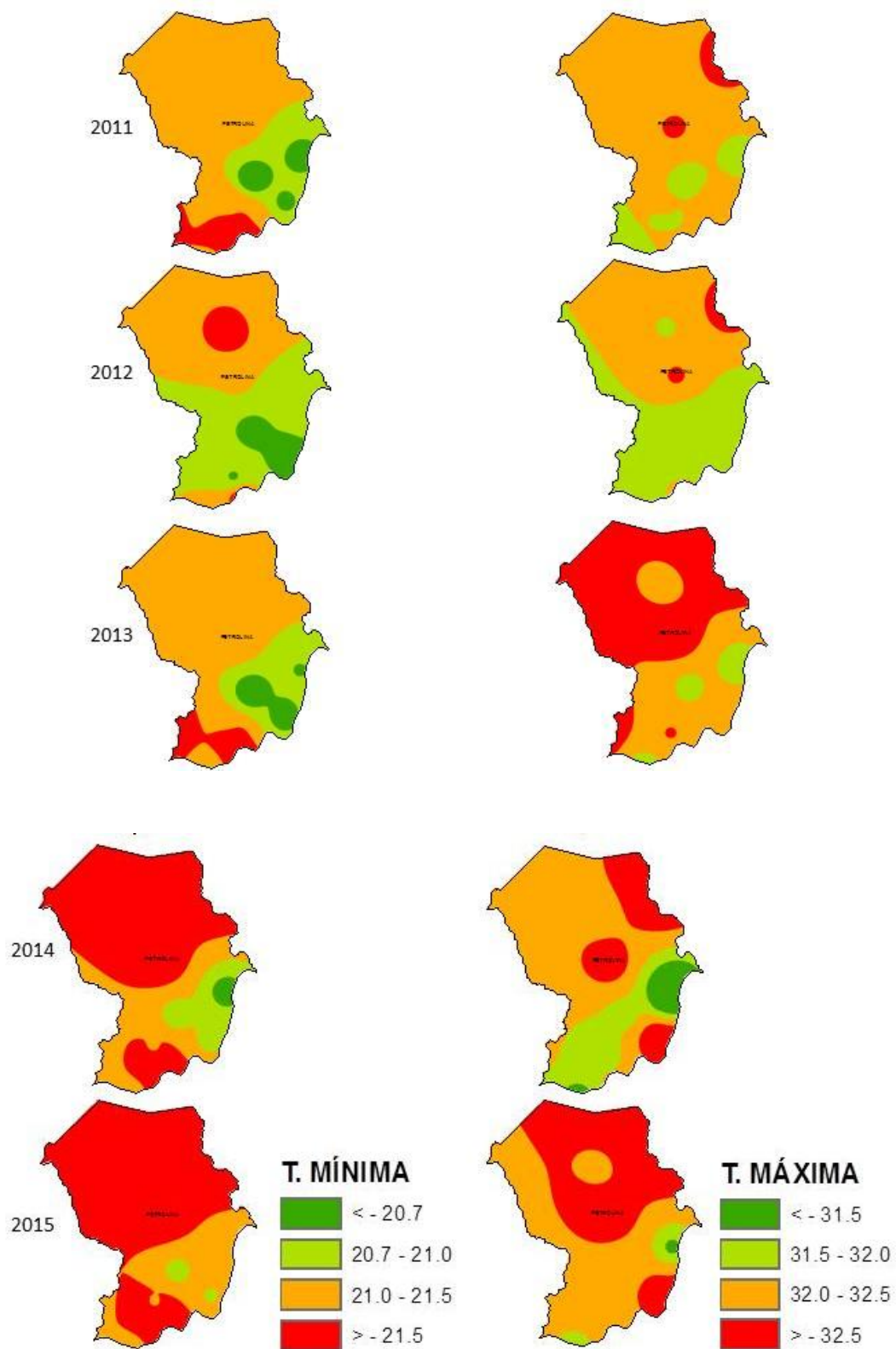


Figura 2. Variabilidade espaço temporal da temperatura máxima e mínima do ar, de 2011 a 2015 no município de Petrolina-PE

CONCLUSÕES

O estudo mostra que nos últimos cinco anos a temperatura do ar vem sofrendo oscilações e variabilidade no município de Petrolina, havendo um aumento gradual nos anos de 2013 a 2015 na temperatura máxima e mínima do ar.

REFERÊNCIAS

BARROS, M. L. e SÁ, A. J. O pólo seco de fruticultura irrigada Petrolina-Juazeiro: um espaço-objeto do poder hegemônico de mercadificação e normatização sócio-ambiental. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, no 3, set/dez. 2007.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. Variabilidade da temperatura média do ar no estado da Paraíba. Fortaleza – CE. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC**. 15 a 18 de setembro de 2015.

ICHIBA, S. H. K.; SOUSA, P.; AZEVEDO, L. C.; NERY, J. T. Variabilidade da temperatura máxima, média e mínima para o estado do Paraná. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. São Paulo. 05 a 09 de setembro de 2005.

NOGUEIRA, V. F. B.; CORREIA, M. F.; NOGUEIRA, V. S. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha - MA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, p.708 –724, 2012.

ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO JATOBÁ NO ESTADO DE SERGIPE

Matheus Felipe Santos Silva¹, Jadson Ferreira da Cruz², Weslei Almeida Santos³,
Janaína Costa Chaves Silva⁴, Inajá Francisco de Sousa⁵

¹Bolsista de Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, mfellipesilva.02@gmail.com; ²Bolsista de Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, jadsonferreira13@hotmail.com; ³Bolsista de Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, ueslei-ufs@hotmail.com; ⁴Bolsista de Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, nana.ccs@gmail.com; ⁵Doutor, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, inajafrancisco@gmail.com

RESUMO: O Jatobá é uma espécie arbórea conhecida como uma planta típica dos biomas cerrado e caatinga. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo elaborar o zoneamento de aptidão climática do Jatobá no Estado de Sergipe. Para isso utilizou-se os parâmetros que refletem as exigências climáticas para o bom desenvolvimento da espécie. Para a geração e cruzamento do mapa do zoneamento de aptidão climática foi utilizado o SIG. Os resultados mostraram que existe restrição térmica para o desenvolvimento desta espécie, no entanto haverá a necessidade da utilização de irrigação nos períodos de deficiência hídrica do solo. Esses resultados repercutiram no zoneamento agroclimático do Jatobá, observando-se que a maioria do estado apresenta clima de aptidão restrita, porém identificaram-se regiões que apresentaram clima apto.

PALAVRAS-CHAVE: Aptidão climática, balanço hídrico, sistema de informação geográfica.

ZONING AGROCLIMATIC JATOBÁ IN THE STATE OF SERGIPE

ABSTRACT: Jatobá is a tree species known a plant typical of the cerrado and caatinga biomes. In this context, the present work had as objective to elaborate the climatic aptitude zoning of the Jatobá in the State of Sergipe. For this purpose we used the parameters that reflect the climatic requirements for the good development of the species. For the generation and crossing of the climatic aptitude zoning map, GIS was used. The results showed that there is a thermal restriction for the development of this species, however, it will be necessary to use irrigation during periods of soil water deficiency. These results had repercussions on the agroclimatic zoning Jatobá, observing that the majority of the state presents a climate of restricted aptitude, however we identified regions that presented apt climate.

KEY-WORDS: Climatic aptitude, water balance, geographic information system.

INTRODUÇÃO

Na moderna agricultura, incrementos nos rendimentos e reduções nos custos e nos riscos de insucesso dependem cada vez mais do uso criterioso dos recursos. Neste processo, o agricultor deve tomar decisões em função dos fatores de produção disponíveis e dos níveis de risco envolvendo sua atividade, visando a obtenção de maior rentabilidade. Dentre os fatores de risco, pode-se considerar como principais aqueles referentes às incertezas de mercado e às condições climáticas imprevisíveis. Toda e qualquer ferramenta que venha ajudar o processo decisório é de grande valia ao setor agrícola (FARIAS et al., 1997).

O zoneamento agrícola de risco permite, a partir do conhecimento das variabilidades climáticas locais (como por ex.: precipitação e evapotranspiração de referência) e de sua espacialização regional por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), definir regiões de aptidão climática e épocas mais adequadas de semeadura como forma de diminuir os efeitos causados pela má distribuição de chuvas (TEIXEIRA & AZEVEDO, 1996; ZULLO JÚNIOR et al., 1999; SILVA & AZEVEDO, 2000).

O Jatobá apresenta melhor desenvolvimento em temperaturas médias na faixa de 19 a 28°C e necessidade hídrica variando de 1000 a 2000 mm anuais de precipitação onde sua deficiência hídrica não deve passar de 100 mm (NAPPO, 2005; CARVALHO, 1994). O objetivo desse trabalho foi realizar um zoneamento agroclimático para a *Hymenaea corbaril L.* (Jatobá) no estado de Sergipe, visando com isso conhecer as áreas de aptidão climática para implantação dessa espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

O Estado de Sergipe é área do presente estudo que está situado na Região Nordeste e tem por limites o oceano Atlântico a leste e os estados da Bahia, a oeste e a sul, e de Alagoas, a norte, do qual está separado pelo Rio São Francisco. É o menor dos estados brasileiros. Em 2010, sua população foi recenseada em 2.068.017 habitantes.

Na primeira fase do trabalho procedeu-se a espacialização dos dados meteorológicos e análise dos parâmetros climáticos considerando as condições atuais do clima. Na segunda fase gerou-se o cruzamento do mapa com as informações de precipitação, temperatura e déficit hídrico, que resultou no zoneamento de aptidão climática.

Os dados climáticos (1980 a 2013) utilizados foram obtidos a partir do estudo desenvolvido por Xavier et al. (2015) para todo o território brasileiro. Neste trabalho, os autores criaram uma grade com resolução espacial (0,25° x 0,25°) e temporal (diária e mensal) para todo o Brasil com valores dos principais elementos meteorológicos, como precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar global e evapotranspiração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a exigência climática do Jatobá, o Estado de Sergipe foi classificado em regiões aptas e inaptas baseado na sobreposição de mapas que caracterizam aptidão térmica e hídrica favorável ao desenvolvimento da cultura no Estado de Sergipe.

Na figura 1 podemos observar o mapa temático do zoneamento climático para a implantação do Jatobá em todo o estado de Sergipe, conforme as exigências climáticas da espécie.

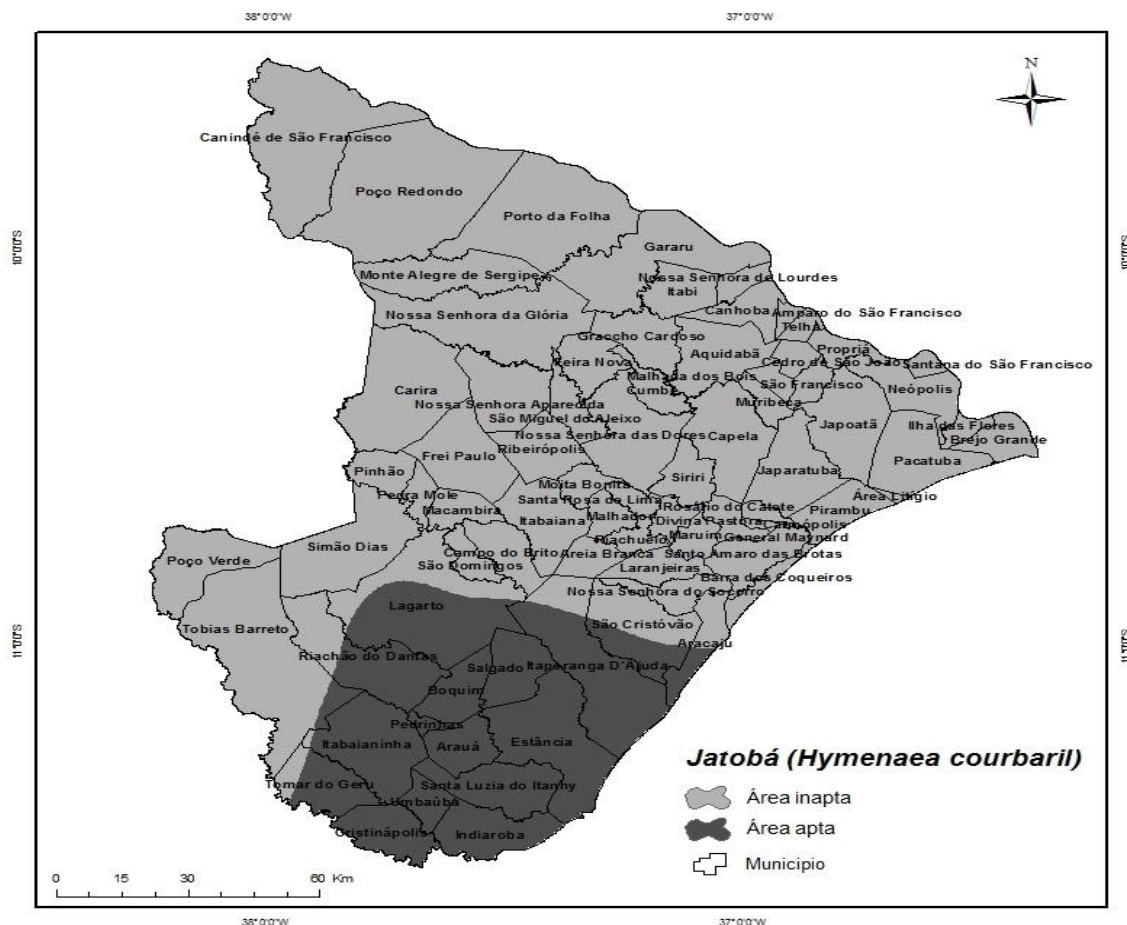


Figura 1. Zoneamento climático para o Jatobá no Estado de Sergipe.

Considerando os resultados obtidos, o Estado de Sergipe apresenta áreas de aptidão, como: Lagarto, Indiaroba, Boquim, Riachão do Dantas, Salgado, Itaporanga D'Ajuda, Cristinópolis, Umbaúba, Santa Luzia do Itanny, Estância, Pedrinhas, Itabaianinha, Tomar do Geru e Arauá. Observa-se então que a região que se estende no sul do estado apresenta faixas ótimas para o desenvolvimento da cultura.

A tabela 1 mostra o número em km² para as regiões aptas e inaptas do Estado do Sergipe, classificadas de acordo com as exigências da espécie em estudo, e suas respectivas porcentagem de área em relação a área total do Estado.

Tabela 1. Área em km² e % para o cultivo do Jatobá no Estado de Sergipe.

Condição	Km ²	%
Apta	4923,92	22,3%
Inapta	17112,40	77,7%

CONCLUSÕES

Aproximadamente 78% do Estado de Sergipe é inapto ao cultivo do Jatobá, principalmente devido a ocorrência de déficit hídrico maior que 100 mm/ano. De uma maneira geral a implantação do Jatobá no Estado pode ser recomendada em 22% da área total do Estado, sendo que, a maior parte de áreas aptas está concentrada no Sul do Estado.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, P. E. R., Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. - Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília-DF, 1994. 640p.

FARIAS, J.R.B., ALMEIDA, I.R., GARCIA, A. Zoneamento agroclimático da cultura da soja para o estado do Paraná. Londrina: Embrapa-Soja, 1997. 84p. (Documentos, 102).

NAPPO, M. E.; NAPPO, A. E.; PAIVA, H. N. Zoneamento Ecológico de Pequena Escala para Nove Espécies Arbóreas de Interesse Florestal no Estado de Minas Gerais. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal. Periodicidade Semestral – Edição Número 5– Janeiro de 2005 - Issn 1678-3867.

SILVA, G.B. da, AZEVEDO, P.V. de Potencial edafoclimático da “Chapada Diamantina” no estado da Bahia para o cultivo de Cítrus. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.8, n.1, p.133-139, 2000.

TEIXEIRA, A.H. de C., AZEVEDO, P.V. de Zoneamento agroclimático para a videira européia no estado de Pernambuco, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.4, n.1, p.139-145, 1996.

XAVIER, A. C., KING; C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). InternationalJournalofClimatology, 2015.

ZULLO JÚNIOR, J., PINTO, H.S., BRUNINI, O. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) de sequeiro no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, UFSC, 1999. CD-ROM.

ESTIMATIVA DO DÉFICIT DE PRESSÃO DE SATURAÇÃO DO AR E DA UMIDADE RELATIVA POR DIFERENTES MÉTODOS

João José da Silva Junior¹, Selma Regina Maggioletto²

¹ Professor da Universidade de Brasília - UNB. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, Asa Norte - DF, 70910-900, E-mail: jjsjunior@unb.br, ² Professora da Universidade de Brasília - UNB. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, Asa Norte - DF, 70910-900, E-mail: srmaggio2@gmail.com.

RESUMO: Com este trabalho objetivou estimar o déficit de pressão de saturação do ar ($\Delta e = e_s - e_a$) diário e a umidade relativa do ar na região de Brasília-DF, através de três metodologias diferentes. Foram utilizados para tanto dados diários de temperatura média do ar ($T_{méd}$), temperatura mínima do ar (T_{min}), temperatura máxima do ar ($T_{máx}$) e umidade relativa média do ar ($UR_{méd}$) oriundos da estação agrometeorológica da Fazenda Água Limpa/UnB, para o período de 1 ano de janeiro a dezembro de 2015. Os Métodos 2 e 3 obtiveram coeficientes de correlação de ($R^2=0.994$ e 0.9197) respectivamente para a estimativa do déficit de pressão de vapor. Na determinação da Umidade relativa do ar os Métodos 3 e 2 obtiveram coeficientes de correlação de ($R^2=1$ e 0.95) respectivamente demonstrando elevada relação entre os valores estimados pelas duas metodologias em comparação ao método padrão. Para o índice "d" o modelo de déficit de pressão de vapor que obteve valor máximo foi o modelo M2 com valor de "d" = 0,97. Para os modelos de umidade relativa do ar, valor máximo de "d" o índice "d" foi obtido pelo modelo UR2 = 1,00 e UR3 = 0,85). O índice de concordância "c" dos modelos de déficit de pressão de vapor que obteve melhor desempenho foram os (M1 = ótimo, M2 = ótimo), e para os modelos de umidade relativa do ar, os melhores desempenhos no índice de concordância "c" foram obtidos pelos modelos UR2 e UR3. A variabilidade encontrada nos dados estimados do déficit diário de pressão de saturação do ar pode estar diretamente relacionada com as variáveis meteorológicas de entrada de cada modelo associado as características termodinâmicas do cerrado Brasiliense, todavia as metodologias podem apresentar desempenho melhor para outras localidades.

PALAVRAS-CHAVE: pressão de saturação do vapor d'água, temperatura, umidade do ar.

DAILY ESTIMATION OF THE AIR SATURATION PRESSURE DEFICIT BY DIFFERENT METHODS

ABSTRACT: The objective of this work was to estimate the air saturation pressure deficit ($\Delta e = e_s - e_a$) and the relative air humidity in the Brasília-DF region, using three different methodologies. Mean daily air temperature (T_m), minimum air temperature (T_{min}), maximum air temperature (T_{max}) and average relative humidity ($UR_{méd}$) were used for daily data from the agrometeorological station of Fazenda Água Limpa / UnB, For the period of 1 year from January to December 2015. Methods 2 and 3 obtained coefficients of correlation ($R^2 = 0.994$ and 0.9197) respectively for the estimation of the vapor pressure deficit. In the determination of Relative Humidity, Methods 3 and 2 obtained coefficients of correlation of ($R^2 = 1$ and 0.95) respectively demonstrated a high relation between the values estimated by the two methodologies in comparison to the standard method. For index "d" the model of vapor pressure deficit that obtained maximum value was the model M2 with value of "d" = 0,97. For the models of relative air humidity, maximum value of "d" the index "d" was obtained by model UR2 = 1.00 and UR3 = 0.85). The agreement index "c" of the models of vapor pressure deficit that

obtained better performance were the (M1 = optimal, M2 = optimal), and for the models of relative humidity of the air, the best performances in the index of agreement "c" were obtained by the UR2 and UR3 models. The variability found in the estimated daily air saturation pressure deficit can be directly related to the meteorological input variables of each model associated with the thermodynamic characteristics of the Brasiliense cerrado, however the methodologies may present performance Better for other locations.

KEY-WORDS: Saturation pressure of water vapor, temperature, air humidity..

INTRODUÇÃO

A umidade relativa e o déficit de pressão de saturação do vapor d' água no ar têm papel importante na agricultura, no sentido de adequar, especialmente, um calendário das atividades agrícolas de curto prazo, como aplicação de defensivos agrícolas, estimativas da evapotranspiração diária voltada ao manejo de irrigação, previsão de incêndios, cálculo do número de horas de molhamento foliar. A diferença entre as pressões de vapor d'água da superfície e do ar vizinho é um fator determinante para a remoção do vapor. Cultivos bem irrigados em regiões áridas consomem grandes quantidades de água devido à abundância de energia solar e ao poder evaporante da atmosfera (ALLEN et al., 1998).

A transpiração representa um papel muito importante no ciclo da água das culturas. De acordo com Rosenberg et al. (1983), apenas 1% da água líquida disponível absorvida pelas plantas é, realmente, envolvida em atividades metabólicas. A maioria da água absorvida pelas raízes das plantas evapora-se no ar.

Segundo Sedyama et al. (1996) a transpiração é um processo consumidor de energia, que modera a temperatura da folha sujeita a radiação solar ou outras fontes de energia. Uma planta, em crescimento ativo, absorve a água armazenada do solo e a transporta, na fase líquida, até as folhas. A taxa com que a folha da planta perde água para a atmosfera, no processo de ET, depende do gradiente de concentração de vapores entre a saturação de vapores no mesófilo da célula e da atmosfera circundante. A pressão de vapor d'água no mesófilo da célula depende da temperatura da folha que, por seu turno depende do saldo de balanço de energia que atinge a superfície da folha. Os dois mecanismos, balanço de energia e taxa de transpiração, operam interdependentemente até alcançarem um equilíbrio para dada condição climática Sedyama et al. (1996).

O déficit de pressão de saturação de vapor d' água (DPV) indica a capacidade de evaporação do ar e é dado pela diferença entre a pressão de vapor de saturação média e a pressão parcial de vapor. O DPV é uma variável fundamental em muitos modelos de evaporação e crescimento de plantas. Infelizmente, poucos registros dessas variáveis estão disponíveis. A maioria das estações climatológicas faz somente observações rotineiras de temperatura de bulbo seco e de bulbo molhado a partir da utilização do psicrômetro.

Vários métodos de cálculo pressão parcial de vapor (DPV) são descritos na literatura (JENSEN, 1974; DOORENBOS & PRUITT, 1975; SADLER & EVANS, 1989; JENSEN et al., 1990; HOWELL & DUSEK, 1995; PEREIRA et al., 1997 a; ALLEN et al., 1998), sendo que alguns não são práticos, e suas estimativas diferem estatisticamente entre si (PEREIRA et al., 1997 b). Diferenças de -26 a +3% entre os valores de $Dar_{méd}$ calculados com dados horários e estimados por métodos aproximados foram determinados por JENSEN (1974). Utilizando cinco métodos,

DOORENBOS & PRUITT (1975) relatam subestimativa de 32% em média. Aqueles propostos pelo manual ASCE nº 70 (JENSEN et al., 1990) apresentam erros na faixa de 4,4% a 36,4% (HOWELL & DUSEK, 1995). Muitos métodos recomendam procedimentos complexos para que se tenha um bom resultado e dependem do tipo de dados disponíveis e das características climáticas locais (SMITH, 1991).

Nesse contexto, percebe-se quão importante torna-se um estudo do comportamento da umidade relativa do ar e do déficit de pressão de saturação de vapor d' água no ar, principalmente a sua conseqüente influência nos requerimentos de água para as culturas agrícolas mais importantes da região, possibilitando que os agricultores programem suas atividades agrícolas, com menor risco de serem surpreendidos pelos efeitos extremos dessas variáveis meteorológicas. Diante das considerações apresentadas, este trabalho visou atingir os seguintes objetivos: Avaliar a aplicabilidade de modelos físico-matemáticos para o cálculo da umidade relativa (UR) e do déficit de pressão de saturação de vapor d' água no ar (DPV), na região do cerrado Brasiliense.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados para o presente estudo foram coletados durante o período de janeiro 2015 a dezembro 2015, Os dados meteorológicos oriundos do Laboratório de Agroclimatologia da UnB localizado na Fazenda Água Limpa - FAL, Campo Experimental da Universidade de Brasília - UnB, O clima da região é Aw (tropical estacional de savana) segundo a classificação climática de Köppen, tendo como característica a sazonalidade do regime de chuvas, com um período chuvoso de outubro a abril e um período seco de maio a setembro. Para cada dado diário de $T_{méd}$, T_{min} , $T_{máx}$ e $UR_{méd}$, foram determinados os seguintes dados derivados:

Pressão de saturação de vapor (e_s) – representa a quantidade de vapor que pode existir em determinada atmosfera como função das temperaturas ($T_{méd}$, T_{min} , $T_{máx}$), a pressão de saturação do vapor pode ser calculada (em kPa), conhecendo a temperatura (T em °C), por meio da Equação 1:

$$e_s = 0,611 \times 10^{\left[\frac{(7,5 \times T)}{(237,3 + T)} \right]} \quad (1)$$

Pressão parcial de vapor (e_a) – obtida como função da umidade relativa média ($UR_{méd}$) e da pressão de saturação do vapor (e_s), por meio da Equação 2:

$$e_a = e_s \times UR_{méd} \quad (2)$$

Temperatura no ponto de orvalho (T_o) – obtida como função da pressão parcial de vapor e temperatura (e_a), por meio da equação de Tetens rearranjada 3:

$$T_o = \frac{237,3 \times \log\left(\frac{e_a}{0,611}\right)}{7,5 - \log\left(\frac{e_a}{0,611}\right)} \quad (3)$$

Para a estimativa diária do déficit de pressão de saturação do ar foram utilizadas as metodologias apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Descrição das metodologias para estimativa diária do déficit de pressão de saturação do ar na região do cerrado Brasiliense.

Grupo e descrição	Métodos de estimativa (Δe)	Referência
Método Padrão	$e_s(T_{\text{méd}}) (1 - 0,01 UR_{\text{méd}})$	Sadler & Evans (1989);
Método 1	$e_s(T_{\text{méd}}) - e_s(T_{\text{min}})$	Pereira et al. (1997a)
Método 2	$\{[e_s(T_{\text{máx}}) + e_s(T_{\text{mín}})] / 2\} (1 - 0,01 UR_{\text{méd}})$	Doorenbos & Pruitt (1977); Sadler & Evans (1989)
Método 3	$[e_s(T_{\text{máx}}) (1 - 0,01 UR_{\text{mín}}) + e_s(T_{\text{mín}}) (1 - 0,01 UR_{\text{máx}})] / 2$	Jensen et al. (1990); Howell & Dusek (1995); Pereira et al. (1996); Pereira et al. (1997 a), FAO56 (Allen et al., 1998)

Para a estimativa diária da Umidade Relativa do ar foram utilizadas as seguintes equações:

$$UR_1 = 100 \frac{e_s(T_{po})}{e_s(T_a)} \quad (4)$$

Sendo T_{po} – Temperatura no ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$), e_s - pressão de saturação de vapor (kPa), T_a - Temperatura máxima do dia ($^{\circ}\text{C}$).

$$UR_2 = \text{exp} \left\{ 5417 * \left[\left(\frac{1}{T} \right) - \left(\frac{1}{T_{po}} \right) \right] \right\} \quad (5)$$

Sendo a Temperatura dada em (K).

$$UR_3 = 200 \frac{e_s(T_{po})}{[e_s(T_a) + e_s(T_m)]} \quad (6)$$

Sendo Sendo T_{po} – Temperatura no ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$), e_s - pressão de saturação de vapor (kPa), T_a - Temperatura máxima do dia ($^{\circ}\text{C}$), T_m - Temperatura mínima do dia ($^{\circ}\text{C}$).

A comparação dos resultados foi realizada a partir da análise de desempenho dos demais métodos de estimativa de DPV e UR em relação a um método considerado padrão. Realizou-se a análise de correlação e regressão linear, através da geração de um gráfico com todos os dados diários, para obtenção dos coeficientes linear (a) e angular (b) da equação do tipo $y = ax + b$, onde y é o método padrão de estimativa, e x é o valor estimado por outro método.

Além destes, foram obtidos: coeficiente de determinação da regressão linear (r^2), coeficiente de correlação (r), índice de concordância (d) de Willmott et al. (1985).

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \quad (7)$$

Em que: P_i são os valores estimados pelos métodos propostos; O_i são os valores estimados pelo Método Padrão; O é a média dos valores estimados pelo Método Padrão.

O índice de concordância de Willmott varia de 0 (total discordância) a 1 (concordância perfeita).

A partir do cálculo de d e r , obtém-se o índice de desempenho proposto por Camargo e Sentelhas (1997), denominado índice de desempenho: $c = r \times d$. A partir dos resultados desse índice, os autores propuseram uma tabela de avaliação qualitativa (Tabela 1). Os parâmetros de comparação foram calculados para cada mês do ano.

TABELA 2. Índice De Concordância, conforme proposto por Camargo E Sentelhas (1997).

Valor de "c"	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 - 0,85	Muito bom
0,66 - 0,75	Bom
0,61 - 0,65	Mediano
0,51 - 0,6	Sofrível
0,41 - 0,5	Mau
$\leq 0,40$	Péssimo

c - índice de concordância

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da Figura 1 é possível avaliar a eficiência das metodologias utilizadas nesse estudo para estimar o déficit diário de pressão de saturação do ar na no cerrado brasileiro, tomando como referência o Método padrão, como já mencionado anteriormente. A Figura 1a exibe a relação entre os Métodos padrão e o método 1, onde é possível observar que o Método 1 obteve coeficiente angular de 0.7415 e interceptação de 0.3361 kPa dia⁻¹.

Através do coeficiente de determinação (R^2) verificasse que a relação entre os valores encontrados para as duas metodologias é relativamente bom (0.8491), ou seja, há baixa dispersão dos pontos em relação a reta de ajuste. A relação entre os Métodos 2 e 3 é observada na Figura 1b e 1c, foi encontrado ($R^2=0.994$ e 0.9197) demonstrado elevada relação entre os valores estimados pelas duas metodologias em comparação ao método padrão sendo esta relação quase de 1:1 no Método 2. O elevado desempenho do Método 2 pode ser justificado pelo fato deste utilizar valores de umidade relativa do ar na pressão parcial de vapor ALLEN et al. (1998).

O coeficiente angular para o Método 2 foi de 1.176 e a interceptação se deu em $-0.0151 \text{ kPa dia}^{-1}$. O coeficiente angular para o Método 3 foi de 1.2469 e a interceptação se deu em $0.3941 \text{ kPa dia}^{-1}$. O melhor desempenho do Método 3A menor relação entre as metodologias de estimativa (Δe) se deu pelo Método 1 foi observado ($R^2=0.8491$). Podendo se afirmar que as metodologias 2 e 3 aqui utilizadas conseguem determinar de forma adequada o déficit diário de pressão de saturação do ar.

O melhor desempenho dos métodos 2, e 3 são justificados segundo ALLEN et al. (1998) pelo fato de a pressão de saturação média ser calculada pela média aritmética da pressão de saturação à temperatura mínima e máxima do ar, com o intuito de minimizar o problema da não-linearidade da curva de pressão de saturação. De modo geral, a aplicação dos modelos de déficit de pressão de vapor, utilizados para os dados deste trabalho, foram representativos, conforme Figura 1, visto que a maioria dos coeficientes (R^2) encontrados mostra uma precisão aceitável.

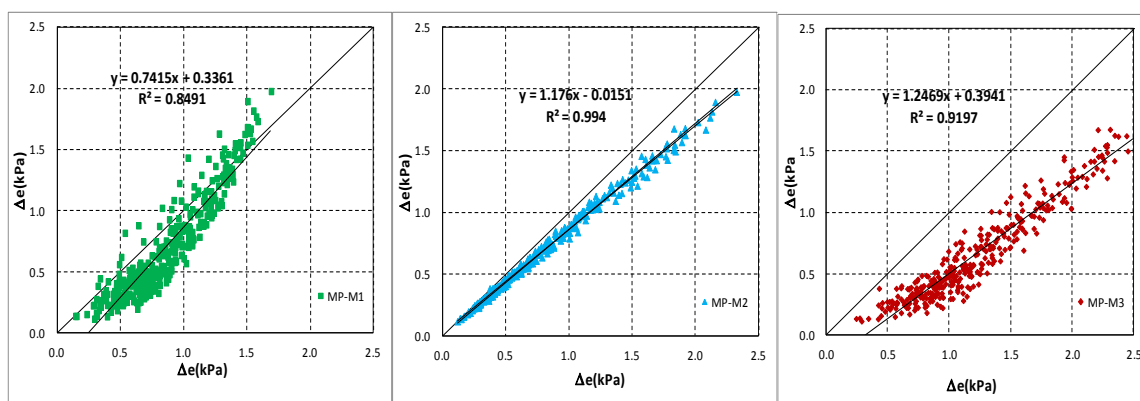


Figura 1. Relação entre a média diária do déficit de pressão de saturação de vapor (Δe) estimada pelo Método 1 e Método 2, Método 3, em relação ao método padrão.

Por meio da Figura 2 é pode se avaliar a eficiência das metodologias utilizadas nesse estudo para estimar a umidade relativa do ar na no cerrado brasileiro, tomando como referência o Método padrão, como já mencionado anteriormente. A Figura 2a exibe a relação entre os Métodos padrão e o método 1, onde é possível observar que o Método 1 obteve coeficiente angular de 0.87 e interceptação de $-17.51 \text{ kPa dia}^{-1}$.

Através do coeficiente de determinação (R^2) verificasse que a relação entre os valores encontrados para as duas metodologias é relativamente bom (0.89), ou seja, há baixa dispersão dos pontos em relação a reta de ajuste. A relação entre os Métodos 3 e 2 é observada na Figura 2b e 2c, foi encontrado ($R^2=1$ e 0.95) demonstrado elevada relação entre os valores estimados pelas duas metodologias em comparação ao método padrão. O coeficiente angular para o Método 2 foi de 0.997 e a interceptação se deu em

1E-12 kPa dia⁻¹. O coeficiente angular para o Método 3 foi de 0.93 e a interceptação se deu em -0.38 kPa dia⁻¹.

A menor relação entre as metodologias de estimativa da UR se deu pelo Método 1 foi observado (R²=0.87). A comparação entre os resultados obtidos dos modelos de umidade relativa do ar (UR1, UR2 e UR3) mostrou que os coeficientes de determinação foram representativos para os três Métodos. Podendo se afirmar que as metodologias 2 e 3 aqui utilizadas conseguem determinar de forma precisa a umidade relativa do ar média na região de Brasília-DF.

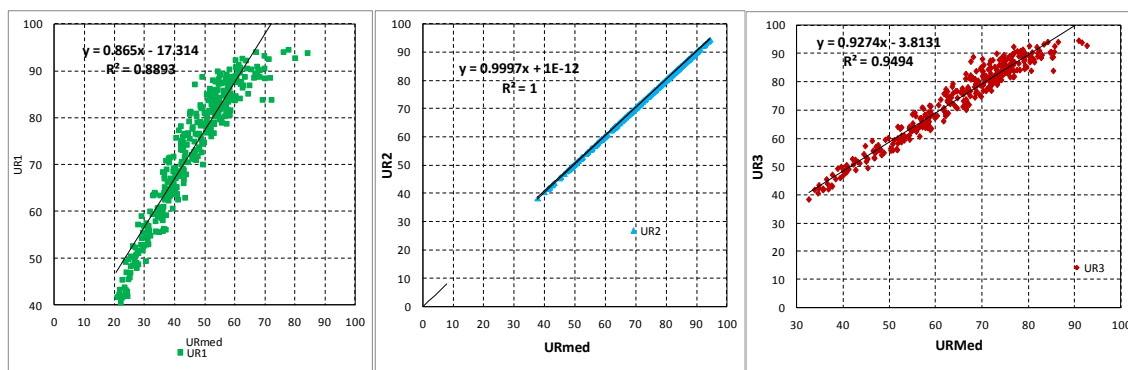


Figura 2. Relação entre a média da umidade relativa do ar (UR) estimada pelo Método 1 e Método 2 e Método 3, em relação ao método padrão.

Valores de coeficientes de determinação R² semelhantes foram encontrados para umidade relativa por Buck (1981), Castellví et al. (1996), Castellví et al. (1997) e Allen et al. (1996). WILLMOTT (1981) sugere que sejam utilizados a interceptação (a) e o coeficiente angular (b) da regressão entre valores observados e estimados, bem como uma análise gráfica da dispersão dos valores em torno da reta 1:1. Quanto mais próximo de 1 for o valor do coeficiente angular e menor interceptação, melhor ajuste do modelo.

Tabela 1. Índices estatísticos para comparação entre o cálculo da DPV e UR pelos métodos padrões e pelos métodos propostos nesse trabalho: a: coeficiente linear; b: coeficiente angular; r²: coeficiente de determinação; r: coeficiente de correlação; c: índice de concordância; d: coeficiente de Willmott; classificação pelo índice c proposta por Camargo e Sentelhas (1997).

Métodos	a	b	r ²	c	d	Classificação
M1	0.74	0.34	0.85	0.90	0.83	ótimo
M2	1.18	-0.02	0.99	0.98	0.97	ótimo
M3	1.25	0.39	0.92	0.69	0.67	bom
UR1	0.87	-17.51	0.89	0.45	0.42	mau
UR2	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	ótimo
UR3	0.93	-0.38	0.95	0.88	0.85	ótimo

O índice “d” médio dos modelos de déficit de pressão de vapor foram, respectivamente, (M1 = 0,83, M2 = 0,97, M3 = 0,67), obtendo-se um valor máximo para o modelo M2 de 0,97. e o mínimo para o modelo M3 = 0,67. Para os modelos de umidade relativa do ar, o índice “d” médio resultou em valores de (UR1 = 0,42, UR2 =

1,00 e UR3 = 0,85). Todos os índices de concordância d de Willmott obtidos pelos modelos são aceitáveis nas estimativas da umidade relativa do ar e do déficit de pressão de vapor, com exceção dos Métodos M3 e UR1 que obtiveram baixo desempenho para este índice. Em termos de comparação entre valores medidos e preditos por modelos,

O índice de concordância “ c ” dos modelos de déficit de pressão de vapor foram, respectivamente, (M1 = ótimo, M2 = ótimo, M3 = bom), obtendo-se um melhor desempenho para o modelo M1 e M2. Mesmo o modelo que obteve o menor desempenho no índice de concordância “ c ” M3 ficou com índice bom, mostrando um elevado desempenho para os três métodos de determinação de déficit de pressão de vapor.

Para os modelos de umidade relativa do ar, o índice de concordância “ c ” foram, respectivamente, de (UR1= mau, UR2 = ótimo e UR3 = ótimo). Obtendo-se um melhor desempenho para o modelo UR2 e UR3.

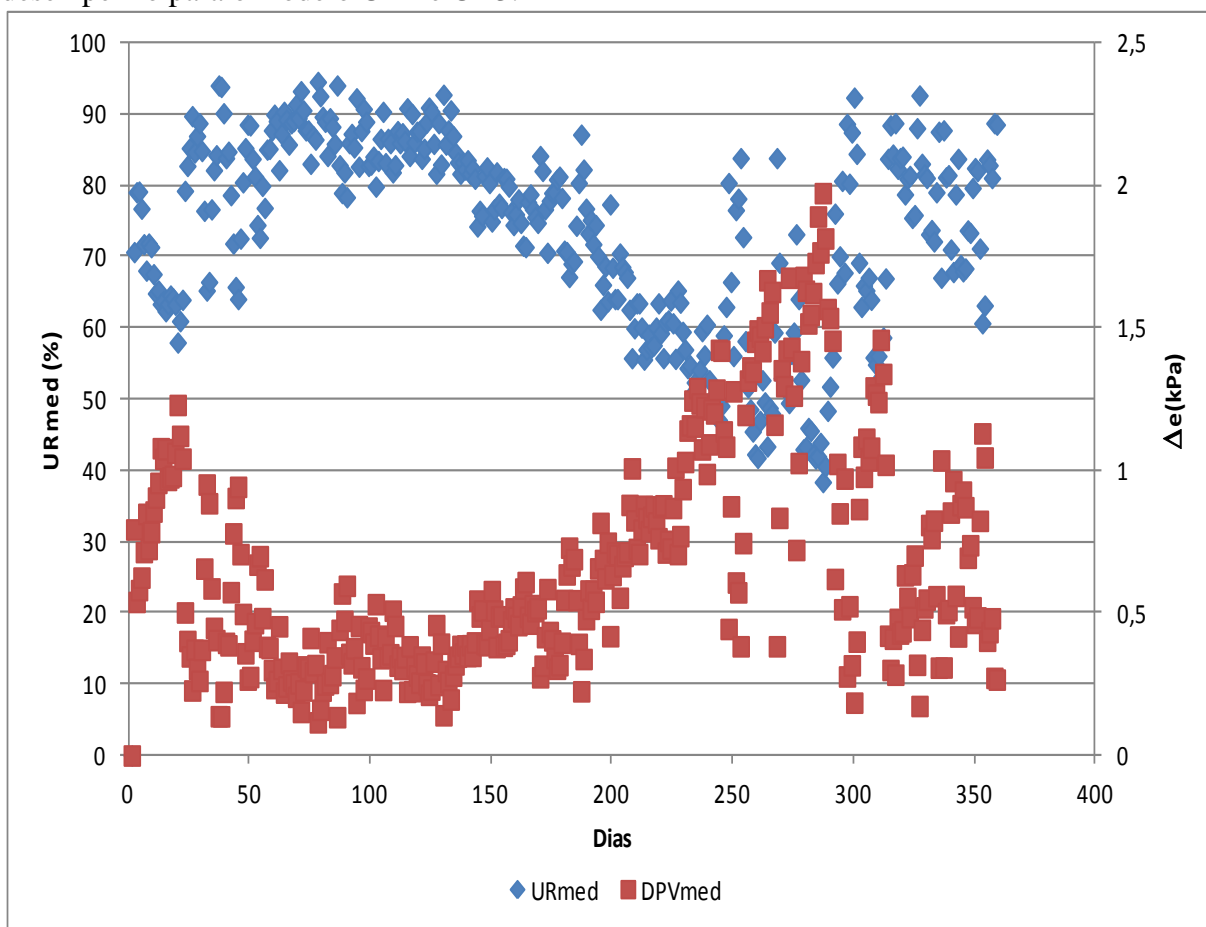


Figura 3. Variabilidade média diária do déficit de pressão de saturação de vapor (Δe) estimada pelo método padrão e da umidade relativa do ar (UR_{med}) para estação agrometeorológica da Fazenda Água Limpa campus experimental FAV/UnB para o ano de 2015 nos meses de janeiro a dezembro.

A Figura 3 exibe a Variabilidade média diária do déficit de pressão de saturação de vapor (Δe) estimada pelo método padrão e da umidade relativa do ar (UR_{med}) para estação agrometeorológica da Fazenda Água Limpa campus experimental FAV/UnB para o ano de 2015 nos meses de janeiro a dezembro. Para Figura 3 verifica-se que a umidade relativa média do ar (UR_{med}) é superior a 40% para todo período analisado.

Todavia o ar tende a ser mais saturado para os primeiros 150 dias do ano valores são superiores a 65%.e no período do final de ano a partir do dia 300, coincidindo com o período chuvoso da região, onde os valores são superiores a 65%.

O déficit de pressão de saturação de vapor (Δe) possui os maiores valores no início primeiro mês do ano e de 200 a 300 dias, sendo coincidente com o período seco do ano.

A variabilidade encontrada nos dados estimados do déficit diário de pressão de saturação do ar pode está diretamente relacionada com as variáveis meteorológicas de entrada de cada modelo associado às características termodinâmicas do cerrado brasileiro, todavia as metodologias podem apresentar desempenho melhor para outras localidades.

CONCLUSÕES

Os modelos M2 e M3 e UR2 e UR3 foram, em média, os que, respectivamente, apresentaram melhor (r^2). Os modelos M1 e UR2, nessa ordem, foram os que exibiram menor (r^2). Para os (c): índice de concordância e (d) coeficiente de Willmott os modelos M3 e UR1 tiveram os piores desempenhos.

Entretanto, a aplicação dos modelos estudados para o cálculo da umidade relativa do ar e do deficit de pressão de vapor demonstrou ser ferramenta de fundamental importância, também, para a predição de situações extremas dessas variáveis.

Além disso, evidenciou que é possível a aplicação destes métodos para estimativas desses elementos meteorológicos em locais onde se dispõe somente de dados de temperaturas máximas e mínimas diárias ou, mesmo, em locais com falhas nas observações rotineiras, tendo em vista a possibilidade de utilização desses modelos na reconstrução de séries com dados perdidos ou faltantes, para a região de Brasília-DF

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56)

ALLEN, R. G. Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 122, n. 2, p. 97-106, 1996.

BUCK, A.L. New equations for computing vapor pressure and enhancement factor. *J. Appl. Meteorol.*, v. 20, p. 1527-1532, 1981.

CAMARGO, Â. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

- CASTELLVÍ, F.; PEREZ, P. J.; VILLAR, J. M.; ROSELL, J. I. Analysis of methods for estimating vapor pressure deficits and relative humidity. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v. 82, p. 29-45, 1996.
- CASTELLVÍ, F.; PEREZ, P. J.; STOCKLE, C. O.; IBANEZ, M. Methods for estimating vapor pressure deficit at a regional scale depending on data availability. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v. 87, p. 243-252, 1997.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Crop water requirements. Rome: FAO, 1975. 179 p. (FAO.Irrigation and Drainage Paper, 24).
- HOWELL, T.A.; DUSEK, D.A. Comparison of vapor-pressure-deficit calculation methods - Southern High Plains. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, New York, v. 121, n. 2, p. 191-198, 1995.
- JENSEN, M.E. Consumptive use of water and irrigation requirements. New York: ASCE, 1974. 215 p. (Reports of Technical Committee on Irrigation Water Requirements)
- JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. Evapotranspiration and irrigation water requirements. New York: ASCE, 1990. 332 p. (Manual, 70).
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDYAMA, G.C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- ROSENBERG, N. J.; BLAD, B .L.; VERMA, S.B. Microclimate: the biological environment. 2.ed. New York: John Wiley, 1983. 495p.
- SADLER, E.J.; EVANS, D.E. Vapor pressure deficit calculations and their effect on the combination equation. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v. 49, p. 55-80, 1989.
- SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; LEAL, B. G. Evapotranspiração: Necessidade de água para as plantas cultivadas. Brasília, ABEAS. 1996. 173p. (Módulo 2)
- SMITH, M. Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements. Rome: FAO, 1991. 54 p.
- WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, Ottawa, v. 90, p. 8995-9005, 1985.
- WILLMOTT, C. J. On the validation of models. *Physical Geography*, Palm Beach, v.2, n.2, p.184-94, 1981.

EXIGÊNCIA TÉRMICA DE LINHAÇA EM DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS DE SANTA CATARINA

Dislaine Becker¹, Luciane Teixeira Stanck², Leosane Cristina Bosco³, Josué Rubens Schmoeller⁴, Brendon Máximo Clei dos Santos⁵ e Oscar Harthmann⁶

¹Estudante de Graduação em agronomia, UFSC, Curitibanos, SC, dislainebeckerufsc@gmail.com; ²Estudante de Mestrado do PPGEAN, UFSC, Curitibanos, SC, lucianestanck@yahoo.com; ³Professora, UFSC, Curitibanos, SC, leosane.bosco@ufsc.br; ⁴Estudante de Graduação em agronomia, IFC, Rio do Sul, SC, josue.schmoeller@hotmail.com; ⁵Estudante de Graduação em agronomia, IFC, Rio do Sul, SC, brendonmaximo93@gmail.com; ⁶Professor, IFC, Rio do Sul, SC, oscar@ifc-riodosul.edu.br

RESUMO: A caracterização fenológica de linhaça na região sul do Brasil é de suma importância para dar suporte ao planejamento das lavouras e à tomada de decisão do agricultor para formas adequadas de manejo das plantas. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a fenologia e exigência térmica de linhaça em diferentes agroecossistemas de Santa Catarina. Os experimentos foram desenvolvidos em Palmitos, Herval D Oeste, Curitibanos e Ronda Alta durante o ano de 2016 sendo os genótipos utilizados cv. Aguará, cv. Caburé e a variedade local Dourada. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com cinco repetições. Para a determinação da data de ocorrência de cada estágio fenológico, foram marcadas plantas de cada genótipo. As avaliações de desenvolvimento foram emergência, aparecimento do botão floral, início de florescimento e colheita. Calculou-se a exigência térmica da linhaça empregando-se o acúmulo de graus-dia desde a emergência até a colheita, bem como para cada um dos estádios. Os dados meteorológicos foram obtidos de estações meteorológicas da Epagri e INMET, próximas das áreas de cultivo. Durante o período experimental (Tmax) variou entre 29,8 °C a 35,8 °C e Tmín variou -3,8 °C a 1,7°C. A precipitação total acumulada durante o ciclo foi de 719 mm, 959 mm e 849 mm em Palmitos, Ronda Alta e Curitibanos, respectivamente. A duração do ciclo das plantas de linhaça teve uma variação de 153 dias ou 1.444,1°C dia em Herval D'Oeste a 197 dias ou 2.764,8°C dia em Palmitos.

PALAVRAS-CHAVE: *Linum usitatissimum* L., Fenologia, Soma térmica

THERMAL REQUIREMENT OF LINHAÇA IN DIFFERENT AGROECOSYSTEMS OF SANTA CATARINA

ABSTRACT: The phenological characterization of linseed in the southern region of Brazil is of paramount importance to support crop planning and farmer decision-making for appropriate forms of plant management. The objective of this study was to characterize the phenology and thermal requirement of linseed in different agroecosystems of Santa Catarina. The experiments were developed in Palmitos, Herval D'Oeste, Curitibanos and Ronda Alta during 2016 year. The genotypes used were cv. cv. Aguará, cv. Caburé and the local variety Dourada. The experimental design was of randomized blocks with five replications. For the determination of the date of occurrence of each phenological stage, plants of each genotype were marked. Developmental evaluations were emergence, flower bud appearance, flowering onset, and harvest. The thermal requirement of linseed was calculated using the accumulation of degrees-day from emergence to harvest, as well as for each of the stages. The meteorological data were obtained from Epagri and INMET meteorological stations'

near the growing areas. During the experimental period (T_{max}) ranged from 29.8 °C to 35.8 °C and T_{min} varied from -3.8 °C to 1.7 °C. The accumulated total precipitation during the cycle was 719 mm, 959 mm and 849 mm in Palmitos, Ronda Alta and Curitibaanos, respectively. The cycle duration of the flax plants had a variation of 153 days or 1,444.1 °C day in Herval D Oeste to 197 days or 2,764.8 °C day in Palmitos hearts.

KEY-WORDS: *Linum usitatissimum* L., Phenology, Thermal sum.

INTRODUÇÃO

No Brasil a maior produção de linhaça está concentrada na região Sul do país devido ao clima subtropical, que fornece condições térmicas adequadas para as plantas, que necessitam de temperaturas amenas principalmente para a floração (BASSEGIO et al., 2012). Além disso, por ser uma cultura com pouca necessidade de tratamentos culturais é considerada uma planta rústica e uma alternativa na rotação de cultura de inverno, no intuito de recuperar desgastes físicos, químicos e biológicos do solo (SOARES et al., 2009).

A caracterização fenológica de linhaça na região sul do Brasil é de suma importância para dar suporte ao planejamento das lavouras e à tomada de decisão do agricultor para formas adequadas de manejo das plantas. A fenologia é importante, pois pode ser utilizada para um planejamento de época de semeadura, definição de época de aplicação insumos, tratamentos fitossanitários e época de colheita.

Na cultura da linhaça o elemento meteorológico que determina a duração do ciclo das plantas é a temperatura do ar. Um dos métodos utilizados para contabilizar a duração do período de desenvolvimento das culturas é a soma térmica que leva em consideração o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento vegetal (STRECK et al., 2005). Em cereais de inverno (ROSA et al., 2009), frutíferas (BORGHEZAN et al., 2011), milho (MARTINS et al., 2012), entre outros, identificou-se estreita relação entre a duração do ciclo e o acúmulo térmico.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a fenologia e exigência térmica de linhaça em diferentes agroecossistemas de Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

A condução do experimento foi realizada em 2016, na região sul do Brasil, sendo distribuída nos estados de Santa Catarina (Palmitos, Herval D'Oeste e Curitibaanos) e no Rio Grande do Sul (Ronda Alta). Cada local de cultivo foi caracterizado por diferentes tipos de clima e solo, além de que cada local constituiu um agroecossistema pelas suas particularidades em nível de uso das áreas.

Os genótipos de linhaça utilizados na implantação do experimento foram cultivares Argentinas: Aguará INTA e Caburé INTA de coloração marrom e variedades locais de coloração marrom e dourada, conforme descrito na Tabela 1.

Os dados meteorológicos foram obtidos de estações meteorológicas do CIRAM/Epagri e do INMET, localizadas próximas das áreas de cultivo.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso com cinco repetições em uma área total de 150 m². A semeadura foi realizada em linhas, com espaçamento de 2 cm entre plantas e 34 cm entre linhas.

Para as avaliações dos estádios de desenvolvimento das plantas foram marcadas 5 plantas em cada repetição, totalizando 25 plantas por genótipo. Avaliaram-se os

estádios de emergência (EM), emissão foliar, aparecimento do botão floral (BF), início do florescimento (IF) e colheita (CO) conforme descrito por Smith (1998).

Tabela 1. Locais, tipos climáticos, data de semeadura e genótipos de linhaça utilizados nos experimentos de linhaça realizados em 2016.

Locais	Clima	Data de semeadura	Genótipos
Curitibanos (SC)	Cfb	20/05/2016	Variedade Local Dourada, cv. Aguará, cv. Caburé
Palmitos (SC)	Cfa	26/05/2016	Variedades locais Marrom e Dourada
Herval D'Oeste (SC)	Cfa	27/05/2016	Variedades locais Marrom e Dourada
Ronda Alta (RS)	Cfa	26/05/2016	Variedades locais Marrom e Dourada

Os estádios da fase vegetativa foram acompanhados semanalmente e da fase reprodutiva, diariamente. O dia de cada estágio foi definido quando 50% das plantas de cada parcela estavam no determinado estágio. O estágio de maturação fisiológica foi considerado quando 75% das cápsulas ficaram na coloração marrom.

Para a determinação da duração total do ciclo de desenvolvimento da linhaça e para cada fase de desenvolvimento foi realizado a contagem a partir de dias do calendário civil e também em termos de soma térmica, de modo a caracterizar a duração do ciclo e das fases fenológicas em dias e em graus-dia. A soma térmica diária foi calculada a partir da diferença entre temperatura média do ar e a temperatura basal inferior da linhaça considerada 4,8°C (CASA et al., 1999). A soma térmica acumulada foi calculada pelo acúmulo térmico diário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental nos diferentes agroecossistemas a temperatura máxima do ar (Tmax) variou entre 29,8 °C a 35,8 °C, sendo Palmitos com maior Tmax no mês de novembro. A temperatura mínima do ar (Tmín) variou -3,8 °C a 1,7°C, sendo Curitibanos com a menor Tmín no mês de junho, onde foram observados 22 eventos de geadas entre maio e agosto. As temperaturas mínimas estiveram abaixo da temperatura basal da cultura e o período mais frio em ambos os cultivos foram nos meses de junho e julho na fase vegetativa no estágio de EM-BF. O local que mais teve temperaturas mínimas abaixo da Tb da cultura foi em Curitibanos onde chegou a ter oito dias consecutivos no mês de julho. A precipitação total acumulada durante o ciclo foi de 719 mm, 959 mm e 849 mm em Palmitos, Ronda Alta e Curitibanos, respectivamente.

Em Herval D'Oeste não foi possível caracterizar a precipitação em função de falhas nos dados. As plantas de linhaça crescem quando a proporção anual de precipitação se estende de 400 a 750 mm, mas também cresce sob irrigação, em climas secos (FLOSS, 1983).

A duração do ciclo das plantas de linhaça teve uma variação de 153 dias ou 1.444,1°C dia em Herval D'Oeste a 197 dias ou 2.764,8°C dia em Palmitos (Tabela 2).

Tabela 2. Duração do ciclo total de desenvolvimento de linhaça em graus-dia e dias.

Local	Exigência (°C dia)	Dias	Genótipo
Curitibanos	1706,2	190	cv.Aguará e cv Caburé
Curitibanos	1689,0	187	Dourada
Palmitos	2764,8	197	Dourada e Marrom
Herval D'Oeste	1444,1	153	Dourada e Marrom
Ronda Alta	1583,9	155	Dourada e Marrom

As maiores exigências térmicas da linhaça dos diferentes genótipos foi em Curitibanos devido a característica de clima o qual se destaca com temperaturas mais baixas e com um clima (Cfb) distinto dos demais locais de plantio. A duração da fase entre o aparecimento do botão floral e o início do florescimento foi maior em Curitibanos onde, 13, 12 e 12 dias para Aguará, Caburé e Dourada respectivamente.

A duração da floração é normalmente muito influenciada pelo genótipo (KEIJZER, 1989 apud CASTRO; MARTINS, 2010), do início do florescimento a colheita a variação em dias foi de 59 (Herval D Oeste) a 127 dias (Palmitos) e exigência térmica de 691,0 °C dia e 1008,0 °C dia.

O ciclo da linhaça consiste em um ciclo vegetativo de 60 a 80 dias, sendo 25 a 40 dias no período de floração e 40 a 60 dias no período de maturação (JACOBSZ; VAN DER MERWE, 2012). O estresse hídrico, altas temperaturas e doenças podem encurtar qualquer um desses períodos de desenvolvimento (JACOBSZ; VAN DER MERWE, 2012). Somente Ronda Alta esta dentro da faixa (60 dias) e os demais locais acima da faixa destacada pelos autores. O período que mais necessitou acúmulo térmico foi em IF-Co (Figura 5).

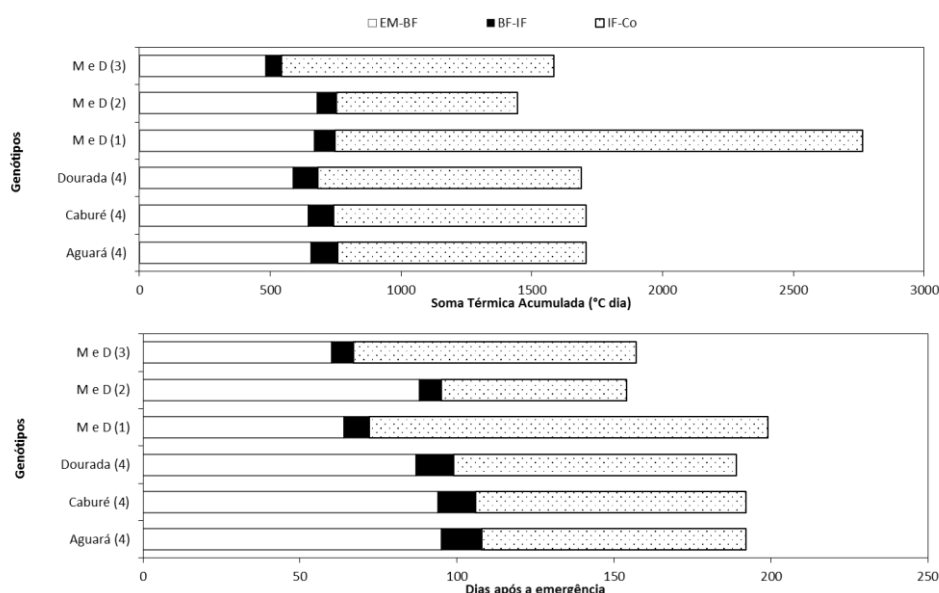


Figura 5. Duração do ciclo de desenvolvimento de linhaça, variedades Marrom (M), Dourada (D), e cultivares Aguará e Caburé em graus-dia e em dias após a emergência. EM=emergência; BF=Aparecimento do botão Floral; IF=início do florescimento e CO=colheita em Palmitos (1), Herval D'Oeste (2), Ronda Alta (3) e Curitibanos (4).

CONCLUSÕES

Os diferentes agroecossistemas influenciaram no ciclo de desenvolvimento da cultura da linhaça, sendo que os locais com temperaturas mais amenas possuem um ciclo de desenvolvimento mais prolongado.

REFERÊNCIAS

- BASSEGIO, D.; SANTOS, R. F.; NOGUEIRA, C. E. C.; CATTANÊO, A. J.; ROSSETTO, C. Manejo da irrigação na cultura da linhaça. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.1, n.3, p. 98-107, 2012.
- BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O.; PIT, F.A.; SILVA, A.L.da. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.4, p. 398-405, 2011.
- CASA, R.; RUSSELL, G.; LO CASCIO, B.; ROSSINI, F. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. **European Journal of Agronomy**, v. 11, p.267-278, 1999.
- CASTRO, C.; MARTINS, P. Ensaio de variedades de linho em diferentes épocas. comportamento fenológico e produção. **Revista de Ciências Agrárias** vol.33, n.2, pp.53-60, 2010.
- FLOSS, E.L. Linho, cultivo e utilização. Boletim Técnico n 3- EMBRAPA. Passo Fundo, FAUPF, 1983.
- JACOBSZ, M.; VAN DER MERWE, W.J. Production guidelines for flax (*Linum usitatissimum* L.). **Department of Agriculture, Forestry and fisheries**. Directorate: Plant Production, 33p., 2012.
- MARTINS, J.D. ; CARLESSO,R.; Petry, M.T.; KNIES, A.E.; PLIVEIRA, Z.B.; BROETTO, T. (2012). Estimativa do filocrono em milho para híbridos com diferentes ciclos de desenvolvimento vegetativo. **Ciência Rural**, 42(5), 777-783.
- ROSA, H.T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1374-1382, 2009.
- SOARES, L.L.;PACHECO, T.; BRITO C M. TROINA, A. A; BOAVENTURA, G.T.; SILVA, M. A. G.. Avaliação dos efeitos da semente de linhaça quando utilizada como fonte de proteína nas fases de crescimento e manutenção em ratos. **Revista Nutrição**, vol.22, n.4, p. 483-491, 2009.
- SMITH, J M; A FROMENT, M. A growth stage key for winter linseed (*Linum usitatissimum*). **Annals Of Applied Biology**, [s.l.], v. 133, n. 2, p.297-306, out. 1998. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.1998.tb05829.x>.
- STRECK, N.A.; BOSCO, L.C.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; ALBERTO, C.M.; LAGO, I. Estimativa do filocrono em cultivares de trigo de primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, p.423-429, 2005.

RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA VIDEIRA NO VALE DO SÃO FRANCISCO

Jucicléia Soares da Silva ¹, Luís Fernando de Souza Magno Campeche ²,
Vital Pedro da Silva Paz ³, Dayanne Kelly Soares Santana ⁴,
Willian Fernandes de Almeida ⁵

¹ Pós-doutoranda, Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia, E-mail: jucicleiass@gmail.com;

² Professor, IF Sertão Pernambucano, Petrolina – Pernambuco. Email: lfsmcamp@gmail.com;

³ Professor Titular, NEAS, UFRB, Cruz das Almas - Bahia. Email: vspaz@gmail.com;

⁴ Graduanda, IF Sertão Pernambucano, Petrolina-Pernambuco. Email: dayannekss2@hotmail.com;

⁵ Pós-doutorando, NEAS, UFRB, Cruz das Almas – Bahia. Email: wifatec@yahoo.com.br.

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi identificar as relações entre as variáveis climáticas e a evapotranspiração da cultura em uma área de uva de vinho e mesa, respectivamente. O experimento foi conduzido na área agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão Pernambucano), no Campus Petrolina Zona Rural, situado no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho em Petrolina – PE, foram considerados dois hectares da área de produção do pomar de uva de mesa, variedade Festival em fase de repouso e 5 anos de idade, o sistema de irrigação utilizado foi a microaspersão. A área de uva de vinho de variedade Cabernet Sauvignon em fase de repouso com quatro anos, com o sistema de irrigação por gotejamento, totalizando dois ha. Para o manejo de irrigação, foi utilizada uma estação agrometeorológica automática com sensores de radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar, pressão barométrica, velocidade e direção do vento e precipitação. A evapotranspiração (ETc) foi obtida por meio da evapotranspiração de referência (ETo) e o coeficiente de cultura (Kc). A ETc média da uva de mesa e de vinho durante o período analisado foi de 3,5 e 3,3 mm dia⁻¹, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Coeficiente de cultivo, irrigação localizada, uva.

RELATIONS BETWEEN CLIMATIC VARIABLES AND EVAPOTRANSPIRATION OF GRAPE IN THE SÃO FRANCISCO VALLEY

ABSTRACT: The objective of this work was to identify the relationships between climatic variables and crop evapotranspiration in a wine and table grape area, respectively. The experiment was conducted in the agricultural area of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Sertão Pernambucano (IF Sertão Pernambucano), in the Petrolina Rural Campus, located in the Irrigated Perimeter Senator Nilo Coelho in Petrolina - PE, were considered two hectares of the area of Production of the table grape orchard, Festival variety in the resting phase and 5 years of age, the irrigation system used was the micro sprinkler. The area of wine grape variety Cabernet Sauvignon resting with four years, with drip irrigation system, totaling two ha. For irrigation management, an automatic agrometeorological station with solar radiation sensors, temperature and relative humidity of the air, barometric pressure, wind speed and direction and precipitation were used. The mean evapotranspiration of

table and wine grapes during the analyzed period was 3.5 and 3.3 mm day⁻¹, respectively.

KEY-WORDS: Crop coefficient, localized irrigation, grape.

INTRODUÇÃO

Uma das particularidades do manejo de irrigação na cultura da videira é a redução da disponibilidade de água em determinadas fases fenológicas para uma determinada finalidade, como redução do vigor na fase vegetativa e aumento do teor de sólidos solúveis totais na fase vegetativa. Assim, é de preocupação em saber quanto e qual profundidade do solo a quantidade de água está sendo reduzida; se após esse período de redução, a lâmina aplicada e estimada com base na ETo está aumentando a capacidade de água em toda a zona radicular; e quando da ocorrência de uma chuva, em quanto e em que profundidade a umidade do solo foi aumentada, e quando a irrigação deve ser reiniciada.

A irrigação já vem sendo usada na fruticultura por algum tempo, entretanto, com a expansão das áreas na região Nordeste, principalmente nos pólos de Petrolina-Juazeiro, maior atenção vem sendo dada ao uso dessa tecnologia. O maior entrave tem sido o manejo ou a condução da irrigação durante o desenvolvimento da cultura. Normalmente um projeto de irrigação é feito com base em coeficientes técnicos voltados a situações críticas, por exemplo, a evapotranspiração de referência considerada é um valor crítico com uma certa probabilidade de ocorrência dentro de um certo período.

Com isso, o objetivo do presente trabalho foi identificar as relações entre as variáveis climáticas e a evapotranspiração da cultura em uma área de uva de vinho e mesa, respectivamente.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, no Campus Petrolina Zona Rural, situado no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho em Petrolina – PE, com as seguintes coordenadas geográficas: 9°20' latitude sul e 40°41' longitude oeste e aproximadamente 418m. Segundo a EMBRAPA (1999) o solo do local é classificado como um Argissolo, textura areia franca, com profundidade média do perfil de 1,8 metro.

Foram considerados dois hectares da área de produção do pomar de uva de mesa, variedade Festival em fase frutificação, quatro anos de idade, com sistema de irrigação por microaspersão e outra área de uva vinho de dois hectares de variedade Caber net Sauvignon em fase de frutificação com três anos de idade, com o sistema de irrigação por gotejamento.

As informações meteorológicas foram obtidas de uma estação automática instalada próxima da área experimental (Davis Instruments, CA, USA), com os sensores de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, radiação global e precipitação. O registro dos dados foi contínuo e foi usado um sistema de armazenamento de dados, que armazenava informações geradas a cada 6 segundos, com média de 30 minutos, a qual é armazenada por um “datalogger” e foi posteriormente descarregada em um computador. Para o presente trabalho, foram analisadas as variáveis meteorológicas no período entre 03/01/2008 e 22/05/2008.

Para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀), foi utilizada a equação de Penman-Monteith, segundo Allen et al (1998), como descrita a seguir:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900U_2}{T + 273} \right) (e_a - e_s)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Em que R_n (saldo de radiação) e G (fluxo de calor no solo) são ambos expressos em MJ m⁻² dia⁻¹, γ é a constante psicrométrica, Δ é a inclinação da curva de saturação do vapor d' água (kPa °C⁻¹) e U₂ é a velocidade do vento (média diária) a 2 m de altura.

Para o presente trabalho os valores de evapotranspiração da cultura (ET_c), foram determinados pela evapotranspiração de referência (ET₀) e o coeficiente de cultura (K_c). O K_c utilizado da uva de mesa variedade festival, na fase de repouso, foi de 0,74 e K_c na uva de vinho foi 0,7 (TEIXEIRA et al., 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A radiação solar global foi o principal elemento meteorológico e um dos fatores determinantes da ET. Afetou processos físicos e biológicos, a tendência da radiação solar global foi diminuir ao passar dos dias, nos meses observados, com a mínima de 133,3 W m⁻², com a média de 452 W m⁻² e a máxima de 606,8 W m⁻² (Figura 1A).

A temperatura do ar foi um dos efeitos mais importantes da radiação solar global. O aquecimento da atmosfera próxima à superfície terrestre ocorreu principalmente pelo transporte de calor, a partir do aquecimento da superfície pelos raios solares. A tendência da temperatura também foi diminuir ao passar dos dias nos meses observados, com a mínima de 22,7°C, com a média de 26,2°C e a máxima de 30,2°C (Figura 1B).

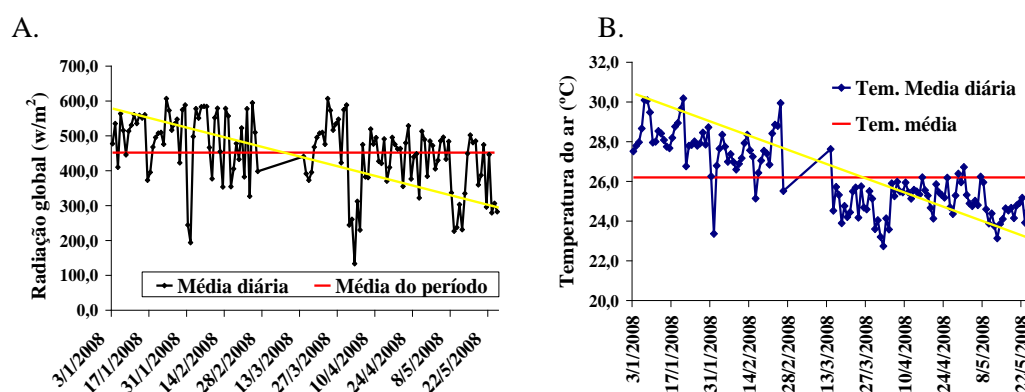


Figura 1. Valores diários da radiação solar global (W m⁻²) e temperatura do ar (°C).

A umidade relativa do ar aumentou com passar dos dias com a mínima de 39,1%, com a média de 66,9 % e a máxima de 90,9 % (Figura 2A).

A tendência da velocidade do vento foi diminuir ao passar dos dias nos meses analisados, com velocidade média de $6,6 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 2B).

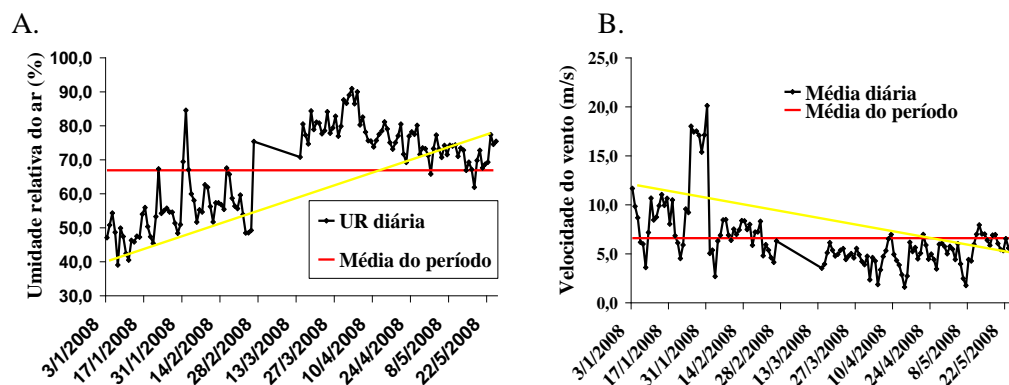


Figura 2. Valores diários da umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s).

Os índices de precipitação pluviométrica superaram a média dos anos anteriores que era de 600 mm por ano, sendo que neste ano de 2008, em apenas cinco meses, choveu 408 mm (Figura 3A), concordando com os dados meteorológicos acima. A ocorrência de chuvas aumentou a quantidade vapor de água na atmosfera, aumentando a umidade relativa do ar (Figura 2A), diminuindo a temperatura (Figura 1B), e a radiação solar global devido à nebulosidade (Figura 1A).

A ET_o média foi de $4,7 \text{ mm dia}^{-1}$, já a ET_c da uva de mesa e vinho durante o período analisado foi de 3,5 e $3,3 \text{ mm dia}^{-1}$, respectivamente. Já ET_c na uva de mesa foi maior do que na uva de vinho, isso ocorreu devido o sistema de irrigação da uva de mesa ser por microaspersão e o K_c ser maior para uva de mesa (Figura 3B).

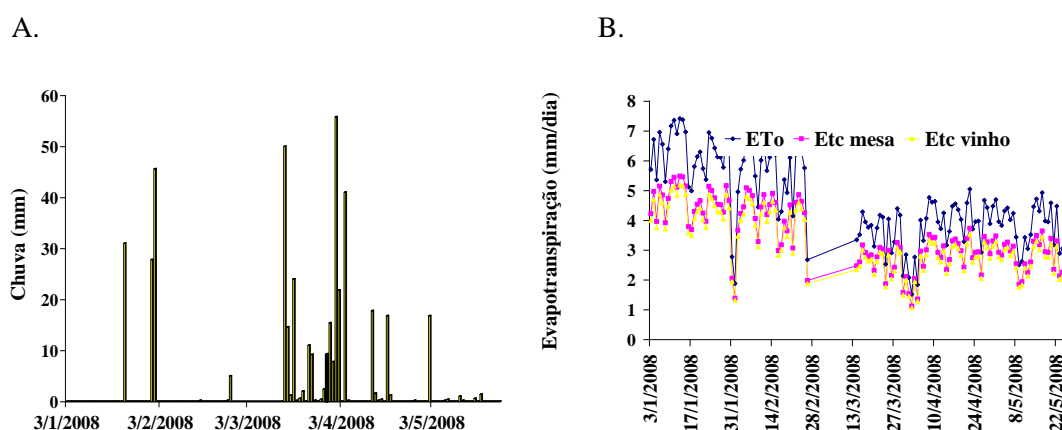


Figura 5. Valores diários da precipitação pluviométrica (mm) e evapotranspiração da uva de mesa e vinho (mm dia^{-1}).

CONCLUSÕES

A tendência da radiação solar, da temperatura do ar, da velocidade do vento foi de diminuição à medida que se aproximou dos dias mais frios e aumentar com a chegada dos dias mais quentes.

A ETc na uva de mesa foi maior do que na uva de vinho, devido ao sistema de irrigação por microaspersão e o Kc ser maior para uva de mesa.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO **Irrigation and Drainage**, Roma, n. 56, 300p., 1998.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999.412p.

TEIXEIRA, A. H. DE; AZEVEDO, P. V. DE; SILVA, B. B. DA; SOARES, J. M. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, p.327-330, 1999.

PERDA DE ÁGUA DE SÍLIQUAS DE CANOLA DURANTE O PROCESSO DE MATURAÇÃO DOS GRÃOS

Elizandro Fochesatto¹, Genei Antonio Dalmago², Homero Bergamaschi³, Jorge Alberto de Gouvêa⁴, Gilberto Rocca da Cunha⁵,

¹Eng. Agr., Me., Professor da UNIGUAÇU, União da Vitória, Paraná, elizandrofochesatto@hotmail.com;

²Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, Bolsista PQ CNPq, genei.dalmago@embrapa.br; ³Eng. Agr., Dr., Professor da UFRGS, Porto Alegre, RS, Bolsista PQ CNPq, homerobe@ufrgs.br; ⁴Eng. Agr., Dr., Pesquisador da EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, RS, jorge.gouvea@embrapa.br; ⁵Eng. Agr., Dr. Pesquisador EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, RS, gilberto.cunha@embrapa.br;

RESUMO: A quantificação das taxas de perda de água pelas síliquis de canola é fundamental para a compreensão do processo de maturação e indicação do momento de colheita, uma vez que as síliquis apresentam deiscência natural de grãos elevada. Por isso, o objetivo deste trabalho foi determinar a taxa de perda de água das síliquis de canola, em diferentes condições ambientais. Para tanto, a perda de água pelas síliquis foi avaliada em duas datas de semeadura, desde a fixação dessas na planta até a maturação completa. Síliquis nos terços inferior, mediano e superior da inflorescência da haste principal e do primeiro ramo primário foram colhidas a cada sete dias e, na sequência, determinada a taxa de perda de água. Houve diferença significativa na taxa de perda de água pelas síliquis entre os terços da haste principal e do primeiro ramo primário. As síliquis do terço superior da haste principal apresentaram a menor taxa de perda de água, aproximadamente 40% inferior que nos demais terços da haste principal. No ramo primário a diferença entre o terço mediano e superior foi de 12%. Comparando a taxa média de perda de água das síliquis, entre a haste principal e o primeiro ramo primário, a diferença foi da ordem de 44%, sendo superior na haste principal. A perda de água das síliquis de canola varia dentro das plantas, dependendo da localização das síliquis e conforme as condições de ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: *Brassica napus* L., maturação, taxa de secagem, colheita

WATER LOSS IN CANOLA SILIQUES DURING THE GRAIN MATURATION PROCESS

ABSTRACT: Determination of water loss rates in canola siliques is a fundamental step for understanding the maturation process and the indication of harvesting time, since they present high natural grain dehiscence. Therefore, the objective of this work was to determine the rate of water loss in canola siliques under different environmental conditions. Water loss from the siliques was evaluated in two sowing dates, starting from the beginning of the establishment of the siliques in the plant, until complete maturation. Siliques in the lower, middle and upper thirds of the inflorescence of the main stem and the first primary branch were collected every seven days, and the water loss rate was then determined. There was a significant difference in the water loss rate in the siliques between the thirds of the main stem and the first primary branch. The siliques from the upper third of the main stem presented the lowest rate of water loss, approximately 40% lower than the ones in the other thirds of the main stem. In the primary branch, the difference between the middle and upper third was 12%. Comparing the mean water loss rate of the siliques between the main stem and the first primary branch, the difference was 44% (higher in the main stem). The water loss in canola siliques varies within plants, with their location in the plant and also with different environmental conditions.

KEY-WORDS: *Brassica napus* L, stem, water loss rate, harvest.

INTRODUÇÃO

A compreensão dos processos envolvidos na elaboração do rendimento de grãos da canola (*Brassica napus* L. var. oleifera) é importante nas condições de cultivo do Sul do Brasil, devido à grande variabilidade ambiental a que a cultura está submetida, associado à sua elevada plasticidade fenotípica, que induz a graus variados de maturação das siliquas na inflorescência das plantas e entre plantas dentro do dossel. Essa variabilidade elevada na maturação das siliquas é um dos problemas para a definição do ponto de colheita, que não pode ser antecipado, pelo risco de colher grãos imaturos e nem ser atrasado demais, devido ao alto grau de deiscência natural das siliquas, sob risco de perda de grãos na lavoura.

Embora o grau de maturação das siliquas sofra influencia das condições ambientais, também é governado por fatores endógenos da planta, conforme a cronologia da floração e emissão/fixação das siliquas, bem como pela posição das siliquas nos ramos. De acordo com Rose et al. (2008) e Wang et al. (2011), as primeiras siliquas que se formam, na base do ramo, têm maior disponibilidade de fotoassimilados do que as siliquas do ápice do ramo. A mesma situação ocorre entre os ramos, ou seja, aqueles que estão mais distantes da fonte tem menor força de dreno que os ramos mais próximos, determinando atraso ou antecipação da maturação das siliquas. Com a interrupção do acúmulo de biomassa, a maturação se intensifica e inicia a perda de água pelas siliquas. O objetivo do trabalho foi determinar a taxa de perda de água das siliquas, sob diferentes condições ambientais, em conformidade com as datas de semeadura da canola.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um experimento conduzido na área experimental da Embrapa Trigo, no município de Coxilha, RS, durante o ano de 2014, em um delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. A região apresenta clima subtropical úmido com verão quente, do tipo Cfa, pela classificação de Köppen. A semeadura foi realizada no espaçamento de 0,34 m entre linhas, com distribuição de sementes para densidade aproximada de 40 plantas m², usando o híbrido Hyola 61. A adubação e os tratamentos culturais foram feitos conforme indicações para a cultura e encontram-se detalhados em Kovalski (2015) e Fochesatto (2015).

Para a realização deste trabalho foram utilizados experimentos instalados em duas datas de semeadura: 29/05/2014 e 16/06/2014. As coletas de siliquas, em cada data de semeadura, foram feitas a cada sete dias na inflorescência da haste principal e do primeiro ramo lateral (ramo primário). As inflorescências foram divididas em três extratos: terço inferior, terço mediano e terço superior. A divisão dos terços na haste principal foi realizada contando 15 siliquas, sendo que o terço inferior foi composto pelas primeiras 15 siliquas presentes no mesmo, o terço médio foi composto pelas 15 siliquas subsequentes ao terço inferior e o terço superior foi composto pelo restante das siliquas presentes na haste principal. Para o primeiro ramo primário, o limite para a divisão dos terços foi estabelecido em 10 siliquas, devido à inflorescência ser menor que a haste principal, seguindo a mesma lógica da haste principal. Em cada data de coleta foram coletadas cinco siliquas da base de cada terço da haste principal e ramo primário de uma planta por parcela, totalizando 16 plantas por data de semeadura. As siliquas coletadas foram armazenadas em sacos plásticos, hermeticamente fechados, colocados em caixa de isopor e levados ao laboratório para determinação da matéria fresca de siliquas (MFS), com auxílio de balança de precisão. Com os dados de cada coleta foi calculada a taxa de perda de água das siliquas a partir da MFS máxima até o ponto em que não houve mais variação da massa por meio da análise de regressão, após realização da análise de variância. Para efeito deste trabalho a análise de variância foi realizada considerando um delineamento de blocos casualizados em parcelas subdivididas, em que a parcela principal foi composta pelas datas de semeadura e a subparcela pelos terços, considerando a haste principal e o ramo primário com fixos, ou seja, não foram considerados como fatores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa na taxa de perda de água das siliquis entre as datas de semeadura e entre os terços da haste principal e do ramo primário (figuras 1 e 2). O início de perda de água pelas siliquis foi diferente entre as datas de semeadura, iniciando em torno de 400 graus-dia acumulados após a floração, na primeira semeadura, e em torno de 300 graus-dia, na segunda semeadura (Figuras 1 e 2, respectivamente). Com isso, verificou-se que em semeaduras mais tardias a maturação das siliquis é antecipada, pelo início da perda de água das siliquis (Figuras 1 e 2, respectivamente), reduzindo o tempo para o enchimento de grãos, o que reflete na redução da produtividade de grãos. Entre as datas de semeadura também se verificou que o coeficiente angular da equação linear que descreve a perda de água pelas siliquis foi significativo, mas apenas na primeira data de semeadura, indicando que houve uma taxa menor de perda de água na segunda data de semeadura, provavelmente, devido a uma interrupção abrupta nos processos fisiológicos envolvidos na formação das siliquis e no enchimento de grãos. Segundo Hocking e Mason (1993), quando as siliquis atingem a matéria fresca máxima, os grãos apresentam em torno de 35% da matéria seca que terão no final do completo enchimento. Os mesmos autores relatam que, durante a desidratação das siliquis, a matéria seca de grãos pode aumentar cerca de 42%, impedindo que as siliquis se desidratem, devido à demanda por fotoassimilados, necessária para complementar a deposição de óleo e proteínas nos grãos.

Entre a haste principal e o primeiro ramo primário é possível inferir que as taxas de perda de água das siliquis têm maior variação na haste principal do que nos ramos, sendo mais marcante na primeira que na segunda data de semeadura. Em termos médios, essa diferença foi da ordem de 44%, sendo maior na haste principal e menor no primeiro ramo primário emitido (Figuras 1 e 2). Isso ocorreu, também, entre os terços, com o inferior apresentando maior variação na taxa de perda de água que o superior, resultando em uma diferença de, aproximadamente, 12%. Portanto, em uma condição abrupta de interrupção dos processos fisiológicos na planta de canola, é possível que as siliquis do topo da inflorescência e dos ramos primários atinjam o ponto de colheita antes daquelas da haste principal e da base das inflorescências.

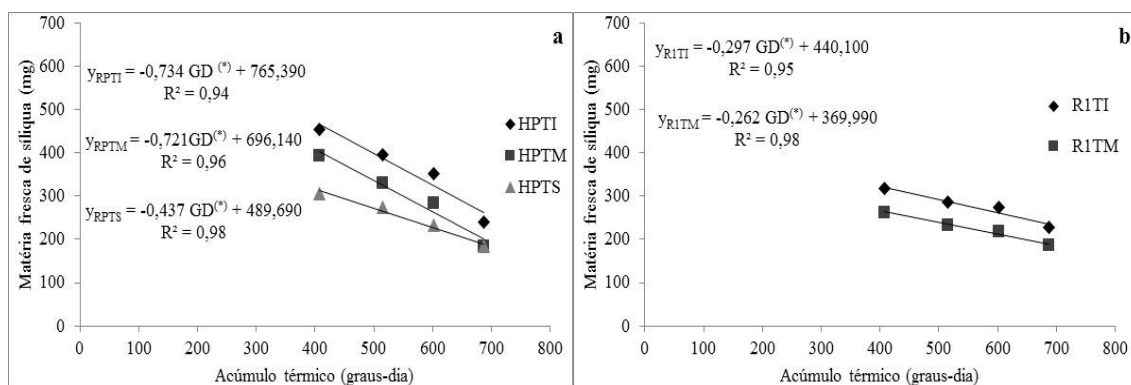


Figura 1. Matéria fresca de siliquis nos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (RPTS) da haste principal (a) e nos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração, para a semeadura de 29/05/2014. (*) indica que os coeficientes das equações são significativos; (ns) indica que os coeficientes das equações não são significativos a 5% de probabilidade de erro pelo teste t.

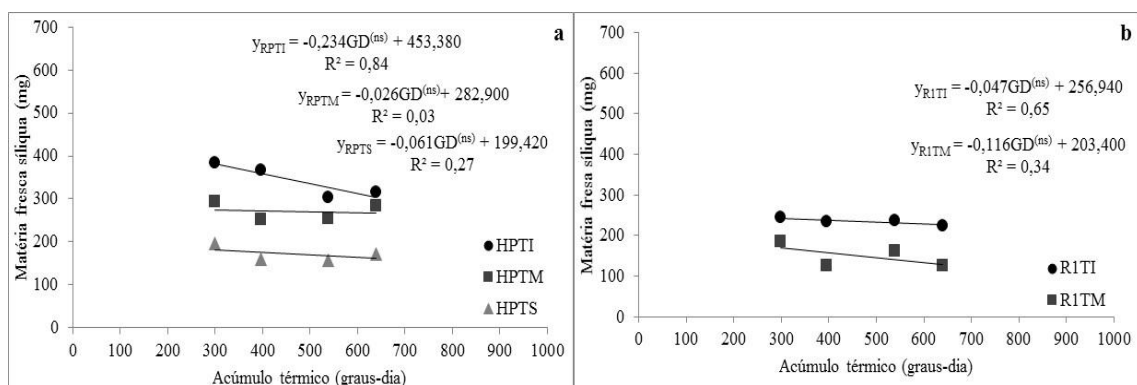


Figura 2. Matéria fresca de siliques dos terços inferior (HPTI), mediano (HPTM) e superior (HPTS) da haste principal (a) e dos terços inferior (R1TI) e mediano (R1TM) do primeiro ramo primário emitido (b), em função do acúmulo térmico (graus-dia) após a floração da canola, para a data de semeadura de 16/06/2014. (ns) indica que os coeficientes das equações não são significativos a 5% de probabilidade de erro pelo teste t.

CONCLUSÕES

Durante a maturação de grãos da canola, a taxa de perda de água das siliques é menor no terço superior e maior no terço inferior da haste principal. Entre a haste principal e o primeiro ramo primário, a taxa de perda de água das siliques é maior na haste principal que primeiro ramo primário.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS), ao Conselho Nacional Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de mestrado e de produtividade em pesquisa. À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e à Embrapa Trigo pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- FOCHESATTO, E. **Acúmulo de matéria seca de siliques e taxa de crescimento de grãos de canola sob doses de nitrogênio e datas de semeadura.** 2015. 148 f. Dissertação. (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- HOCKING, P. J.; MASON, L. Accumulation, Distribution and Redistribution of Dry-Matter and Mineral Nutrients in Fruits of Canola (Oilseed Rape), and the Effects of Nitrogen-Fertilizer and Windrowing. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.44, n.6, p.1377-1388, 1993.
- KOVALESKI, S. **Efeitos da geada em canola (*Brassica napus* L.) em função da distribuição da palha na superfície do solo.** 155 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, 2015.
- ROSE, T. J.; RENGEL, Z.; MA, Q.; BOWDEN, J. W. Post-flowering supply of P, but not K, is required for maximum canola seed yields. **European journal of agronomy**, v.28, n.3, p.371-379, 2008.
- WANG, X. et al. Variability and regulation of the number of ovules, seeds and pods according to assimilate availability in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Field Crops Research**, v. 122, n. 1, p. 60-69, 2011.

RELAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO E TEMPERATURA MÍNIMA EM URUGUAIANA - RS

Otávio V. Coutinho¹, Cairo S. Klug², Lucas F.C. da Conceição³, Josiéle S. dos Santos⁴,
Luciana B. Pinto⁵

¹²³⁴Mestrandos em meteorologia no Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, otavio.voloski@hotmail.com¹, cairo.klug@hotmail.com², luucascarvalho93@gmail.com³, josi03ju@hotmail.com⁴; ⁵Professora Adjunta, Universidade Federal de Pelotas - Faculdade de Meteorologia, Pelotas, Rio Grande do Sul, luciana.pinto@ufpel.edu.br⁵

RESUMO: O estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor orizícola do país. A safra de 2015/2016 foi responsável por mais da metade da produção nacional, representando grande importância socioeconômica. A cultura, apesar da elevada produtividade em determinadas regiões do Estado, está sujeita a quebras de safras por diversos motivos, sendo um dos principais, os períodos em que a temperatura mínima fica abaixo dos limiares necessários para desenvolvimento dos estádios da planta de arroz. Objetivou-se com este trabalho analisar a relação entre as temperaturas mínimas ocorridas no município de Uruguaiiana-RS e a produtividade obtida nas safras de arroz dos anos de 1994, 1998, 2003 e 2010. Para realizar as análises foram utilizados dados de temperaturas mínimas médias diárias do ar e dados de rendimento médio de arroz dos anos em questão, caracterizando o perfil de produtividade média do arroz ao longo do período de estudo e identificando períodos com baixa produtividade. Com base nos resultados observou-se que em todas as séries de temperaturas mínimas ocorridas no município de Uruguaiiana haviam valores abaixo do estabelecido como ponto crítico. Indicando que as baixas temperaturas atmosféricas podem ter influenciado a quebra de produtividade nestas safras, devido a sensibilidade da cultura do arroz em relação a este elemento meteorológico.

PALAVRAS-CHAVE: rendimento, quebras de safras, Rio Grande do Sul.

RELATIONSHIP BETWEEN IRRIGATED RICE PRODUCTIVITY AND MINIMUM TEMPERATURE IN URUGUAIANA - RS

ABSTRACT: The State of Rio Grande do Sul is the largest rice producer of the country. In 2015/2016 harvest was responsible for more than half of the national production, representing a great socio-economic importance. The culture, despite the high productivity in certain regions of the State, is subject to harvests breaks for various reasons, being one of the main, the periods when the minimum temperature falls below the thresholds necessary for development of the stadiums of the rice plant. The objective of this work is to analyze the relationship between minimum temperatures occurred in the municipality of Uruguaiiana-RS and productivity in rice yields from 1994, 1998, 2003 and 2010. To perform the analyses were used daily average minimum temperature data and data of average yield of rice of the years in question, characterizing the profile of the average rice productivity over the period of study and identifying periods with low productivity. The results showed that in all series of minimum temperatures occurred in the municipality of Uruguaiiana had values below the established as critical. Indicating that the low temperatures atmospheric may have influenced the productivity in these crops, due to sensitivity of rice culture in this weather element.

KEY-WORDS: yield, crops breaks, Rio Grande do Sul.

INTRODUÇÃO

No ano de 2016, o Brasil produziu aproximadamente cerca de 10,58 milhões de toneladas de arroz, sendo que no estado do Rio Grande do Sul (RS) foram aproximadamente 7,49 milhões de toneladas. Espera-se para 2017, variação nacional de produção de 13,9%, totalizando cerca de 12,05 milhões de toneladas de arroz, sendo 8,54 milhões de toneladas do RS (IBGE, 2017).

A cultura de arroz é muito sensível as condições climáticas. Destaca-se, como um problema de origem climática, a ocorrência de baixas temperaturas do ar durante a fase reprodutiva do arroz nos Estados do Sul, principalmente no RS (STEINMETZ & MEIRELES, 1999). Elementos climáticos como a temperatura do ar e a radiação solar são determinantes para o crescimento e o desenvolvimento da cultura de arroz no estado do RS (SOSBAI, 2016; CASTRO, 2016).

Existem temperaturas atmosféricas críticas, tanto altas quanto baixas, para cada diferente estágio de crescimento do arroz, as quais variam de acordo com a cultivar, com o tempo de ocorrência da temperatura e com o desenvolvimento da planta (FAGERIA, 1989). Essa cultura é mais sensível às baixas temperaturas na pré-floração (microsporogênese) (SATAKE, 1976). YOSHIDA (1981) sugere, para fins práticos, que o período de 14 a 7 dias antes da emissão das panículas (período de emborrachamento) seja considerado como o mais sensível as baixas temperaturas.

Baseando-se nisso, como objetivo geral buscou-se analisar neste trabalho a relação entre as temperaturas atmosféricas mínimas ocorridas no município de Uruguaiana, no estado do RS e a produtividade nas safras de arroz alcançadas nos anos de 1994, 1998, 2003 e 2010.

MATERIAL E MÉTODOS

Visando realizar a distribuição espacial da produtividade de arroz de todos os municípios do estado do RS, foram utilizados, para a realização deste trabalho, os dados históricos do rendimento médio desta cultura para os anos 1990 a 2015, disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA, 2017).

Por ser um dos maiores produtores da região, e por conter dados de estação meteorológica disponíveis para o estudo, foi escolhido o município de Uruguaiana, localizado na região oeste do RS para a análise da relação do rendimento médio da cultura com a temperatura do ar.

Os dados foram utilizados para caracterizar o perfil de produtividade média do arroz ao longo do período de estudo nas regiões produtoras, a fim de identificar períodos com baixa produtividade. A relação foi feita comparando o ano de quebra, com o ano anterior a ela e, para cada ano de quebra de produtividade, foi feita a espacialização dos dados por municípios do RS.

Uma vez identificadas as safras com menor rendimento, foi feita a análise meteorológica, baseada na temperatura mínima diária, para identificar a relação entre o rendimento da cultura com a variável meteorológica. Para isso, foram utilizados dados de temperatura mínima média diária do ar obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP/INMET) para o município de Uruguaiana no RS.

Na tabela 1 estão descritas as temperaturas atmosféricas críticas mínimas, máximas e ótimas para cada estágio do crescimento e desenvolvimento do arroz.

Tabela 1. Temperatura atmosférica mínima, máxima e ótima (°C) para o crescimento e o desenvolvimento do arroz (YOSHIDA, 1981).

Estádios de desenvolvimento	Temperatura crítica (°C)		
	Baixa	Alta	Ótima
Germinação	10	45	20-35
Emergência	12-13	35	25-30
Estabelecimento da plântula	12-13	35	25-30
Desenvolvimento de raiz	16	35	25-28
Alongamento da folha	7-12	45	31
Perfilhamento	9-16	33	25-31
Iniciação do primórdio floral	15	35	25-30
Emergência da panícula	15-20	38	25-28
Antese	22	35	30-33
Maturação	12-18	30	20-25

Uma vez que os dados de rendimento médio da cultura do arroz utilizado neste estudo são do IBGE, no qual não há diferenciação por cultivar, nem a determinação das datas de mudança dos estádios fenológicos da planta, utilizou-se como cultivar base, a IRGA 417, uma das mais usuais no estado do RS (IRGA, 2017). Segundo o Zoneamento Agrícola para a cultura de Arroz Irrigado no RS da Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC), o período favorável à semeadura na região do município de Uruguaiana é de 01 de outubro à 30 de novembro (AGEITEC, 2017).

A ferramenta “GD Arroz” (programa baseado em graus dia visando definir o momento de realizar a adubação nitrogenada em cobertura em arroz irrigado) disponibilizada pelo laboratório de agrometeorologia da EMBRAPA, foi utilizada para a definição dos dias em que a cultivar 417 teria sua mudança de estágio com base nos dados indicados pelo zoneamento para a região de Uruguaiana.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentadas as seguintes datas desde o plantio até a maturação completa do arroz do tipo IRGA 417, obtidas através da ferramenta “GD Arroz”.

Tabela 2. Datas das mudanças de estágio do arroz do tipo IRGA 417 (EMBRAPA, 2017).

Estádio	Datas
Plantio	01/10
Emergência	06/10
V4 – Planta com 4 folhas	24/10
R1 – Diferenciação da panícula	05/12
R2 – Emborrachamento	25/12
R4 – Início da floração	06/01
R8 – Início da maturação	20/01
R9 – Maturação completa	26/01

Pela análise do rendimento médio do arroz para os municípios do estado do RS, foram definidos quatro anos nos quais houve quebra de safra significativa, em relação a linha de tendência na série temporal de 25 anos (Figura 1). Os anos que tiveram maiores quebras de safra foram respectivamente 1994, 1998, 2003 e 2010.

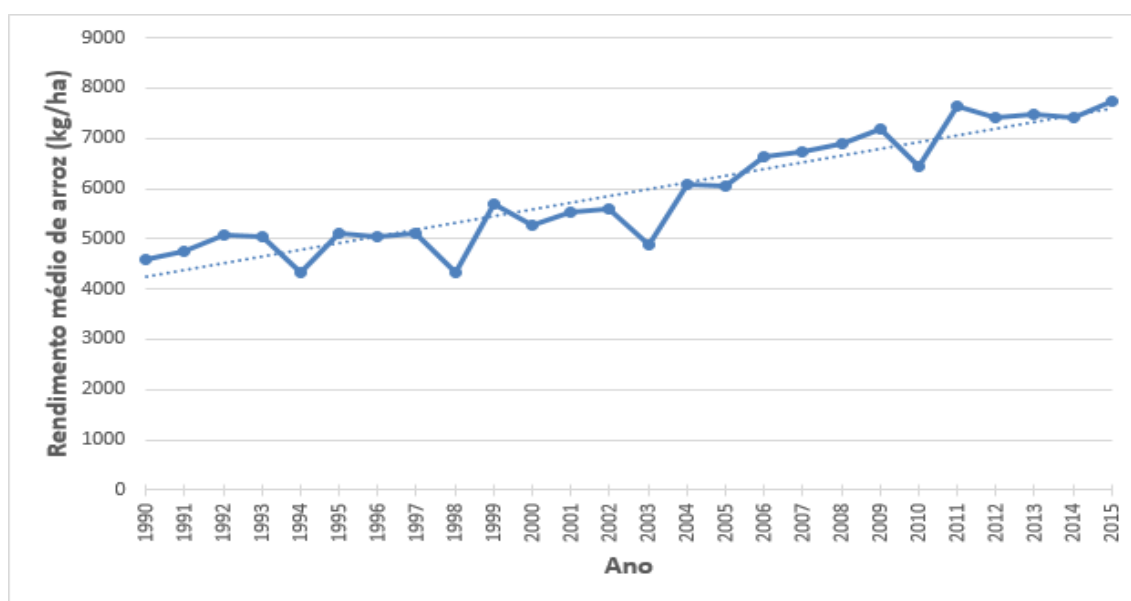


Figura 1. Valores de rendimento médio de arroz (kg ha^{-1}) dos municípios do RS para os anos entre 1990 e 2015.

Pela análise do rendimento médio de arroz foi possível verificar que o ano de 1993 (Figura 2a) teve maior rendimento médio em relação ao ano de 1994 (Figura 2b). Nota-se que nos municípios da metade Sul do estado do RS houve quebra de safra em torno de 2.000 kg ha^{-1} . Na metade Norte do estado do RS não houve mudanças significativas.

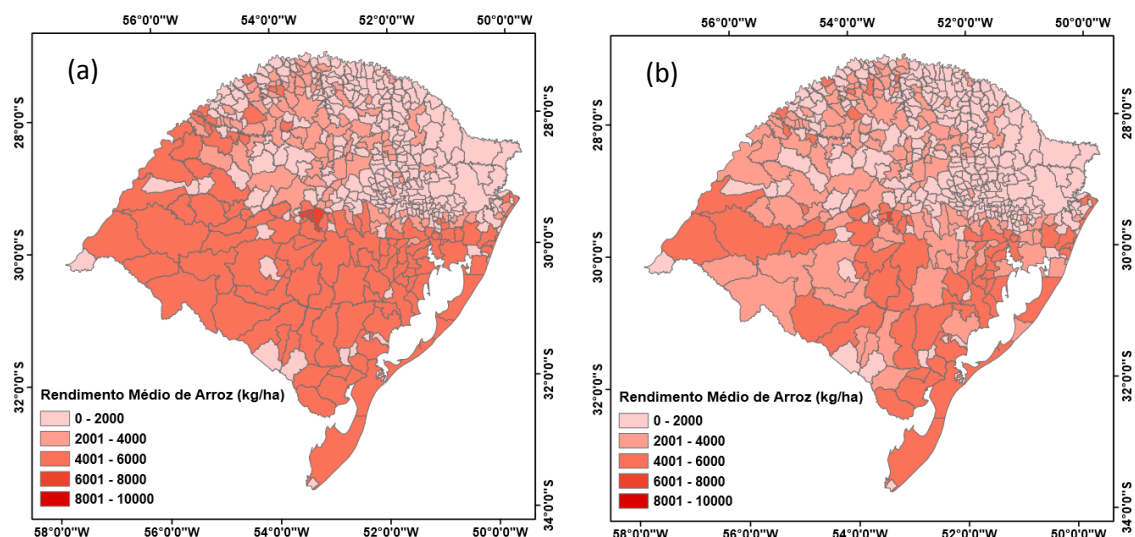


Figura 2. Rendimento médio de arroz (kg ha^{-1}) dos municípios do RS para os anos de (a) 1993 e (b) 1994.

A comparação das safras de 1997 (Figura 3a) e 1998 (Figura 3b); 2002 (Figura 4a) e 2003 (Figura 4b); 2009 (Figura 5a) e 2010 (Figura 5b), seguem o mesmo padrão da safra de 1993 e 1994, onde os municípios da metade Sul do estado do RS apresentam quebra de safra em torno de 2.000 kg ha^{-1} , e os municípios da metade Norte do Estado do RS não apresentam mudanças relevantes.

Observa-se, com os mapas das safras de rendimento médio de arroz, que no ano de 1998 (Figura 3b) ocorreu a menor produtividade e no ano de 2009 (Figura 5a) ocorreu a maior produtividade. Isso se confirma com a observação do gráfico de rendimento médio de arroz dos municípios do RS entre os anos de 1990 e 2015 (Figura 1).

Pode-se observar, na Tabela 3, que todas os anos nos quais foi indicada a quebra de safra houve significativa perda de rendimento médio no município de Uruguaiana – RS. Na safra de 1994 houve queda de 12,26% em relação à safra de 1993; na safra de 1998 a queda foi de 14,29% em relação à safra de 1997; na safra de 2003 – com o maior

desvio de rendimento – a queda foi de 21,54% em relação à safra de 2002, e na safra de 2010 – com o menor desvio de rendimento – a queda foi de 10,25% em relação à safra de 2009. Já para a temperatura atmosférica mínima por safra, não houve desvios significativos, com exceção da safra de 1998 na qual a queda foi de 5,28% em relação à safra de 1997.

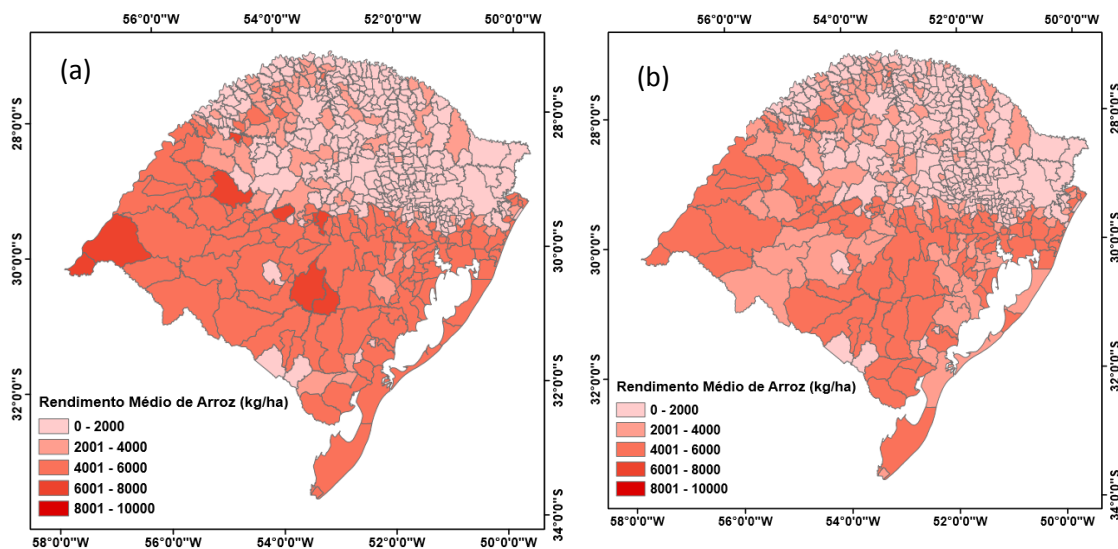


Figura 3. Rendimento médio de arroz (kg ha^{-1}) dos municípios do RS para os anos de (a) 1997 e (b) 1998.

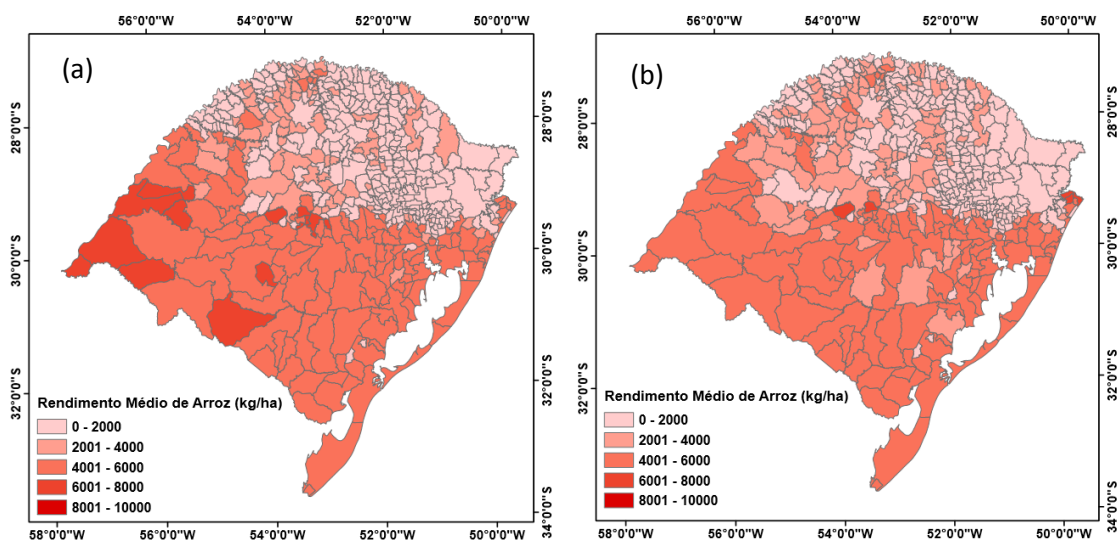


Figura 4. Rendimento médio de arroz (kg ha^{-1}) dos municípios do RS para os anos de (a) 2002 e (b) 2003.

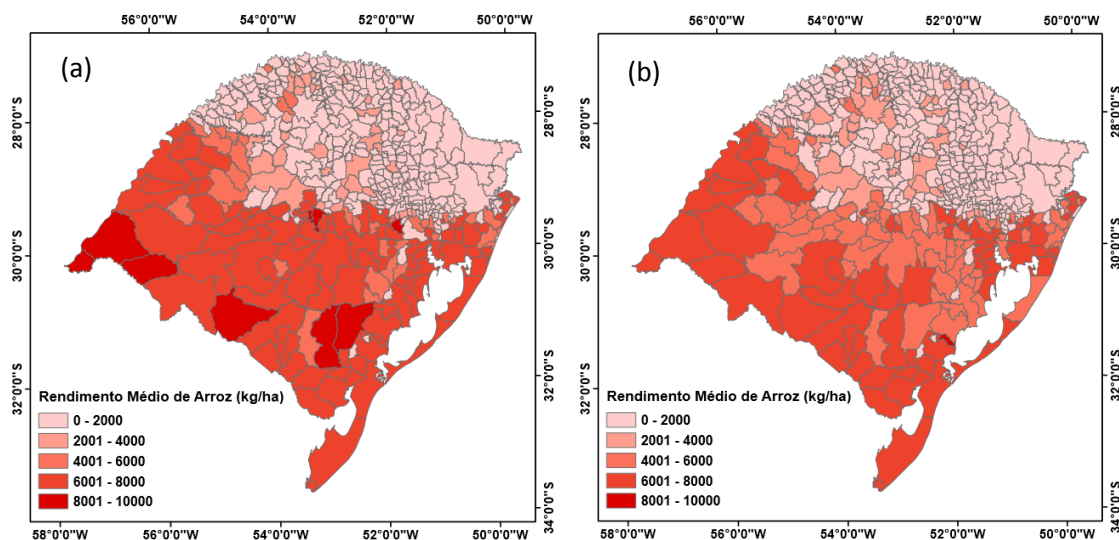


Figura 5. Rendimento médio de arroz (kg ha^{-1}) dos municípios do RS para os anos de (a) 2009 e (b) 2010.

Tabela 3. Desvios e relações de produtividade média de arroz e temperatura mínima média por safra para o município de Uruguaiiana – RS.

	Safras							
	1993	1994	1997	1998	2002	2003	2009	2010
Rendimento médio de arroz (kg ha^{-1})	5585	4900	6300	5400	7139	5601	8230	7386
Média da T_{min} por safra (°C)	17,29	17,34	18,36	17,39	18,13	18,51	17,43	17,74
	1994 - 1993		1998 - 1997		2003 - 2002		2010 - 2009	

Desvios (kg ha⁻¹)	-685	-900	-1538	-844
Desvios (°C)	0,05	-0,97	0,38	0,31
Relação entre os rendimentos (%)	87,74	85,71	78,46	89,75

Analisando o gráfico de temperaturas atmosféricas mínimas do município de Uruguaiiana no RS para a safra de 1993/1994 (Figura 6), nota-se nos dias 24 e 26 de outubro; 02, 07 e 19 de novembro e 01 de dezembro à ocorrência de temperaturas mínimas de 2,5°C, 10°C, 13°C, 11,1°C, 13°C e 10°C, respectivamente, dentro do Estádio V4 (Tabela 2), na qual, de acordo com a tabela 1, a temperatura crítica mínima foi em torno de 16°C, totalizando a diferença para o primeiro dia de 13,5°C. No mesmo gráfico, observa-se que no dia 06 de outubro (período de emergência do arroz) ocorre a temperatura mínima de 7,6°C, sendo que a temperatura crítica mínima é de 12°C. No dia 11 de janeiro, nota-se a temperatura mínima de 13,2°C no estádio R4, no qual a temperatura crítica mínima é de 15°C.

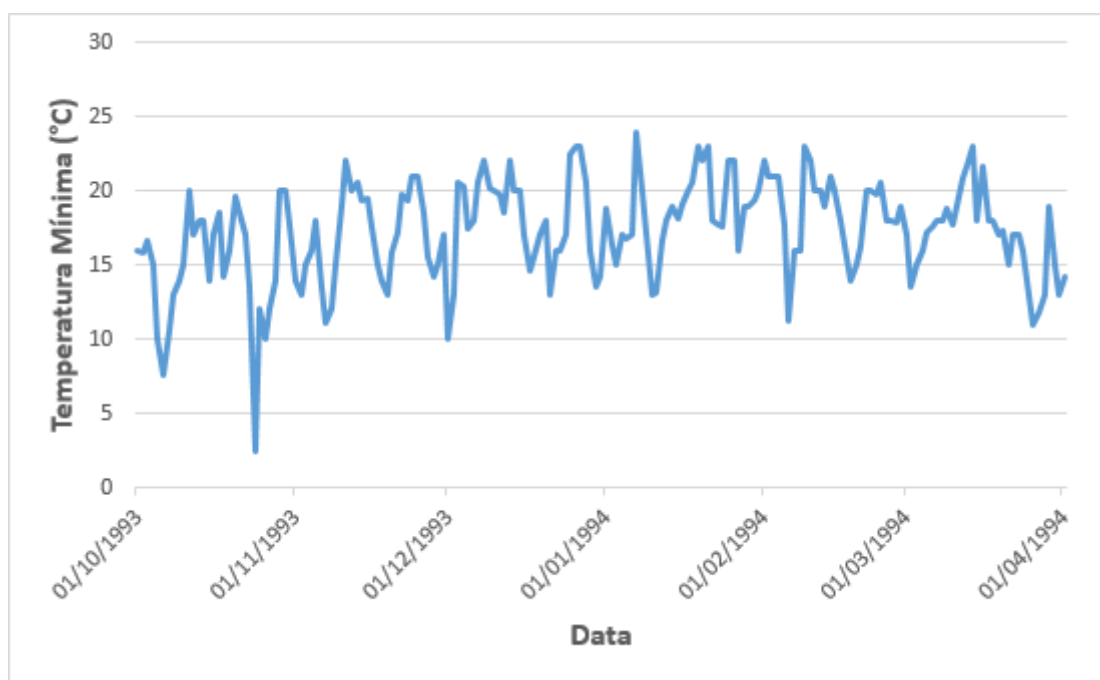


Figura 6. Valores de temperatura mínima (°C) diária do município de Uruguaiiana no RS para o período de outubro de 1993 a março de 1994.

Para o gráfico da safra 1997/1998 (Figura 7), nota-se menos picos de temperaturas atmosféricas mínimas em relação à safra 1993/1994 (Figura 6), entretanto com vários valores de temperaturas mínimas ainda entre 9 e 15°C. No dia 06 de outubro (período de emergência do arroz) ocorre a temperatura mínima de 10,1°C sendo que a temperatura crítica mínima é de 12°C (Tabela 1). Já nos dias 26 e 30 de outubro; 02, 12, 14 e 19 de novembro são observadas as temperaturas mínimas de 11,5°C, 14°C, 12,8°C, 9°C, 13,8°C, 11°C respectivamente dentro do Estádio V4 (Tabela 2), no qual, de acordo com a tabela 1, a temperatura crítica mínima ocorre em torno de 16°C. No dia 08 e 09

de janeiro nota-se respectivamente temperaturas mínimas de 10,8°C e 11°C dentro do estádio R4, no qual a temperatura crítica mínima é de 15°C.

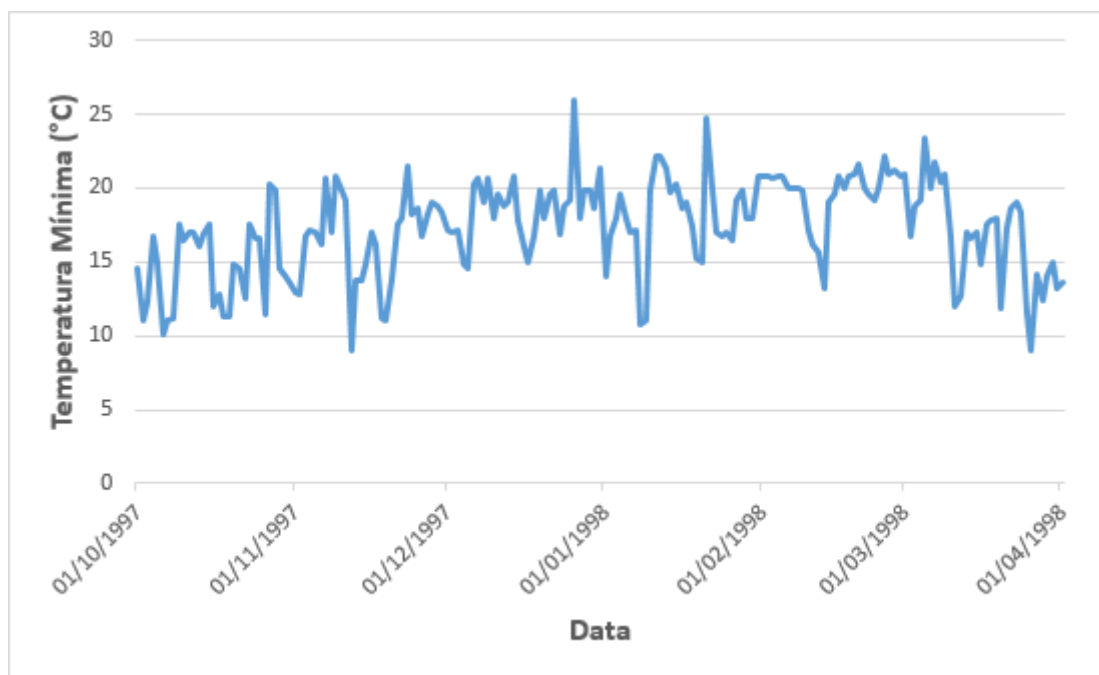


Figura 7. Comportamento da temperatura mínima (°C) diária ocorrida no município de Uruguaiana no RS no período de outubro de 1997 a março de 1998.

Na safra 2002/2003 (Figura 8) as temperaturas atmosféricas mínimas ocorreram abaixo do ideal para a fase de emergência do arroz nos dias 17, 21 e 23 de outubro, sendo respectivamente de 11,2°C, 9,2°C e 10,5°C, todavia, a temperatura crítica mínima para o período é de 12°C (Tabela 1). Já nos dias 30 de outubro; 01, 04, 06, 10, 11, 12 e 13 de novembro, a ocorrência de temperaturas mínimas foi respectivamente de 14°C, 13,3°C, 11,2°C, 14,8°C, 12,5°C, 12,7°C, 13°C e 14,6°C, dentro do Estádio V4 (Tabela 2), no qual de acordo com a Tabela 1 a temperatura crítica mínima fica em torno de 16°C.

No gráfico da safra 2009/2010 (Figura 9) observa-se num primeiro momento diversas temperatura atmosféricas mínimas abaixo de 10°C. Nos dias 02 e 03 de outubro (período de germinação) ocorreram, respectivamente, as temperaturas mínimas de 5,6°C e 7,4°C, sendo a temperatura crítica mínima considerada de 10°C (Tabela 1). Já nos dias 07, 08, 09, 12, 13, 16, 17 e 18 de outubro (período de emergência do arroz) ocorreram, respectivamente, as temperaturas mínimas de 11°C, 6,2°C, 9°C, 8,9°C, 10,4°C, 9,4°C, 9°C e 9,4°C, sendo considerada a temperatura crítica mínima de 12°C. Nos dias 24, 25, 26, 27 e 28 de outubro, e 08, 09, 10 e 11 de novembro, observa-se, respectivamente, temperaturas mínimas de 14°C, 10°C, 12°C, 10,8°C, 14,1°C, 10,9°C, 9,8°C, 14,4°C e 9,6°C dentro do Estádio V4, no qual, de acordo com a Tabela 1, a temperatura crítica mínima ocorre em torno de 16°C. No dia 13 de janeiro observa-se temperatura mínima de 14°C dentro do estádio R4, no qual a temperatura crítica mínima comumente é de 15°C.

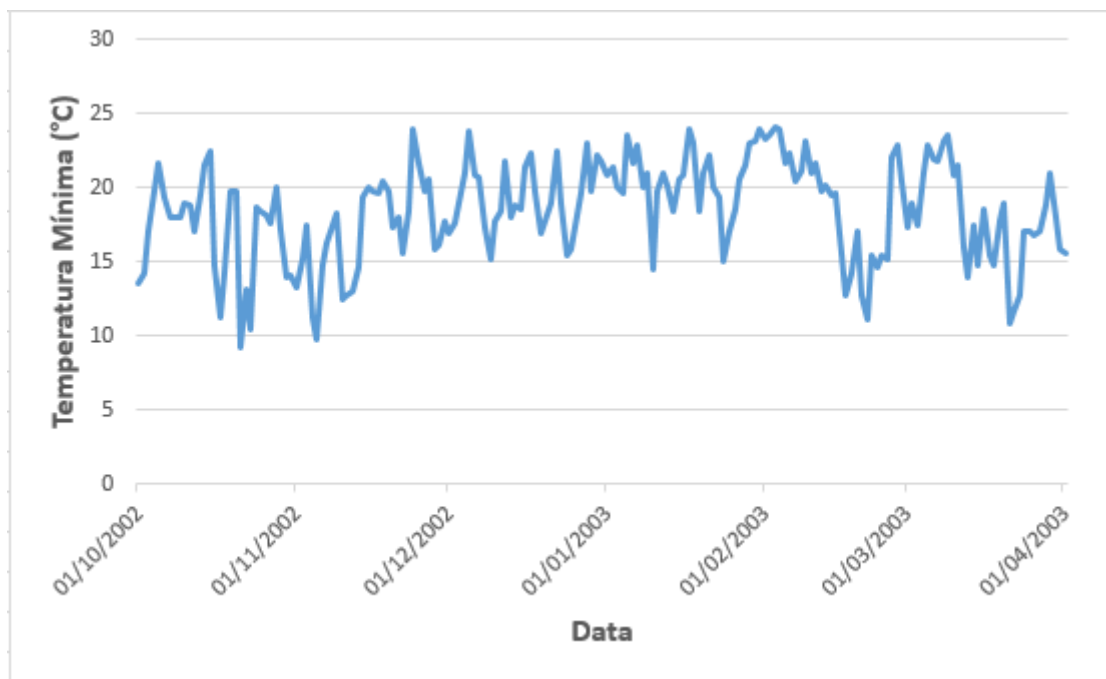


Figura 8. Variação da temperatura mínima (°C) diária registrada no município de Uruguaiana no RS durante o período de outubro de 2002 a março de 2003.

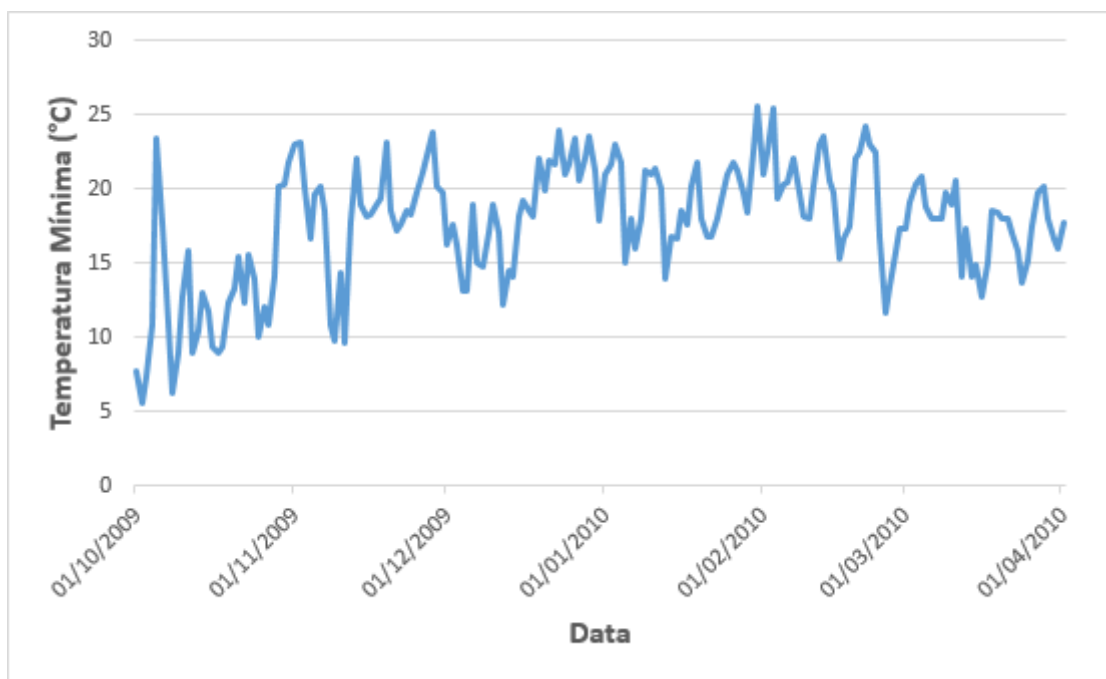


Figura 9. Comportamento da temperatura mínima (°C) diária registrada no município de Uruguaiana no RS no período de outubro de 2009 a março de 2010.

Observa-se, então, que em todas as séries de temperaturas atmosféricas mínimas ocorridas no município de Uruguaiana - RS há valores abaixo do estabelecido como ponto crítico. Estes valores ocorreram em todos os anos nos quais teve-se quebra de safra, podendo haver relação com a produtividade de arroz na região. As séries de temperaturas mínimas aparecem de forma semelhante para todos os anos, sendo que em

alguns anos são observados picos de baixas temperaturas e em outros são observadas temperaturas baixas constantes, ou seja, vários dias com temperaturas abaixo do ideal para a cultura do arroz.

CONCLUSÕES

A quebra de produtividade nas safras avaliadas pode ter sido influenciada pelas ocorrências de valores críticos da temperatura atmosférica mínima.

As temperaturas atmosféricas mínimas ocorreram em todos os anos nos quais houve quebra de safra.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

CASTRO, J. R. **Determinação das incertezas nas simulações da produtividade do arroz irrigado associadas com as estimativas da radiação solar global**. 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2016.

FAGERIA, N. K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília: EMBRAPA-DPU, 1989. p. 425.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

SATAKE, T. Sterile-type cool injury in paddy rice plants. In: IRRI (ed.). **Climate & rice**. Los Baños, 1976. p. 281-300.

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

STEINMETZ, S.; MEIRELES, E. J. L. Clima. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT’ANA, E.P. (eds.). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.58-87

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas; 2016. 200p.

YOSHIDA, S. Fundamentals of rice crop science. Los Bãnos: IRRL, 1981. p. 269.

ÍNDICE HELIOTÉRMICO PARA UVA CULTIVADA EM SAFRA DE VERÃO E INVERNO NO MUNICÍPIO DE LOUVEIRA-SP

Taiane Santos Silva¹, Mário José Pedro Júnior², Jorge Alcântara Espíndola Cardoso¹, José Luiz Hernandez³, Jener Fernando Leite Moraes⁴

¹Aluna de pós-graduação, IAC, Campinas, São Paulo, ss.taiane@gmail.com; ²Pesquisador científico, IAC, Campinas, São Paulo, mpedro@iac.sp.gov.br; ¹Aluno de pós-graduação, IAC, Campinas, São Paulo, jorge_gt.ba@hotmail.com; ³Pesquisador científico, IAC, Jundiaí, São Paulo, jhernandes@iac.sp.gov.br; ⁴Orientador, IAC, Campinas, São Paulo, jfmoraes@iac.sp.gov.br

RESUMO: O município de Louveira é parte integrante do “Circuito das Frutas”, sendo o principal produtor de uva, tanto in natura como para vinificação. Visando explorar a aptidão climática para produção de vinhos finos no município adotou-se alguns conhecimentos com relação às preferências de cultivo para uvas finas e o Índice Heliotérmico (IH) proposto por Huglin. O IH está relacionado com as exigências térmicas das variedades, bem como o potencial de acúmulo de açúcares das bagas, pois sabe-se que a qualidade do vinho está intimamente associada à qualidade de maturação da uva. O IH foi calculado para cada ano, a partir de uma base de dados climáticos de uma série histórica de 47 anos (1970 - 2016). Considerando-se duas safras, fundamentadas nos períodos de produção tipicamente usados pelos produtores da região, sendo safra de verão (SV) entre os meses de Agosto a Janeiro e safra de inverno (SI) entre Fevereiro a Julho. Deste modo foi possível concluir a ausência de restrição climática, ligada à temperatura do ar, para a maturação das uvas no município.

PALAVRAS-CHAVE: *Vitis viníferas*, vinhos finos, Índice de Huglin.

HELIO THERMAL INDEX FOR GRAPE CULTIVATED IN THE SUMMER AND WINTER IN MUNICIPALITY OF LOUVEIRA-SP

ABSTRACT: The municipality of Louveira is a member of the "Circuito das Frutas", one of the biggest highlights is the production of grape, either *in natura* or for vinification. Aiming to explore the climatic aptitude for the production of fine wines in the municipality, some knowledge were adopted regarding the cultivation preferences for wine grapes and the Heliothermal Index (IH) proposed by Huglin. This is related to the thermal requirements of the varieties, as well as the potential of accumulate sugar in the berries, because it is known that the quality of wine is closely linked to the quality of the grape maturation. For this was used the weather database of a historical series of 47 years (1970-2016), IH was calculated for each year, considering two harvest, based on production periods typically used by the agriculturists of the region, being summer harvest (SV) between the months of August to January and winter crop (SI) from February to July. Thus it was possible to complete the absence of climatic constraint, linked to air temperature, to the maturation of the grapes.

KEY-WORDS: *Vitis viníferas*, grape wine, Huglin index.

INTRODUÇÃO

O interior do Estado de São Paulo apresenta municípios que são referência em fruticultura, estes formam o “Circuito das Frutas”, instituído por Decreto Estadual, que visa incentivar o turismo rural e apoiar os agricultores da região, no qual Louveira é

integrante. É um município de perfil agrícola, um dos maiores destaques é a produção de uva, seja in natura ou para vinificação. Neste contexto, nota-se o interesse por parte dos viticultores em investir no aumento da qualidade dos vinhedos.

Visando avaliar o potencial de Louveira-SP no mercado de vinhos finos de qualidade, é necessário adotar técnicas culturais específicas, além de características intrínsecas dos ecossistemas vitícolas (REGINA et al., 2006a). Os autores citam fatores naturais, como o acúmulo de açúcares, destacando que com o manejo adequado pode-se otimizar esses fatores, agregando valor e viabilizando a atividade vitícola no município.

Rosier (2006) salienta que as condições climáticas predominantes na maior parte do Sudeste brasileiro não são as mais indicadas para o cultivo de *Vitis viníferas*, por isso o clima na produção de uvas finas é primordial para a qualidade dos vinhos nesta região.

Existem ferramentas úteis para orientar o viticultor, como o Índice Heliotérmico (IH), que relaciona exigência térmica das variedades e o potencial de açúcares das bagas, pois a riqueza de açúcares da uva madura se relaciona à duração e intensidade da radiação solar incidida nas folhas e cachos (MOTA et al., 2006). Deste modo, objetivou-se classificar o município de Louveira segundo o IH proposto por Huglin (1978) nas safras de verão e de inverno adotadas pelos viticultores da região.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o município de Louveira-SP, localizado entre as latitudes: 23°02' e 23°07' S e longitude: 47°00' e 46°51' O. A altitude do local varia de 660 m a 845 m. Utilizou-se a base de dados climáticos de uma série histórica de 46 anos (1970 - 2016) obtida do posto meteorológico, situado no Centro APTA de Frutas do Instituto Agrônômico (23°06' S, 46°55' O e 715 m).

O IH foi calculado para 46 anos, fundamentados nos períodos de produção tipicamente adotados pelos produtores da região, correspondendo a safra de verão (SV) com poda em Agosto e colheita em Janeiro e safra de inverno (SI) entre Fevereiro a Julho.

Através do IH, relaciona-se as exigências térmicas da cultura, para seu ciclo vegetativo e pondera o potencial da área utilizada. Assim sendo, o índice opera considerando o marco zero, onde a videira interrompe o processo vegetativo ($\pm 10^{\circ}\text{C}$), acima deste é capaz de vegetar praticamente o ano todo (REGINA et al., 2006b). Com o somatório dos valores médios mensais, calculados considerando temperaturas média e máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$), para o período mensal inicial ao final do ciclo da videira e o coeficiente de duração do dia, que devido a latitude do local ser inferior a 40° , o coeficiente multiplicado assume o valor unitário ($k=1$). Este índice pode ser calculado pela fórmula proposta por Huglin (1978), transcrita abaixo:

$$\text{IH} = \sum_{\text{Mf}}^{\text{Mi}} \frac{[(T - 10) + (T_x - 10)]}{2} k \quad (1)$$

onde: Mi = mês inicial do ciclo fenológico; Mf = mês final do ciclo fenológico; T = temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$); Tx = temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$); k = coeficiente duração do dia.

Os intervalos de classe para o IH estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Intervalos de classes para o Índice Heliotérmico.

Classe	Sigla	Intervalo
Muito frio	IH ₋₃	IH ≤ 1500
Frio	IH ₋₂	1500 < IH ≤ 1800
Temperado	IH ₋₁	1800 < IH ≤ 2100
Temperado quente	IH ₊₁	2100 < IH ≤ 2400
Quente	IH ₊₂	2400 < IH ≤ 3000
Muito quente	IH ₊₃	> 3000

Fonte: (TONIETTO; CARBONNEAU, 1999)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, o IH variou entre 2.222 e 2.937 para a SV (Figura 1) e entre 2.275 e 2.754 para a SI (Figura 2). Com relação as safras analisadas nota-se na Figura 3, que para SV 98% dos anos analisados foram classificados como Quente (IH₊₂), restando apenas 2% classificados como Temperado Quente (IH₊₁), já a SI apresentou distribuição de 66% como IH₊₂ e 34% como IH₊₁.

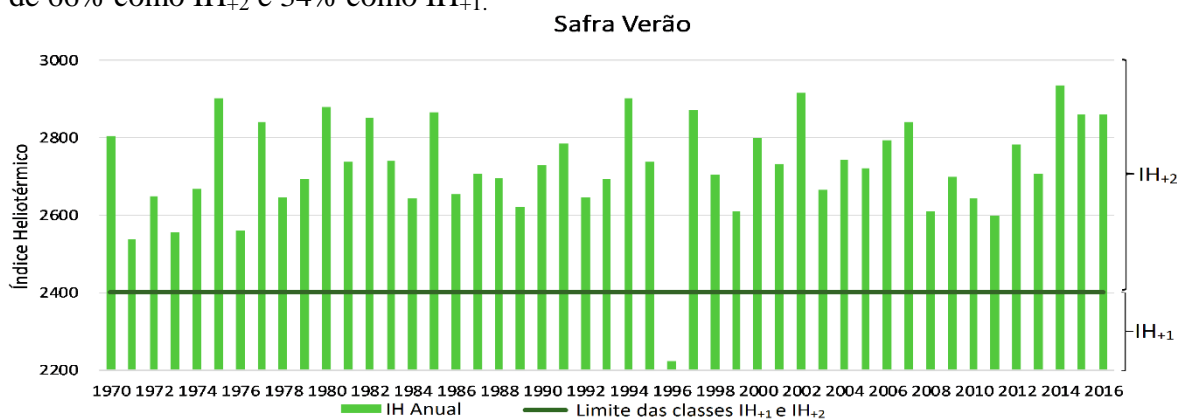


Figura 1. Índice Heliotérmico anual (1970 a 2016) para safra de verão no município de Louveira-SP.

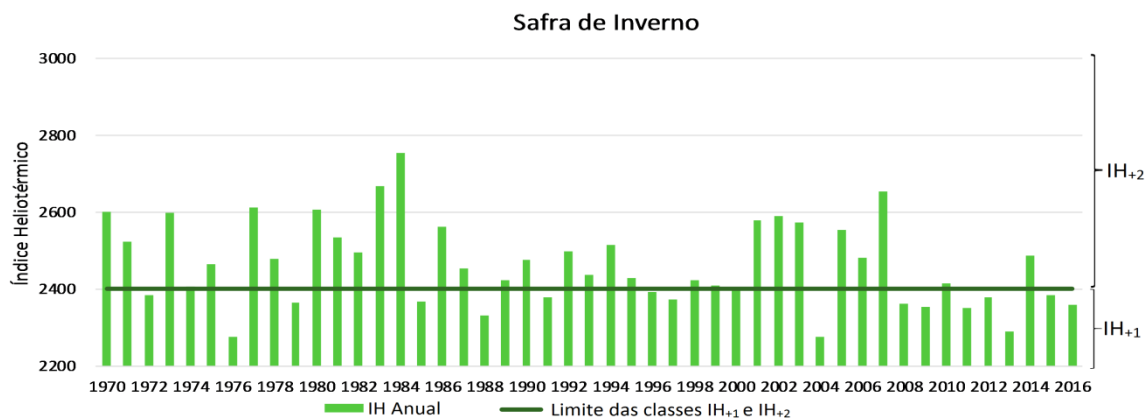


Figura 2. Índice Heliotérmico anual (1970 a 2016) para safra de inverno no município de Louveira-SP.

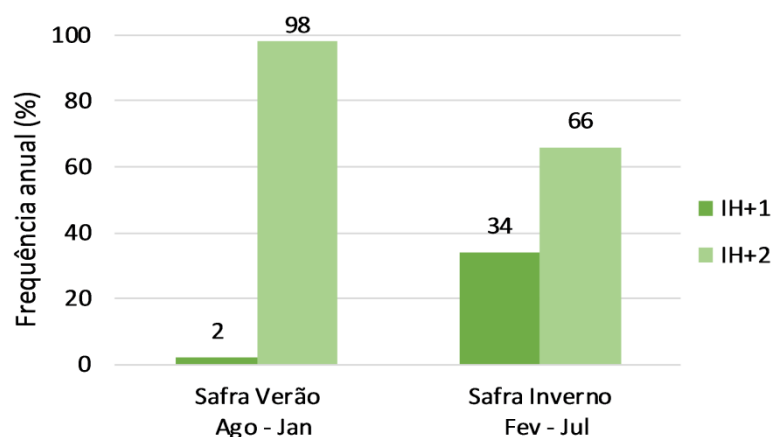


Figura 3. Frequência de ocorrência do Índice Heliotérmico para as safras de verão e de inverno no município de Louveira-SP.

Segundo Marin et al. (2008), regiões com climas IH_{+1} ou IH_{+2} não apresentam limitações quanto à maturação de qualquer variedade, o autor ainda afirma que as condições heliotérmicas necessárias para a maturação torna-se dependente do IH.

Analisando-se o desempenho de cada safra nota-se que a colheita da SV ocorre em período com elevada temperatura e umidade, tornando-se mais suscetível a problemas fitossanitário. Já durante a SI é interessante ressaltar que os viticultores têm efetuado, no começo do ano, a denominada “poda extemporânea”, com o objetivo de realizar a colheita em época coincidente com a estação seca regional (MOTA et al., 2006).

De acordo com Regina et al. (2006b) a busca por novas regiões de cultivo, possibilitam manejo diferenciado e maior competitividade na busca por vinhos com qualidade. Ressalta inclusive o princípio, o qual orienta que para a produção desses vinhos, as regiões cultivadas devem colher a uva em períodos secos, com temperatura amenas e contrastantes entre dias e noites, como ocorre nos meses de Julho e Agosto na região do estudo para a SI. O que favorece o viticultor da região com uma possibilidade mais assertiva para qualidade no processamento das castas europeias.

CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia proposta no trabalho e com base na série histórica analisada, o município enquadra-se na classificação climática do IH como: Temperado quente e Quente. Com tudo é possível concluir que Louveira não apresenta restrição climática ligada à temperatura do ar, para a maturação das uvas finas nas safras de verão e inverno adotadas pelos viticultores da região.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a CAPES, ao IAC pela cessão dos dados meteorológicos e à Pós-Graduação do IAC.

REFERÊNCIAS

HUGLIN, P. Nouveaumode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu vitícola. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR L'ÉCOLOGIE DE LA VIGNE, 1978, Contança. *Annales...* Contança: Ministère de l'Agricultura et de l'Industrie Alimentaire, 1978. p. 89-98.

MARIN, F. R. et al. Potencial de clima e solo para a viticultura, no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1 6, n. 2, p. 163-174, 2008.

MOTA, R. V. et al. Fatores que afetam a maturação e a qualidade da uva para vinificação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 56-64, 2006.

REGINA, M. de A. et al. Implantação e manejo do vinhedo para produção de vinhos de qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 16-31, 2006a.

REGINA, M. de A. et al. Novos polos vitícolas para produção de vinhos finos em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 111-118, 2006b.

ROSIER, J. P. Vinhos de altitude: característica e potencial na produção de vinhos finos brasileiros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 105-110, 2006.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. Análise mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos: a posição da viticultura brasileira comparada a 100 regiões em 30 países. In: Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves. 1999. p. 1-28.

RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E O RENDIMENTO MÉDIO DA SOJA EM SÃO LUIZ GONZAGA - RS

Otávio V. Coutinho¹, Cairo S. Klug², Lucas F.C. da Conceição³, Josiéle S. dos Santos⁴,
Luciana B. Pinto⁵

¹²³⁴Mestrandos em meteorologia no Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, otavio.voloski@hotmail.com¹, cairo.klug@hotmail.com², luucascarvalho93@gmail.com³, josi03ju@hotmail.com⁴; ⁵ Professora Adjunta, Universidade Federal de Pelotas - Faculdade de Meteorologia, Pelotas, Rio Grande do Sul, luciana.pinto@ufpel.edu.br⁵

RESUMO: Neste estudo foi analisado o perfil médio de rendimento da cultura da soja para os municípios do Rio Grande do Sul, a fim de se identificar a relação entre a produtividade do grão e a precipitação ocorrida. Foi escolhido o município de São Luiz Gonzaga para a realização de uma análise mais detalhada sobre a disponibilidade hídrica durante períodos de quebra de safra. Constatou-se quatro safras com quebra de produtividade. Sendo que para o município de São Luiz Gonzaga, o ano com maior quebra foi o de 2012, que apresentou os maiores desvios de precipitação e déficit hídrico no solo ao longo da época de cultivo.

PALAVRAS-CHAVE: Rio Grande do Sul; Produtividade; Safra.

RELATIONSHIP BETWEEN PRECIPITATION AND AVERAGE SOYBEAN INCOME IN SÃO LUIZ GONZAGA – RS

ABSTRACT: In this study was analyzed the average yield profile of the soybean crop for the municipalities of Rio Grande do Sul, to identify the relationship between grain yield and precipitation. The municipality of São Luiz Gonzaga was chosen to do a more detailed analysis of water availability during periods of crop failure. There were four harvests with a break in productivity. As for the municipality of São Luiz Gonzaga, the year with the greatest break was that of 2012, which presented the greatest deviations of rainfall and water deficit in the soil during the growing season.

KEY-WORDS: Rio Grande do Sul; Productivity; Crop

INTRODUÇÃO

A cultura da soja, foi introduzida no Brasil no final do século XIX, e vem expandindo nas ultimas 3 décadas com um aumento considerável da área de cultivo, principalmente em decorrência do desenvolvimento de novas cultivares, aumentando a produtividade, sendo o Rio Grande do Sul o terceiro maior produtor nacional da cultura (EMBRAPA, 2006; CONAB, 2016).

Segundo Berlato e Fontana (1999) a distribuição da precipitação durante o ciclo fenológico da cultura de soja é de vital importância para o seu desenvolvimento, pois a falta de água pode influenciar diretamente e negativamente na produção de grãos.

Neste sentido o trabalho tem como objetivo avaliar os anos de queda de rendimento médio de soja e analisar a relação da precipitação com a queda de rendimento, para o município de São Luiz Gonzaga - RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho foram utilizados dados de rendimento médio de soja, obtidos através Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Sistema IBGE de Recuperação Automática (IBGE/SIDRA, 2017), para os municípios do Rio Grande do Sul, de 1990 a 2015. E, para a análise da precipitação, foram utilizados dados de precipitação mensal acumulada (mm) juntamente com as normais climatológicas das estações meteorológicas localizadas em diversos municípios do RS, pertencentes ao INMET, obtidos junto ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).

Primeiramente, analisou-se a evolução temporal do rendimento médio de soja para todo o RS, a fim de se identificar variações na produtividade. Uma vez definidos os períodos com menor rendimento, considerados como períodos de quebra de safra, foi feita a espacialização dos dados de produtividade por município, para caracterizar as regiões do RS que tiveram maiores perdas. Para isso, calculou-se o desvio entre a produtividade da safra com quebra em relação ao ano anterior a ela com rendimento dentro do esperado. A partir da definição da região com maiores desvios, buscou-se definir um município em específico dentro desta, que tivesse também disponíveis os dados de precipitação, para se fazer a relação entre as variáveis em estudo.

Com base na definição do município, avaliou-se a precipitação dentro do período considerado indicado para o cultivo da cultura da soja na região que compreende o período de outubro/novembro para a semeadura, dezembro/janeiro/fevereiro para o desenvolvimento e, a colheita inicia a partir de março estendendo-se até o mês de maio (FONTANA et al., 2001). Também se calculou o balanço hídrico (BH) sequencial, com base no método de Thornthwaite-Matter (1955), considerando o solo de profundidade média, com CAD (Capacidade de Água Disponível) de 75 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de 26 anos de rendimento médio da produção de soja no RS (1990-2015), foram definidos quatro anos com queda de safra significativa no rendimento, sendo as safras de 1990/1991, 2003/2004, 2004/2005 e 2011/2012, conforme a Figura 1.

Pela análise da Figura 2, que apresenta o desvio de rendimento médio de soja por município, é possível verificar que a região norte do estado RS foi a que mais foi afetada com a quebra de safra no estado do (RS), com valores médios de desvios negativos em torno de 2000 a 3000kg/ha.

Dentro da região norte, foi selecionado o município de São Luiz Gonzaga (SLG), por ser um com os maiores desvios negativos em todas as safras, sendo de -900, -1923, -2070 e -2400 kg.ha⁻¹, nas safras de 1990/1991, 2003/2004, 2004/2005 e 2011/2012, respectivamente.

Analisando-se a o desvio de precipitação acumulada para os meses do cultivo da soja em SLG, de setembro a maio, observa-se que para as safras de 2003/2004, 2004/2005 e 2011/2012, o desvio permaneceu negativo, na maior parte dos meses, em relação à NC (Figura 3), o que pode indicar deficiência hídrica para a região. A safra de 1990/1991 foi desconsiderada por falta dos dados de precipitação para o ano de 1990.

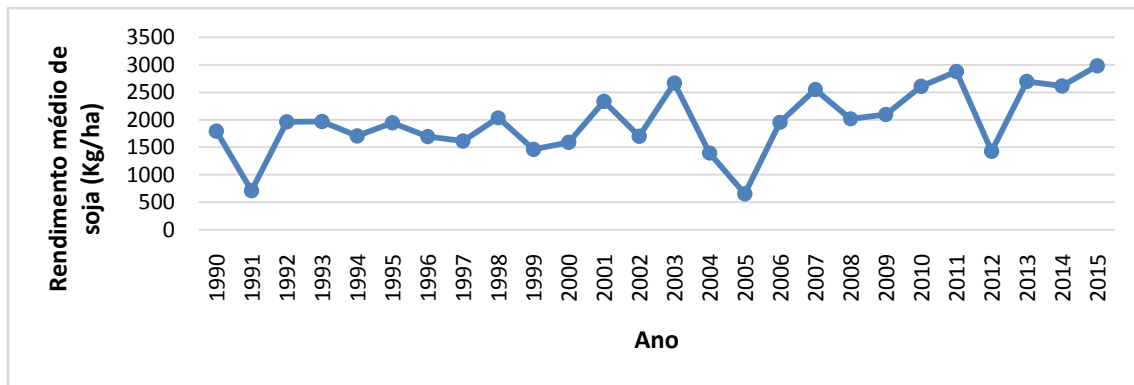


Figura 1. Rendimento médio da produção de soja ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) no estado do RS.

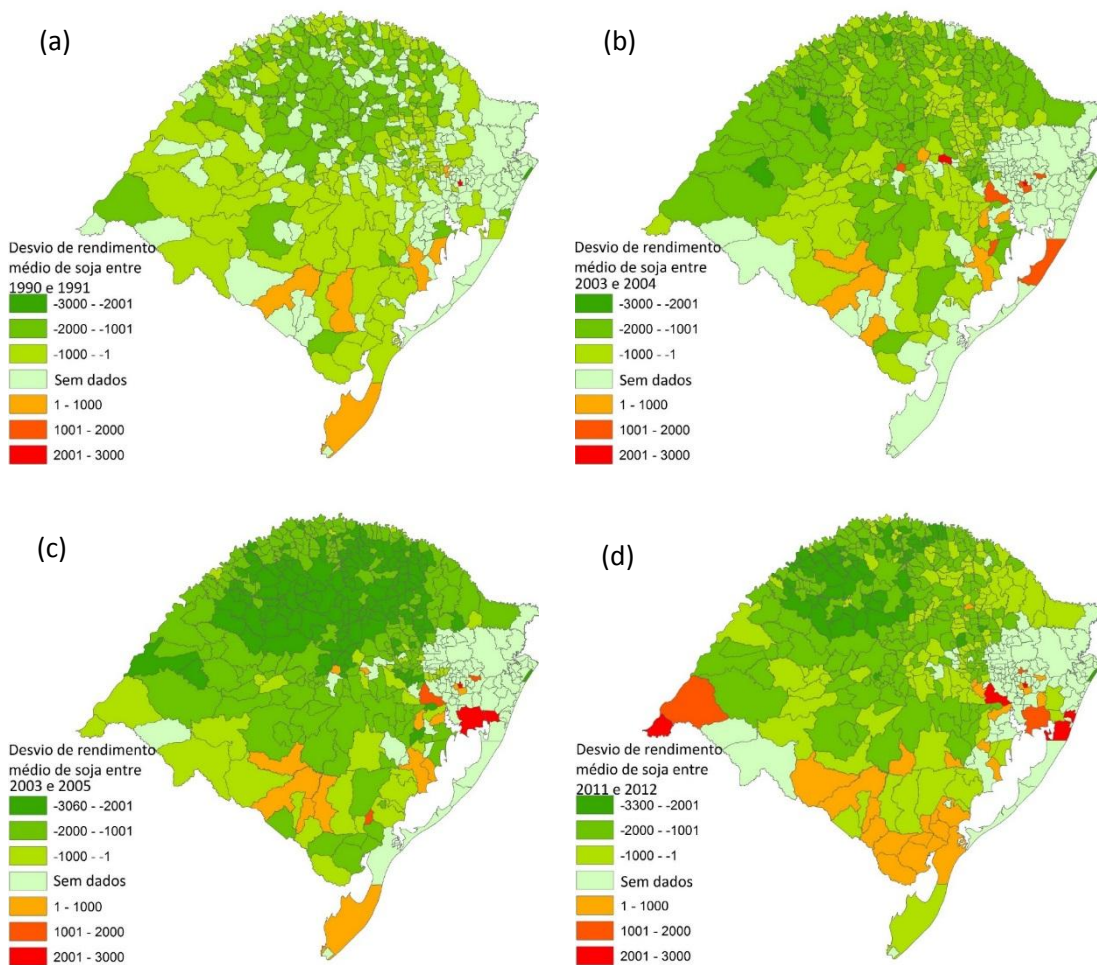


Figura 2: Desvio de rendimento médio de soja ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) entre as safras dos anos: (a) 1990/1991, (b) 2003/2004, (c) 2003/2005 e (d) 2011/2012.

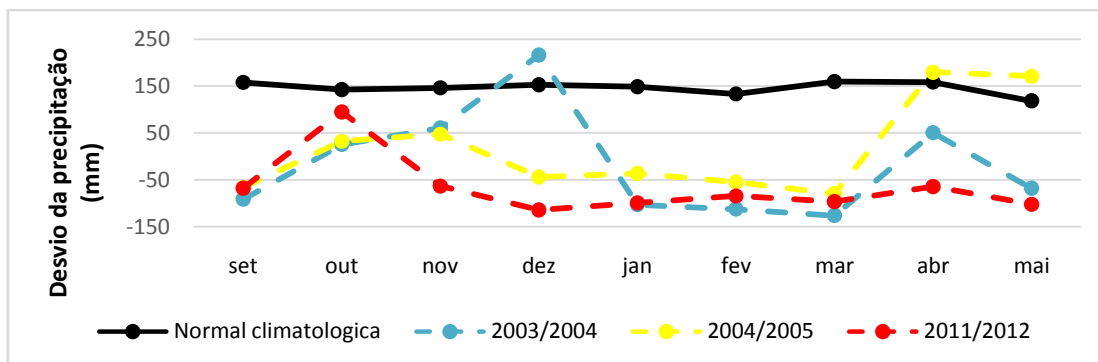


Figura 3: Desvio da precipitação mensal acumulada (mm) em relação à Normal Climatológica para o município de São Luiz Gonzaga.

No período mais crítico da soja que corresponde aos meses de janeiro a fevereiro é possível verificar os maiores desvios de precipitação nas safras de 2003/2004, 2004/2005, e 2011/2012 (Figura 3). Sendo a safra de 2011/2012 com o desvio de precipitação mais negativo, praticamente desde sua semeadura até a colheita do grão, foi calculado o balanço hídrico sequencial para esse período para demonstrar esse déficit hídrico no município (Figura 4). Pode-se observar que durante praticamente todo o período da cultura (Figura 4), houve déficit hídrico de água no solo, criando um estresse hídrico para a planta, o que pode ter gerado a quebra de produção.

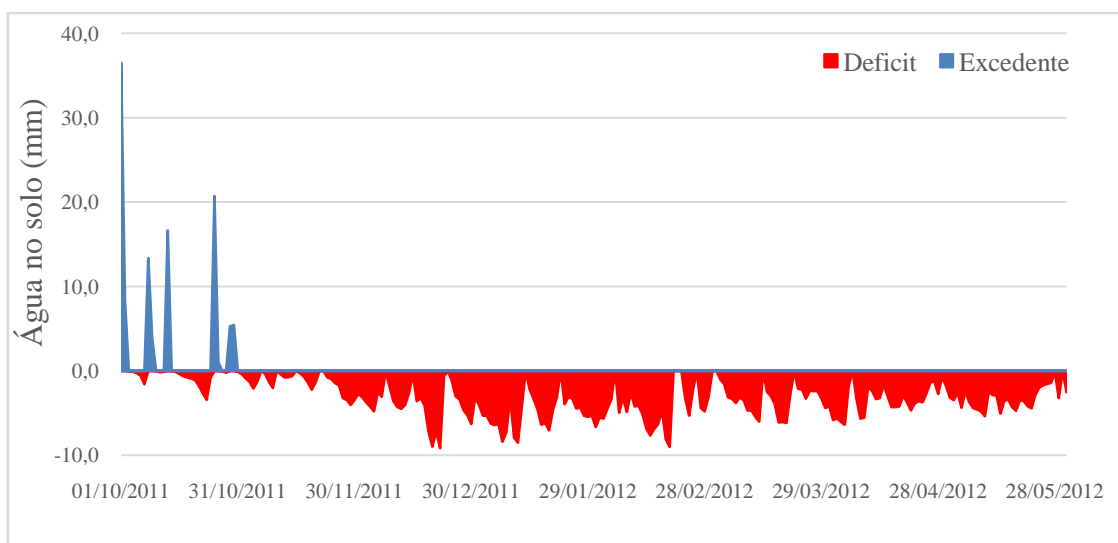


Figura 4: Balanço Hídrico Sequencial para o município de São Luiz Gonzaga, para o período de 01 de outubro de 2011 a 31 de maio de 2012.

CONCLUSÕES

Este estudo mostra que durante o período de 1990 a 2015 houve quatro safras que apresentaram quebras de rendimento na cultura da soja no RS, sendo o Norte, a região mais afetada. O déficit hídrico de água no solo, em função da baixa precipitação para o período de setembro a maio, pode ter sido o principal responsável pela queda do rendimento no município de São Luiz Gonzaga.

REFERÊNCIAS

BERLATO, M.A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação e variabilidade dos rendimentos de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 1, p. 119-125, 1999.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Custos de produção. Brasília: Conab, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_09_00_46_boletim_graos_janeiro_2016.pdf>. Acesso em: 11 maio. 2017

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja - Paraná 2007. Sistemas de Produção, n. 10. Londrina: Embrapa Soja. 2006. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/469684/1/tpsoja2007pr.pdf>. Acesso em: 11 Maio. 2017.

FONTANA, D. C., BERLATO, M. A., LAUSCHNER, M. H., & MELLO, R. D. Modelo de estimativa de rendimento de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, n. 3, p. 399-403, 2001.

IBGE/SIDRA – Sistema de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <<http://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 maio. 2017

INMET/BDMEP - Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa - BDMEP. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 11 maio. 2017

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol.VIII, n.1

INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS E SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO DO DIÂMETRO DO COLO DO RABANETE

Bruno Santos de Moura¹, Gabriel Siqueira Tavares Fernandes², Edivania de Araújo Lima³, Adriana Ursulino Alves⁴, Poline Sena Almeida⁵

¹Graduando em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Bom Jesus, PI, bsbruno955@gmail.com; ² Bolsista de Iniciação Científica, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Bom Jesus, PI, agrogabrielt@gmail.com; ³ Professora Adjunto II, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Bom Jesus, PI, edivania@ufpi.edu.br; ⁴ Professora Adjunto III, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Bom Jesus, PI, adrianaursulino@ufpi.edu.br, ⁵ Graduanda em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE, Bom Jesus, PI, poline.almeida2hotmail.com

RESUMO: O diâmetro do colo é um bom indicativo de qualidade da muda para a sobrevivência e crescimento após o plantio no local definitivo. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas, em Bom Jesus – PI, com objetivo de realizar um acompanhamento da evolução temporal dos elementos climáticos, em ambiente protegido e correlacionar estes elementos ao desenvolvimento do diâmetro do colo do rabanete em diferentes doses de substratos. Os resultados foram submetidos à análise de variância através do teste F, ao nível de significância de 5%. Houve diferença significativa no diâmetro do colo nos diferentes substratos utilizados. No entanto, o tratamento composto por 75% de substrato comercial + 25% de solo (T4), juntamente com a influência dos elementos climáticos foi o que possibilitou a ocorrência do maior diâmetro do colo.

PALAVRAS-CHAVE: *Raphanus sativus* L., elementos climáticos, diâmetro do colo.

ABSTRACT: The diameter of the lap is a good indication of seedling quality for survival and growth after definitive planting. The experiment was conducted at the Federal University of Piauí (UFPI), Campus Professor Cinobelina Elvas, in Bom Jesus - PI, with the objective of monitoring the temporal evolution of the climatic elements in a protected environment and correlating these elements with the development of the diameter of the colon of the radish at different doses of substrates. The results were submitted to analysis of variance through the F test, at a significance level of 5%. There was a significant difference in the diameter of the cervix on the different substrates used. However, the treatment consisting of 75% commercial substrate + 25% soil (T4), together with the influence of climatic elements allowed the greater diameter of the lap to occurrence.

KEY-WORDS: *Raphanus sativus* L., climatic elements, lap diameter.

INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma raiz tuberosa da família Brassicácea, originária da região Mediterrânea, apreciada pela polpa crocante e sabor picante (EMBRAPA, 2017). Uma das vantagens de se cultivar esta espécie consiste na possibilidade de obter renda durante o tempo transcorrido entre duas outras culturas de ciclo mais longo, pois além de ser relativamente rústica, apresenta ciclo curto de cerca de 30 dias, proporcionando rápido retorno financeiro (CARDOSO; HIRAKI, 2001).

O desenvolvimento e a produtividade do rabanete dependem, em grande parte, do clima que irá afetar a cultura já a partir da germinação. Pesquisas comprovam que a temperatura mínima para germinação é de 4,5 °C, e a faixa ideal varia de 7,2 a 32,2 °C,

sendo 29,4 °C a temperatura ótima e a máxima tolerável 35 °C (MINAMI & TESSARIOLI NETTO, 1997).

O diâmetro do colo é um bom indicativo de qualidade da muda para a sobrevivência e crescimento após o plantio no local definitivo (CAMPOS; UCHIDA, 2002). Plantas com maior diâmetro apresentam melhores condições de sobrevivência por apresentarem maior capacidade de formação e crescimento de raízes novas (REIS *et al.* 1991).

Neste contexto, objetivou-se com a execução deste trabalho, realizar um acompanhamento da evolução temporal dos elementos climáticos, em ambiente protegido, em Bom Jesus, PI, os mesmos com o desenvolvimento do diâmetro do colo do rabanete cultivados em diferentes doses de dois substratos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Piauí (UFPI/CPCE), em Bom Jesus -PI, em ambiente protegido (telado) utilizando sombrite com malha de 50% de sombreamento. O município possui clima quente e úmido, classificado por Köppen como Awa. Localizado nas coordenadas geográficas 09°04'28''S, 44°21'31''W, e altitude média de 277 m, com precipitação média entre 900 a 1200 mm ano⁻¹ e temperatura média de 26,2 °C (INMET, 2016).

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5, sendo os tratamentos dois tipos de substrato (comercial Basaplant[®] e húmus de minhoca) distribuídos em cinco proporções (0%, 25%, 50%, 75% e 100%), sendo esses, associados a um Latossolo Amarelo Distrófico (conforme a referida proporção), com doze repetições. A cultivar utilizada foi a 'Coral'.

As sementes de rabanete foram semeadas no dia 02/03/2017, em bandejas de poliestireno expandido (128 células), preenchidas com os respectivos substratos. Cada célula associada a uma planta, constituiu a unidade experimental, totalizando 120 plantas. Utilizou-se quatro sementes por célula. As mudas foram regadas três vezes ao dia.

Os dados meteorológicos foram provenientes de uma estação meteorológica automática (modelo Aw001) que foi instalada no interior do ambiente protegido, os elementos climáticos monitorados foram: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), pressão atmosférica (hPa), velocidade dos ventos (m/s) e precipitação (mm). Sendo coletadas a cada três horas, durante o período de 02/03/2017 a 16/03/2017.

A avaliação das variáveis fitotécnicas foi realizada aos 14 dias após a semeadura (DAS), sendo utilizado um paquímetro digital Digimess[®] graduado em milímetros para a quantificação do diâmetro do colo.

Os dados obtidos foram analisados por meio da análise de variância utilizando o teste F a 5% de probabilidade. Para as variáveis significativas, será realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade utilizando o sistema computacional R (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média registrada ao longo do experimento foi de 29,7°C, enquanto que umidade relativa ficou em torno de 56%. Segundo Minami & Tessarioli Netto (1997), a temperatura mínima para a germinação é de 4,5°C, sendo a faixa ideal de 7,2 a 32,2°C, e a temperatura ótima de 29,4°C. Logo, observou-se que a temperatura média registrada (29,7°C), manteve-se dentro da faixa ideal para o melhor desenvolvimento do rabanete (Tabela 1).

O grau de umidade do ar influencia na perda de água das plantas por meio da transpiração e o teor de umidade do solo influencia a absorção de água e nutrientes pelas plantas. O alto teor de umidade do ar afeta o estado fitossanitário das hortaliças, pois favorece o ataque de fungos e bactérias patogênicos. A baixa umidade do ar, por outro lado, oferece condições adequadas para a proliferação de ácaros. (BEVILACQUA, 2008).

Tabela 1. Médias dos elementos climáticos no mês de março 2017, em Bom Jesus – PI.

T (°C)	U.R (%)	P (hPa)	VV (m/s)	PT (mm)
29,7	56	975,95	0 – 0,3	7,5

T- Temperatura do ar; U. R- Umidade relativa do ar; P- Pressão atmosférica; VV- velocidades dos ventos; PT-Precipitação total.

Dentre os substratos analisados o T4 (75% de substrato comercial + 25% de solo) foi o que favoreceu a ocorrência do maior diâmetro de colo (1,79 cm), seguindo pelos T10(100% húmus de minhoca) e T5 (100% de substrato comercial), com 1,58 e 1,72 cm, respectivamente. No entanto o T2 (25% de substrato comercial + 75% de solo), foi o que apresentou menor desenvolvimento (Figura 1).

Houve diferença significativa (Tabela 2) entre os tratamentos avaliados ($p < 0,05$). Santos, et al. (2010), enfatizou que o maior diâmetro de colo pode ser demonstrativo de plantas mais desenvolvidas.

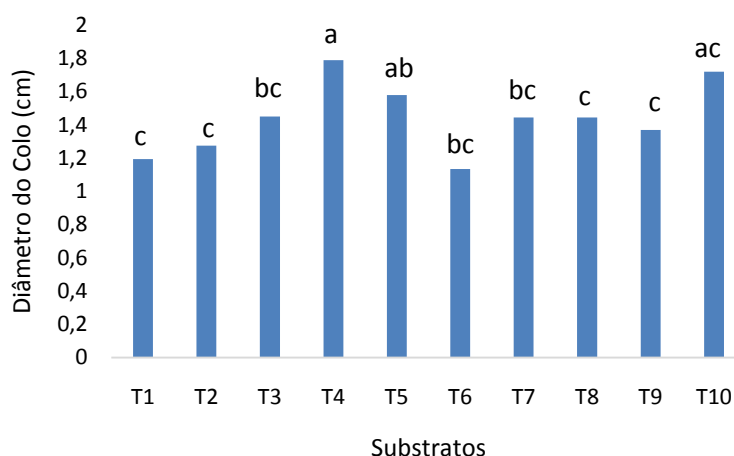


Figura 1. Diâmetro do colo do rabanete relacionadas aos elementos climáticos em Bom Jesus-PI.

Tabela 2. Resultado da análise de variância através do teste F, ao nível de significância de 1% do diâmetro do colo para diferentes doses de substratos.

Fontes de variação	GL	QM
Tratamentos	9	0,082**
Resíduo	110	0,014
CV (%)		59,48

CONCLUSÕES

Houve diferença significativa no diâmetro do colo nos diferentes tipos de substratos avaliados. No entanto o tratamento T4 foi o que possibilitou, juntamente com as condições climáticas da região, as melhores possibilidades para o maior desenvolvimento do diâmetro do colo do rabanete.

REFERÊNCIAS

BEVILACQUA, H.. Classificação das hortaliças. **Prefeitura do Município de São Paulo. Disponível em: http://www.Prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/02manualhorta_1253891788.pdf** Acesso em, v. 20, 2008.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.

CARDOSO, A.I.I.; HIRAKI, H. Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrato de cálcio em cobertura na cultura do rabanete. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n.3, p. 328-331, nov. 2001.

EMBRAPA HORTALIÇAS, **RABANETE**. Disponível em: < <http://www.cnph.embrapa.br/hortalicasnaweb/rabanete.html> > Acesso: 13 de maio de 2017.

INMET. **Normal climatológica**. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> >. Acesso em: Maio de 2017.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETTO, J. **Rabanete**: cultura rápida, para temperaturas amenas e solos areno-argilosos. Piracicaba: Esalq, 1997.

R Core Team (2014). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014. URL <http://www.R-project.org/>. Acesso em : Maio de 2017.

REIS, M.G.F. et al.. 1991. Crescimento e forma do fuste de mudas de jacarandá-dabahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.), sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. **Revista Árvore**, v.15, n.1, p. 23-24, 1991.

SANTOS, L. L.; SEABRA JÚNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 83-93, 2010.

RELAÇÃO ENTRE: ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR, COBERTURA VEGETAL E BIOMASSA DA Videira

Geovane Damaceno da Silva¹, Magna Soelma Beserra de Moura², Herica Fernanda de Sousa Carvalho³, Thieres George Freire da Silva⁴, Leide Dayane da Silva Oliveira⁵.

¹ Estudante de Biologia/Estagiário, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, geovanesilva.biologo@gmail.com; ² Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, magna.moura@embrapa.br; ³ Bolsista DTI, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, hericafernanda_17@hotmail.com; ⁴ Professor - UFRPE/UAST, Serra Talhada, PE, thigeoprofissional@hotmail.com; ⁵ Bióloga-UPE, bolsista FACEPE, leidedayane.bio@gmail.com

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi verificar a relação do índice de área foliar (IAF) e índice de cobertura vegetal (ICV), obtidos pelos métodos direto e indireto respectivamente, com a biomassa seca da videira, em dois sistemas de condução, na região do Submédio do Vale do São Francisco. Para tanto, foram realizadas medidas de radiação fotossinteticamente ativa acima e abaixo do dossel da videira nos sistemas de condução em lira e espaldeira, por meio de um equipamento portátil ceptômetro-accupar. Simultaneamente, foi realizada a desfolha das plantas para a determinação da área foliar pelo método direto destrutivo. Os dados do campo e os dados obtidos em laboratório foram submetidos à análise de regressão. Para aquisição da biomassa seca, o material foi levado à estufa de circulação até obter peso constante. Diante dos resultados observados pôde se verificar que em ambos os sistemas de condução o método direto é indicado para estimativas de biomassa na videira. O sistema de condução em lira foi o que apresentou melhores resultados em comparação ao sistema de condução em espaldeira, tanto para o IAF quanto para o ICV.

PALAVRAS-CHAVE: biomassa, área foliar, cobertura vegetal.

RELATIONSHIP BETWEEN: FOLIAR AREA INDEX, VEGETABLE COVERAGE AND VINE BIOMASS

ABSTRACT: The objective of this work was to verify the relationship between leaf area index (LAI) and vegetation cover index (ICV), obtained by direct and indirect methods, respectively, with the dry biomass of the vine in two systems of conduction in the Submédio region Of the São Francisco Valley. For this, photosynthetically active radiation measurements were performed above and below the vine canopy in the lira and espalier conduction systems, using a portable ceptometer-accupar device. At the same time, the defoliation of the plants was carried out to determine the leaf area by the destructive direct method. Field data and laboratory data were submitted to regression analysis. To obtain dry biomass, the material was taken to the circulation oven until constant weight was obtained. Considering the observed results, it was verified that in both systems the direct method is indicated for estimates of biomass in the vine. The lira driving system was the one that presented better results in comparison to the system of conduction in espalier, for both the IAF and the ICV.

KEY-WORDS: biomass, leaf area, vegetal cover.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, em pleno semiárido brasileiro, Submédio do Vale do São Francisco, a produção de uvas para fabricação de sucos, vinhos e consumo *in natura* se fortalece cada vez mais, contribuindo para aumentar indicadores sociais e econômicos na região. Na videira, são adotados diferentes sistemas de condução, latada, lira e espaldeira. Dentre estes, a forma como o dossel vegetativo se distribui pode favorecer

em maior ou menor magnitude a interceptação da energia solar, a qual influencia sobre a resposta fisiológica e o desenvolvimento da cultura (HOWELL, 2001; PONI, 2005).

Por esse motivo é importante se conhecer a relação entre a área foliar e a biomassa das plantas nos diferentes sistemas de condução adotados, que por sua vez, está associada diretamente com a produtividade. Deste modo, existem diversos métodos para acompanhar o crescimento ao longo do cultivo que por sua vez pode ser obtidos por meio de métodos diretos ou destrutivos e métodos indiretos (FIGUEIREDO et al., 2010). Trabalhos realizados por Prasad et al. (1994) confirma que existe uma relação tênue entre a área foliar e a matéria seca.

Diante do contexto, este trabalho teve como objetivo verificar a relação do índice de área foliar (IAF) e índice de cobertura vegetal (ICV), obtidos pelos métodos direto e indireto respectivamente, com a biomassa seca da videira, em dois sistemas de condução, na região do Submédio do Vale do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido, no município de Petrolina, PE, (9°09' S, 40°22' W, altitude 365,5 m), em dois parreirais nos sistemas de condução em espaldeira (seis ramos por planta, dois brotos por ramo) com espaçamento de 3,0 x 1,0m e lira (doze ramos por planta, dois brotos por ramo) com 4,2 x 1,0 m de espaçamento, como demonstrado na Figura 1, durante o período do segundo semestre de 2016.



Figura 1. Demonstração dos sistemas de condução da videira em lira e espaldeira, implantados no Campo Experimental Bebedouro, Embrapa - Semiárido.

No campo, foram selecionadas três plantas de cada sistema de condução sobre o porta-enxerto IAC 766 para determinação do índice de área foliar (IAF). No primeiro momento, a determinação do índice de área foliar (IAF) em campo foi feita por meio do método indireto (interceptação luminosa) com o equipamento portátil ceptômetro (Accupar LP-80, Decagon Devices, Pullman, WA, USA).

Logo após, foi realizada a coleta das folhas dessas plantas para determinação do IAF pelo método direto, utilizando o integrador de área foliar (LI-3100 LI-COR Inc., Lincoln, NE). Para isso, o dossel das plantas de cada sistema foi delimitado por uma grade de 1,0 m x 1,0 m. Posteriormente, essa área foi subdividida em quatro parcelas de 0,25 m x 1,0 m para representar 100%, 75%, 50%, 25%, e ZERO do desenvolvimento da folhagem da planta.

Assim ocorreu a retirada das folhas de cada parte, até a completa desfolha da planta, como está representado na Figura 2.

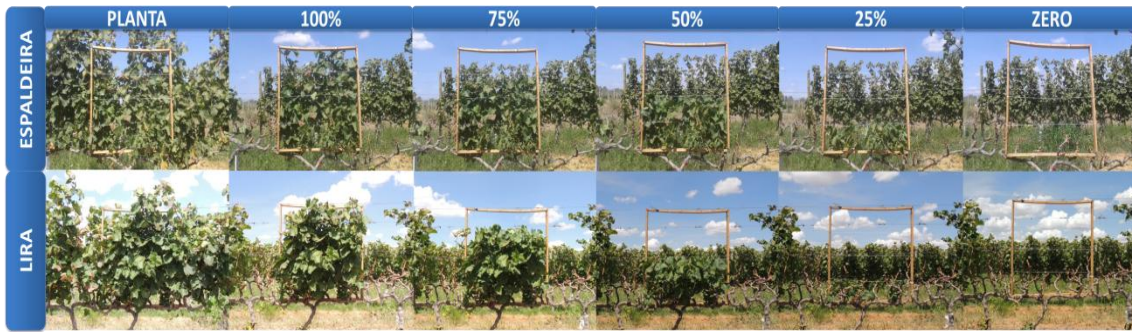


Figura 2. Representação do dossel das plantas delimitado pela grade para determinações do índice de área foliar nos dois sistemas de condução.

Posteriormente, as folhas e os ramos foram armazenados em sacos de papel e levados para secagem em estufa de circulação de ar a 65°C até obter o peso constante, para assim se obter a biomassa seca em g/planta.

Todos os dados de biomassa, IAF, e ICV foram submetidos à análise de regressão cuja significância de seus parâmetros foi avaliada pelo teste F e “t” de Student ao nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A correlação entre a biomassa e o IAF obtido pelo método direto apresentaram relação direta (Figura 3). Pode-se perceber que, a relação entre biomassa e área foliar obtido pelo método direto apresentaram maiores coeficientes de determinação (R^2) 0,99 e 0,97, lira e espaldeira respectivamente. Em trabalho realizado por Figueiredo et al. (2010) correlacionando biomassa seca e a área foliar pelo método direto, encontraram valor de $R^2 = 0,95$ demonstrando a eficiência dos métodos diretos.

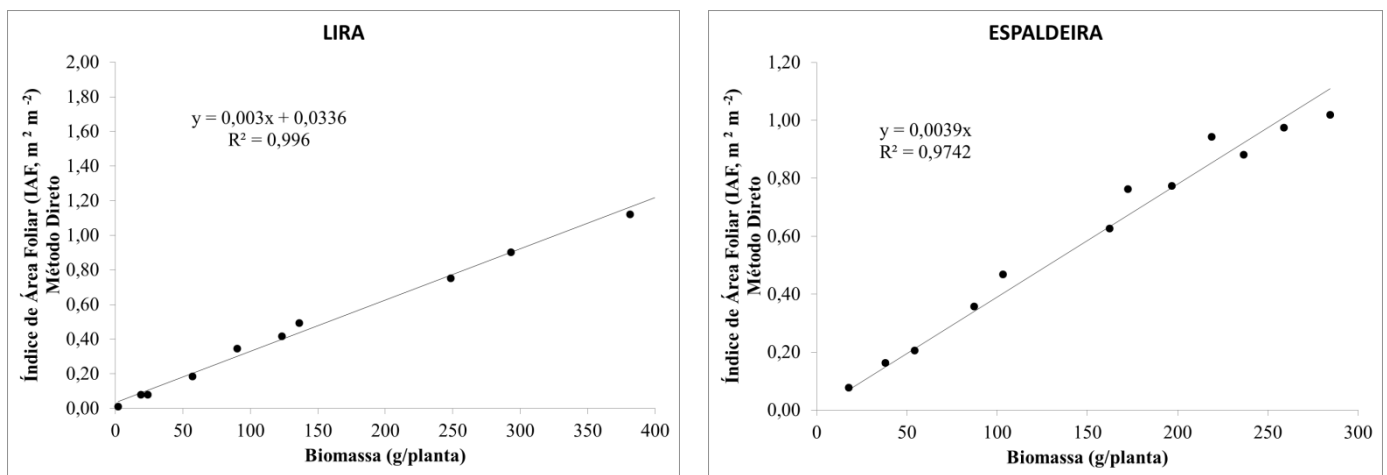


Figura 3. Correlação entre o índice de área foliar (IAF) mensurado pelo método direto e a biomassa da videira.

Por outro lado, a correlação foi baixa entre os valores de biomassa seca (folhas e ramos) e índice de cobertura vegetal-ICV (Figura 4), obtido pelo accupar (método

indireto). Apenas o sistema de condução em lira apresentou R^2 elevado de 0,86. Na espaldeira a correlação foi considerada baixa com um coeficiente de 0,20. Essa baixa correlação do ICV medido em campo pode estar associado ao fato do aparelho ser totalmente influenciado pelas condições de incidência de luz. Certamente, dias com alta nebulosidade causam impacto nos valores registrados pelo sensor.

Segundo Zanchi et al. (2009), o índice de cobertura vegetal é susceptível a diversas variações, devido ao fato do aparelho ceptômetro ter suas medições influenciadas por fatores adversos como condições de nebulosidade. Em trabalho realizado por Pedro Júnior et al. (2007) na videira sobre o porta enxerto IAC 766 campinas, observaram que a maior quantidade de ramos do sistema de condução em lira induziu em um aumento de 46% do índice de área foliar em relação ao sistema conduzido em espaldeira.

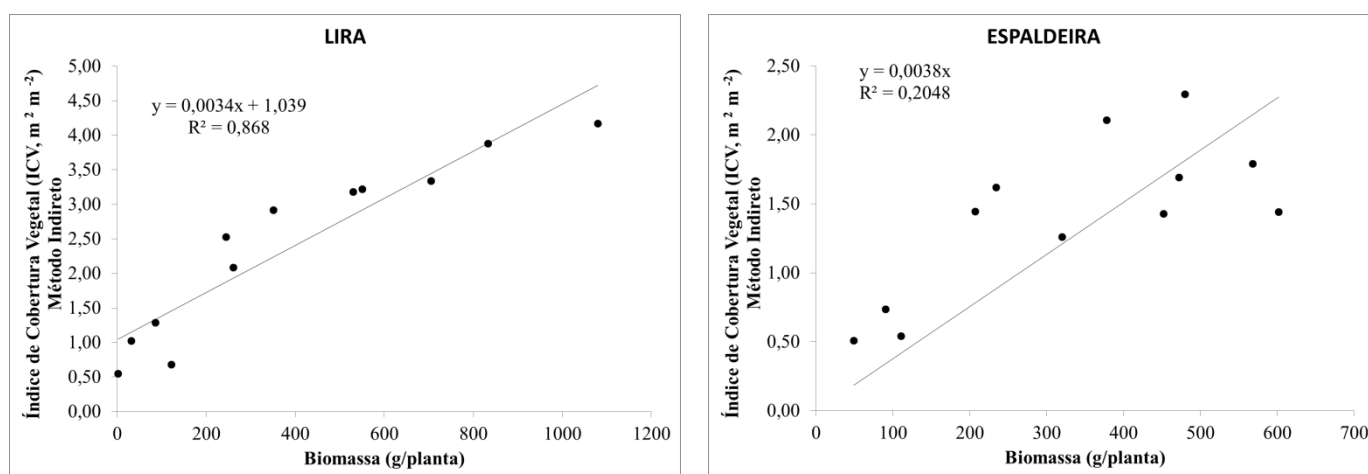


Figura 4. Correlação entre o índice de cobertura vegetal (ICV) obtido pelo método indireto correlacionados com a biomassa da videira nos dois sistemas de condução.

CONCLUSÕES

Em ambos os sistemas de condução o método direto é indicado para estimativas de biomassa na videira. O sistema de condução em lira foi o que apresentou melhores resultados em comparação ao sistema de condução em espaldeira, tanto para o IAF quanto para o ICV.

REFERÊNCIAS

FIGUEIREDO, R. T. et al. Relação entre a área foliar, número de folhas e biomassa seca e fresca da planta de rúcula. **Horticultura Brasileira** p. 913-918, 2010.

HOWELL G. S. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, p.165-174, 2001.

PEDRO JÚNIOR, M. J. et al. Influência do sistema de condução no microclima, na produtividade e na qualidade de cachos da videira 'Niágara Rosada', em Jundiaí-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p.313-317, 2007.

PONI S. Produrre quantita' rispettando La qualita: il ruolo della gestione della chioma. Parte 2. **InfoWine**, p.1-7, 2005.

PRASAD T. K et al. Evidente for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. **Plant Cell** p.65-74, 1994.

ZANCHI, F.B. et al. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil. **Acta Amazonica**, p.335-348, 2009.

CARACTERIZAÇÃO DOS PADRÕES DE PRECIPITAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Izabelly C. M. Tinôco¹, Paulo S. Lucio^{1,2}, Bergson G. Bezerra^{1,2}

¹Programa de Pós-graduação em Ciências Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, izabellyt@gmail.com; ²Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Natal-RN, pslucio@ccet.ufrn.br, bergson.bezerra@gmail.com

RESUMO: A precipitação é um fator limitante na produção agropecuária do Semiárido Brasileiro (SAB). Assim, o conhecimento detalhado dos seus padrões de distribuição espacial é de fundamental importância. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é identificar a distribuição da precipitação pluviométrica para a região do SAB. Os dados foram coletados do *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC), com uma cobertura espacial de 0,5° x 0,5. Para traçar a distribuição da precipitação pluvial utilizou-se a técnica estatística de Análise Agrupamento (Cluster). Foram identificadas quatro regiões do SAB com regime de precipitação homogênea, denominadas de SAB I, SAB II, SAB III e SAB IV. O SAB IV contempla a região leste e uma parte do norte de Minas Gerais e é o mais chuvoso, enquanto que o SAB III é o mais seco e abrange o norte da Bahia, leste do Piauí, a parte oeste de Pernambuco e Alagoas, e a parte central da Paraíba e Rio Grande do Norte, o que corresponde a 33% do SAB.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação Pluvial, Análise de Cluster, Seca.

CHARACTERIZATION OF RAINFALL PATTERN OF BRAZILIAN SEMI-ARID

ABSTRACT: Rainfall is a limiting factor in the agricultural production of the Brazilian semi-arid region (SAB). Thus, detailed knowledge of their spatial distribution patterns is of fundamental importance. In this context, the objective of this study is to identify a rainfall distribution for SAB. Data were collected from the *Global Precipitation Climatology Center* (GPCC), with a spatial coverage of 0.5° x 0.5°. The rainfall homogeneous regions was identified by using Cluster Analysis technique. Four regions homogeneous rainfall regime were identified, namely SAB I, SAB II, SAB III, and SAB IV. SAB IV covers an eastern region and a northern part of Minas Gerais and is the driest, while SAB III is the driest and covers northern Bahia, eastern Piauí, a western part of Pernambuco and Alagoas, and the Central part of Paraíba and Rio Grande do Norte, which corresponds to 33% of the SAB.

KEY-WORDS: Rainfall, Cluster Analysis, Droughts.

INTRODUÇÃO

O Semiárido Brasileiro (SAB) ocupa cerca de 10% do território do Brasil. A precipitação do SAB é caracterizada pela elevada variabilidade espacial e temporal, predominantemente concentrada em quatro meses do ano. Sua estação chuvosa é

marcada pela ocorrência de secas prolongadas e quase periódicas e com não raros eventos extremos de precipitação (HASTENRATH, 2012). Dentre os principais sistemas meteorológicos que atuam e são responsável pela precipitação da região merecem destaque a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), e os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) (REBOITA *et al.*, 2012; MARENGO, 2009).

Uma das principais atividades econômicas do SAB é a agricultura de sequeiro agregada à pecuária. Nesse contexto, a precipitação é um fator limitante da produção agropecuária e a ocorrência das secas causa grandes prejuízos socioeconômicos.

No entanto, apesar da sua importância para a região há poucos estudos referentes a caracterização dos padrões de precipitação do SAB. Diante o exposto, o objetivo do presente estudo é identificar áreas com precipitação homogêneas no SAB.

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo é o SAB, o qual abrange 1.135 municípios distribuídos em oito estados do Nordeste do Brasil, mais o norte de Minas Gerais.

Para a caracterização da precipitação pluviométrica do SAB foram utilizados dados de precipitação mensal acumulada, no período de 1979 a 2014. Os dados foram coletados do *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC). Com uma cobertura espacial de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, totalizando 338 pontos de grade.

A identificação das áreas pluviometricamente homogêneas deu-se a partir da análise de agrupamentos, também conhecida como análise de conglomerados, classificação ou *cluster*, a qual tem como objetivo dividir os elementos da amostra, ou população, em grupos de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si com respeito às variáveis que neles foram medidas (MINGOTTI, 2005; JHONSON, 2007).

A distância utilizada foi a Euclidiana:

$$d(X_1, X_k) = [(X_1 - X_k)'(X_1 - X_k)]^{1/2} = \left[\sum_{i=1}^p (X_{1i} - X_{ki})^2 \right]^{1/2}$$

Método de ligação Ward:

$$d(C_1, C_2) = \left[\frac{n_l n_i}{n_l + n_i} \right] (\bar{X}_l - \bar{X}_i)'(\bar{X}_l - \bar{X}_i)$$

Assim, ao aplicar essa técnica teremos os grupos das coordenadas que estão em similaridade em relação às variáveis (precipitação acumulada mensal).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de agrupamento classificou o padrão de precipitação do SAB em quatro grupos (*Cluster*) com precipitação homogênea, nomeadas de SAB I, SAB II, SAB III e SAB IV, cujos valores da precipitação média anual no período 1979-2014 estão apresentados na Tabela 1. Ainda na Tabela 1, encontra-se a área total de cada *Cluster*, além do percentual corresponde a cada um deles no SAB.

Tabela 1 – Média acumulada da precipitação e classificação pluviométrica dos clusters, 1979 a 2014.

Cluster	N	% da Área	Precipitação média anual (1979-2014)
SAB I	40	12	956
SAB II	92	27	748
SAB III	94	28	570
SAB IV	112	33	821

Na figura 1 observa-se a distribuição espacial de cada área pluviometricamente homogênea (*Cluster*). O *Cluster* denominado de SAB I abrange o leste e uma parte de Minas Gerais transitando com a chapada diamantina na Bahia, sendo o grupo mais chuvoso.

O grupo SAB II agrega o Sul da Bahia juntamente com a parte mais norte de Minas Gerais. Entretanto SAB III o mais seco abrange o norte da Bahia, leste do Piauí, seguindo para oeste de Pernambuco e alagoas, e a parte central da Paraíba e Rio Grande do Norte. O SAB IV ocupa a segunda posição do grupo mais chuvoso contempla o leste de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, todo o Ceará e oeste do Piauí. Norte de Minas e sul da Bahia. O principal mecanismo atmosférico atuante nesta região é o deslocamento zonal da ZCIT, que atua nos meses de março e abril pois neste período encontra-se localizada mais no hemisfério sul e que acaba contribuindo para formação de sistemas convectivos de Mesoescala. Na região Sul a concentração de chuvas inicia em outubro, se intensificando em novembro e dezembro, na costa oeste do Norte de Minas gerais seguindo a Bahia. Neste período o principal sistema atmosférico atuante são os sistemas frontais que interagem com a convecção tropical e que no hemisfério sul durante a primavera-verão instala-se na parte central do continente sul-americano que acaba gerando as ZCAS.

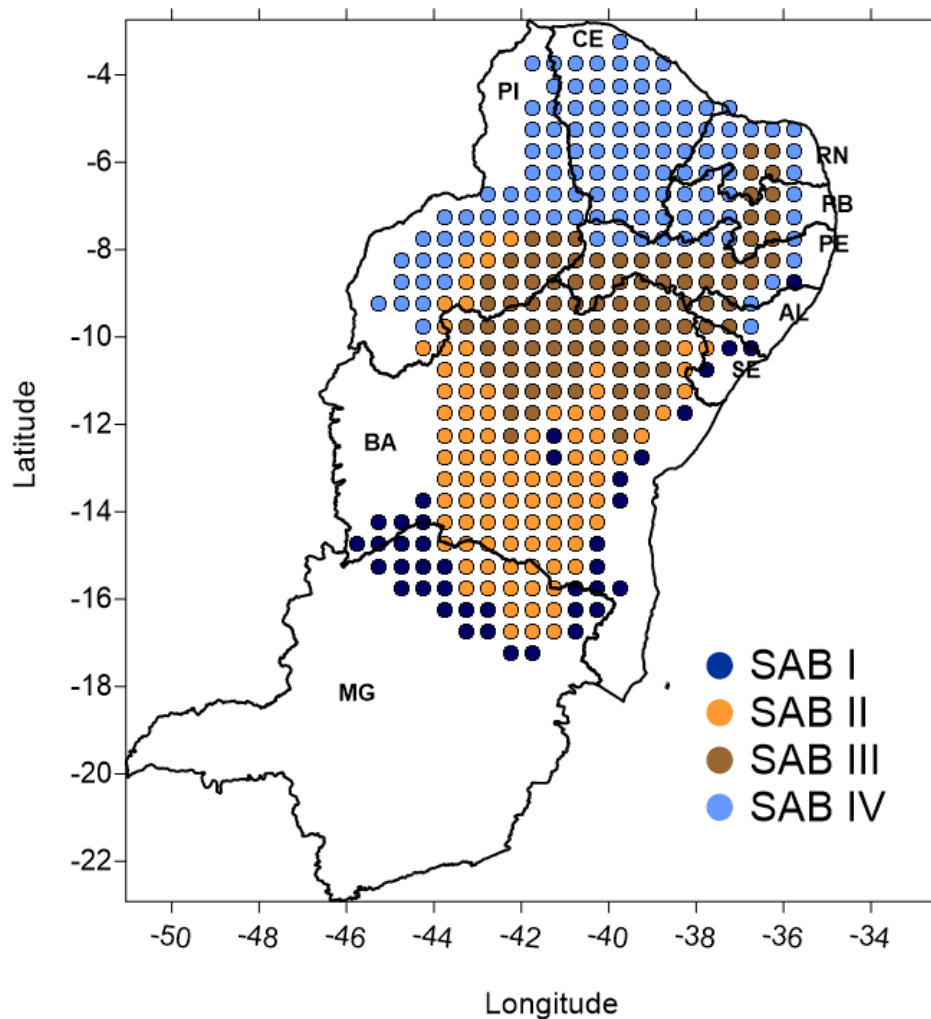


Figura 1 - Distribuição espacial das áreas pluviometricamente homogêneas (*Cluster*), 1979 a 2014.

CONCLUSÕES

Foram identificadas quatro regiões do SAB com precipitação pluvial homogêneas, identificadas como SAB I, SAB II, SAB III e SAB IV. O SAB IV contempla a região leste e uma parte do norte de Minas Gerais e é o mais chuvoso, enquanto que o SAB III é o mais seco e abrange o norte da Bahia, leste do Piauí, a parte oeste de Pernambuco e Alagoas, e a parte central da Paraíba e Rio Grande do Norte, o que corresponde a 33% do SAB.

REFERÊNCIAS

HASTENRATH, S .Exploring the Climate Problems of Brazil's Nordeste: A Review. **Climatic Change**, Vol. 112, pp. 243-251, 2012.

JOHNSON , R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6. ed. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice-Hall International, 2007.

MARENGO, J. A. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima–Impactos sociais e econômicos. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas–GPMC, Edição Especial**, 2009.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de Estatística Multivariada: Uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

REBOITA, Michelle S. et al. Entendendo o tempo e o clima na américa do sul. **Terrae didática**, v. 8, p. 34-50. 2012.

INFLUÊNCIA DO PORTA-ENXERTO E DO SISTEMA DE CONDUÇÃO NA UMIDADE DO SOLO DA VIDEIRA

Clara Nívea Costa do Vale¹, Magna Soelma Beserra de Moura², José Espínola Sobrinho³, Thieres George Freire de Andrade⁴, Patrícia Coelho de Souza Leão²

¹Mestra, Mossoró, RN, claranivea@hotmail.com; ² Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, magna.moura@embrapa.br, patricia.leao@embrapa.br; ³ Professor, UFERSA, Mossoró, RN, jespinoia@ufersa.edu.br; ⁴ Professor, UFRPE, Serra Talhada, PE, thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: O cultivo da videira é influenciado pelo clima, que interfere diretamente no desenvolvimento da cultura, na ocorrência de pragas e doenças, nas necessidades hídricas, entre outros fatores. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência do porta-enxerto (PE) e do sistema de condução (SC) nas variações de umidade do solo da videira ‘Syrah’ produzida no Submédio do Vale São Francisco. O experimento foi desenvolvido no campo experimental de Bebedouro, em Petrolina, PE, com a cultivar de uva de vinho ‘Syrah’, conduzida em lira e espaldeira, sobre cinco porta-enxertos. Durante o ciclo de desenvolvimento da cultura foram realizadas medidas, em todos os tratamentos (SC x PE) da umidade do solo a 0,20 m e da produção, e da umidade do solo nas profundidades de 0,00 a 0,60 m em quatro tratamentos. Os PE ‘SO4’ e ‘P1103’ apresentaram maiores necessidades hídricas na profundidade de 0,00 a 0,20 m, em ambos os SC, já nas profundidades de 0,00 a 0,60 m o PE que mostrou maior necessidade hídrica foi o ‘P1103’. O SC em lira apresentou necessidade hídrica maior, quando comparado ao SC em espaldeira.

PALAVRAS-CHAVE: Arquitetura do dossel, Uva de vinho, Vitivinicultura Tropical.

INFLUENCE OF ROOTSTOCK AND TRELLIS SYSTEM ON SOIL MOISTURE OF VINEYARD

ABSTRACT: The cultivation of the vine is influenced by the climate, which interferes directly in the development of the crop, in the occurrence of pests and diseases, in the water needs, among other factors. The objective was to study the influence of the rootstock (PE) and the trellis system (SC) on soil moisture for ‘Syrah’ grape in the Low-Middle São Francisco River Valley. The experiment was carried out in the Experimental Field of Bebedouro, in Petrolina Municipality, Pernambuco State, Brazil. It was studied the ‘Syrah’ grapevine grafted in five PE, growing lyre and vertical shoot positioned (VSP) trellis systems. During the growing season, it was evaluated soil moisture and grape production in all treatments (SC x PE). The rootstock 'SO4' and 'P1103' had higher water requirements in the depth of 0.00 to 0.20 m for both SC, and a depth of 0.00 to 0.60 m PE that showed greater water requirement was 'P1103'. The SC in lyre presented higher soil water extraction than vertical shoot positioned (VSP) trellis system.

KEYWORDS: Architecture canopy, Tropical Viticulture, Wine grape.

INTRODUÇÃO

A viticultura brasileira ocupa atualmente, uma área de 79 mil hectares, com vinhedos desde o extremo Sul até regiões próximas à Linha do Equador, com destaque

para o Rio Grande do Sul por contribuir, em média, com 876 mil toneladas de uva por ano a frente apenas de Pernambuco com produção anual média superior 230 milhões de Kg por ano⁻¹, situado no Submédio do Vale São Francisco, no ano de 2015 a produção vinícola Brasileira, teve aumento de 4,41% em relação a 2014, sendo 0,25% desse incremento foi proveniente de Pernambuco (MELLO, 2016).

O cultivo da videira é influenciado pelo clima, que interfere diretamente no desenvolvimento da planta, na ocorrência de pragas e doenças, nas necessidades hídricas e na qualidade das bagas. Sob as condições semiáridas, é necessário que se realize irrigação para o suprimento das necessidades das plantas.

O estudo do ambiente físico no qual as plantas se desenvolvem, particularmente o solo, poderão trazer técnicas de manejo mais apropriadas para a racionalização do uso da água, para minimizar o impacto ambiental e para a obtenção de frutos com a qualidade desejada. O avanço das tecnologias de irrigação, têm sido desenvolvidos vários estudos com a finalidade de fornecer subsídios que permitam estimar as necessidades hídricas das culturas em função de parâmetros ambientais e do solo. Tal conhecimento pode condicionar o manejo de água no sistema solo-planta-atmosfera de maneira racionalizada visando otimizar a produtividade (SILVA et al, 2015).

Esse trabalho teve por objetivo estudar a influência do porta-enxerto (PE) e do sistema de condução (SC) nas variações de umidade do solo da videira ‘Syrah’ na região semiárida do Submédio do Vale São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, localizado na área rural do município de Petrolina, PE, pertencente à Embrapa Semiárido, cuja classificação climática de Koppen-Geiger indica um clima tropical semiárido, tipo BSwh’, seco e quente, com temperatura média anual de 26 °C e precipitação de 500 mm.

A cultivar avaliada foi a ‘Syrah’ conduzida nos sistemas de condução em lira e espaldeira, e cinco porta-enxertos: ‘IAC 313’, ‘IAC 572’, ‘IAC 766’, ‘SO4’ e ‘P1103’. A poda foi realizada no dia 07 de julho de 2015 (DAS - dia sequencial do ano 188) e a colheita foi realizada nos dias 27 e 29 de outubro de 2015 (DSA 300 e 302), respectivamente, para o sistema de condução em lira e espaldeira, representando o oitavo ciclo produtivo.

Para determinar a lâmina bruta (LB) aplicada via irrigação, utilizou-se a ETO determinada pelo método do Tanque Classe A (ALLEN et al., 1998) e coeficientes de cultivo (Kc) iguais a 0,7 na brotação, 1,0 na floração, 0,8 no desenvolvimento dos frutos e de 0,5 na maturação dos frutos.

Semanalmente, antes da irrigação, o conteúdo de água no solo (U_{solo} , cm³ cm⁻³) foi determinado, em todos os tratamentos, utilizando o sensor portátil tipo FDR modelo HydroSense II (HS2, Campbell Scientific, cm³ cm⁻³), com uma haste de 0,20 m de profundidade, totalizando três repetições por planta e quatro plantas por tratamento.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios da umidade do solo na camada 0,00 - 0,20 m obtidos ao longo do ciclo produtivo, nos sistemas de condução em lira e espaldeira, para os porta-enxertos ‘IAC 313’, ‘IAC 572’, ‘IAC 766’, ‘P1103’ e

‘SO4’. Os valores variaram significativamente entre si, sendo o sistema de condução em lira, mesmo com incremento de 33% no tempo de irrigação, o que mais necessitou de água, haja vista que é nele onde se encontram os valores mais baixos da Usolo, destacando-se os porta-enxertos IAC 313, P1103 e IAC 766 com menor média por ciclo, sendo este último o que obteve maior vigor vegetativo, como observado na Tabela 1. Maior desenvolvimento foliar influencia na necessidade hídrica da planta, sendo um fator que afeta diretamente a produção de biomassa e a qualidade do fruto produzido. Por outro lado, o porta-enxerto IAC 572 apresentou maior umidade do solo (24,21%).

O sistema de condução em espaldeira umidade do solo similar ao de lira, apesar deste ter recebido lâmina de irrigação com acréscimo de 33%. Na espaldeira, os porta-enxertos SO4 e IAC 572 destacaram-se com maior e menor umidade do solo respectivamente, indicando menor e maior desenvolvimento foliar, e por conseguinte, a taxa fotossintética e a evapotranspiração, que afetam e refletem de forma mais expressiva no estado hídrico do solo. Em estudo realizado no semiárido as videiras são afetadas diretamente pelo porta-enxerto devido as diferenças no desenvolvimento que cada um proporciona a cultivar (SOUZA et al., 2009).

Os menores valores de umidade do solo foram encontrados no início e final do ciclo, que são os períodos de brotação (fase inicial de desenvolvimento da cultura) e maturação (próximo à colheita). Nessas duas fases foram usados coeficientes de cultivo (Kc) de 0,70 e 0,50, respectivamente. Os maiores valores da Usolo foram encontrados nas fases de floração e formação dos frutos, quando a cultivar necessitou de mais água para o seu desenvolvimento, com Kc de 1,00 e 0,80, respectivamente.

É possível observar que os porta-enxertos que conseguiram permanecer com maior umidade no solo ao longo do ciclo produtivo foram o ‘IAC 572’ e o ‘SO4’, respectivamente, nos sistemas de condução em lira e em espaldeira. Neste mesmo raciocínio, os porta-enxertos que apresentaram menor Usolo nos dois sistemas de condução analisados, principalmente a partir do DAP 20, foram IAC 313, IAC 766 e P1103. Isso indica que nem sempre o maior índice de área foliar ou maior interceptação de radiação, corresponde a uma extração de água do solo, e que os porta-enxertos propiciam maior ou menor necessidade hídrica. Estudos realizados com videira no Semiárido brasileiro mostraram que ocorre redução da umidade do solo no final do ciclo produtivo, em função dos ajustes realizados no manejo de água visando maior acúmulo de açúcares e outros componentes da baga (SOUZA et al., 2009; BASSOI et al., 2015). Segundo estes autores, os valores mínimos da Usolo ocorreram no final do ciclo produtivo, com variações de 14 a 22%, corroborando com as observações realizadas no ciclo produtivo do presente estudo (SOUZA et al., 2009; BASSOI et al., 2015).

Tabela 1: Valores médios da umidade do solo (Usolo, %) na camada até 0,20 m ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura da videira ‘Syrah’ (PARabx), nos sistemas de condução em lira e em espaldeira, em função do número de dias após a poda (DAP) com diferentes porta-enxertos. Petrolina-PE, 2015.

Sistema de Condução em Lira

DAP	IAC 313	IAC 572	IAC 766	P1103	SO4	Média
2	14,87 Ab	17,43 Aa	11,55 Ac	15,73 Aab	16,27 Aab	15,17 A
12	22,51 Aa	27,65 Aa	22,18 Abc	24,08 Ab	20,80 Bc	23,44 A
25	15,65 Bb	24,69 Aa	16,40 Ab	16,18 Ab	16,41 Ab	18,03 A

33	17,42 Bb	29,07 Aa	18,06 Ab	17,33 Ab	17,52 Bb	19,88 A
46	11,84 Ad	24,76 Ba	16,32 Ac	12,38 Ad	18,63 Ab	16,79 B
60	12,94 Bb	22,32 Aa	10,12 Bc	8,65 Bc	22,46 Aa	15,30 B
83	9,76 Cb	22,92 Aa	9,54 Bc	8,49 Bc	14,51 Bb	13,04 A
97	14,76 Bcd	24,87 Aa	13,80 Bd	16,41 Ac	21,56 Bb	18,28 B
Média	15,01 c	24,21 a	14,81 c	14,91 c	18,52 b	17,49
Sistema de Condução em Espaldeira						
2	2,15 Bd	5,64 Bc	7,75 Bd	9,36 Bb	12,17 Ba	7,41 B
12	21,53 Abc	22,48 Bab	19,85 Bc	21,14 Bbc	24,23 Aa	21,85 B
25	19,42 Aa	17,74 Bab	16,81 Ab	16,85 Ab	19,69 Aa	18,10 A
33	21,81 Ab	20,10 Bb	17,49 Ac	16,61 Ac	26,12 Aa	20,42 A
46	19,45 Bb	13,80 Ad	17,43 Ac	18,11 Bbc	24,17 Ba	18,59 A
60	17,88 Ab	11,24 Bc	19,42 Ab	12,08 Ac	23,43 Aa	16,81 A
83	15,63 Ab	7,05 Bd	14,12 Ab	11,29 Ac	18,76 Aa	13,38 A
97	23,83 Aa	19,69 Bb	19,40 Ab	15,75 Ac	23,38 Aa	20,41 A
Média	17,71b	14,72 d	16,54 c	15,15 d	21,49 a	17,12
Méd. Total	16,36 abc	19,47 ab	15,67 bc	15,03 c	20,01 a	17,31

Letras maiúsculas diferem entre os sistemas de condução e letras minúsculas diferem entre os porta-enxertos.

CONCLUSÕES

A umidade do solo indicou maior necessidade hídrica no sistema de condução em lira, que mesmo com acréscimo na irrigação foi o que apresentou valores mais baixos de umidade do solo em todos os porta-enxertos, com destaque para o P1103, que se destacou com porcentagem mais baixa de umidade em ambos os sistemas de condução, ou seja, mostrou-se o porta-enxerto com menor necessidade hídrica.

AGRADECIMENTOS

A CAPES, pelo consentimento de Bolsa de Mestrado a primeira autora, a EMBRAPA Semiárido, por toda infraestrutura e equipe disponível no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMUTH, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, Rome: FAO, 1998, 301p. **Irrigation and Drainage Paper 56**.
- BASSOI, L. H.; CORREIA, J. S.; SANTOS, A. R. L.; SILVA, J. A.; COSTA, B. R. S. Deficit irrigation in grapevine cv. Syrah during two growing seasons in the brazilian semiarid. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 430 - 441, 2015.
- FERREIRA, D. F.; **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- MELLO, L. M. R. de; **Desempenho da vitivinicultura brasileira em 2015**. Jornal Dia de Campo (online), 2016.
- RAKOCEVIC, M.; MARTIM, S.F. Time series in analysis of yerba-mate biennial growth modified by environment. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 54, p. 1-9, 2010.
- SILVA, J. S.;CAMPECHE, L. F. S. M.; BARBOSA, D. F.; LIRA, R. M.; BARBARÉ, J. M. C.; SOUZA, D. H. S. Monitoramento de umidade do solo em videira utilizando tensiômetria. **Revista GEAMA**, Recife – PE, Brasil, v. 2, n.1, p. 69 – 78, 2015.
- SOUZA, C. R. et al. Water relations of field-grown grapevines in the são francisco valley, brazil, under different rootstocks and irrigation strategies. **Scientia Agricola**, Piracicaba - SP, Brazil, v. 66, n. 4, p. 436 - 446, 2009.

SOMBREAMENTO PARA O MANEJO DO MICROCLIMA DO CAFEIRO NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Williams Pinto Marques Ferreira¹, Laís Maria Rodrigues Silva², Raphael Bragança Alves Fernandes³, Marcelo de Freitas Ribeiro⁴

¹Pesquisador, Embrapa Café, Viçosa, MG, williams.ferreira@embrapa.br;

²Doutoranda em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, laisrodriguessilva@gmail.com;

³Professor, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, raphael@ufv.br;

⁴Pesquisador, Epamig Sudeste, Viçosa, MG, mribeiro@epamig.br

RESUMO: Com o presente trabalho teve-se por objetivo avaliar o microclima na cultura de cafeeiros cultivados a pleno sol e sob tela sombrite simulando o sombreamento. O foco é discutir os efeitos do sombreamento sobre a cultura para fazer frente aos efeitos esperados com as mudanças climáticas globais, os quais podem limitar ou restringir a atividade cafeeira em algumas regiões de países tropicais. O experimento foi conduzido no município de Paula Cândido, MG, entre 11 de novembro e 11 de dezembro de 2016. A evapotranspiração real e a temperatura do ar foi avaliada nas duas situações indicadas. Os resultados obtidos indicaram que o sombreamento proporcionou a diminuição da temperatura máxima, bem como da amplitude térmica na lavoura, fazendo com que os valores de evapotranspiração real fossem reduzidos à sombra, quando comparados à lavoura a pleno sol. O manejo do sombreamento foi considerado eficaz como prática de manejo de ação mitigadora para a manutenção da cafeicultura em regiões tropicais que venham sofrer elevação da temperatura com as mudanças climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Café sombreado, Soluções de aquecimento global, Práticas mitigadoras.

SHADOW MANAGEMENT OF COFFEE MICROCLIMA FACING THE CLIMATE CHANGE

ABSTRACT: With this work the objective was to evaluate the microclimate in the cultivation of coffee plants cultivated in full sun and under shaded screen simulating the shading. The focus is to discuss the effects of shading over the crop to face the expected effects of global climate change, which may limit or restrict coffee activity in some regions of tropical countries. The experiment was carried out in the municipality of Paula Cândido, MG, between November 11 and December 11, 2016. Actual evapotranspiration and air temperature were evaluated in the two situations indicated. The obtained results indicated that the shading provided the decrease of the maximum temperature as well as the thermal amplitude in the crop, causing the actual evapotranspiration values to be reduced in the shade when compared to the crop in full sun. The management of the shading was considered effective as a practice of mitigating action for the maintenance of coffee cultivation in tropical regions that will suffer temperature elevation with climatic changes.

KEY-WORDS: Shade-grown coffee, Global warming solutions, Mitigating practices.

INTRODUÇÃO

É corrente no cenário atual o aparente consenso acerca da tendência de aumento da temperatura global associada às mudanças climáticas globais. Disto resulta a necessidade de identificação e mensuração de possíveis impactos, em especial nas atividades agrícolas que são altamente dependentes do clima. Igualmente importante é a necessidade da busca e da avaliação de práticas alternativas para a convivência ou mitigação desses efeitos, que podem vir a comprometer a produtividade e a produção de importantes commodities agrícolas em diferentes partes do mundo.

A cafeicultura destaca-se no cenário agrícola nacional. O café é um dos principais produtos de exportação, e o Brasil ocupa a posição de quinto maior exportador mundial (MAPA, 2017). Entretanto, as consequências das mudanças climáticas globais podem afetar todo esse desempenho. Segundo Camargo (2010), alguns cenários futuros previstos podem comprometer ou mesmo inviabilizar a produção de café na região Sudeste do Brasil, haja vista a sensibilidade da cultura à escassez de água e às altas temperatura. O autor comenta da necessidade de avaliação de práticas e, ou tecnologias que permitam continuar viabilizando a produção de café nessa região do país, local onde a cultura do cafeeiro é tradicional e importante fonte de renda.

Uma alternativa possível para a mitigação do aumento da temperatura nos cafezais brasileiros é conhecido como “manejo da sombra” (DAMATTA; RAMALHO, 2006). Os autores sugerem a utilização dos sistemas agroflorestais com um dos manejos possíveis da sombra, mas estudos devem ser realizados por variedade e espaçamento da cultura, bem como por altitude e clima de cada região, para se buscar avaliar os potenciais efeitos da prática.

Diante do exposto, com o presente trabalho objetivou-se estudar o efeito do sombreamento como prática mitigadora e de adaptação às mudanças climáticas globais na cultura de *Coffea arabica*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma propriedade rural, com diferentes variedades de *Coffea arabica*, no município de Paula Cândido, Minas Gerais. Para o estudo foi selecionado um talhão com a variedade IAC-125, com idade de plantas de 4,5 anos. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa; o clima da região é considerado como do tipo Cwb, ou seja, clima tropical de altitude segundo a classificação de Köppen, e a altitude do local é de 650 m. O espaçamento entre as plantas de café da variedade selecionada era de 0,6 m x 2,8 m, totalizando a densidade em torno de 3.500 plantas ha⁻¹. O solo é sempre mantido coberto na propriedade, pelo frequente manejo da vegetação espontânea.

No interior do talhão foi definida uma área de trabalho de 160 m². Esta área foi dividida em duas partes: uma recebendo a instalação de uma tela tipo sombrite para simular o efeito do sombreamento na cultura, enquanto a outra foi mantida a pleno sol. No centro de cada uma das partes foi instalada uma estação meteorológica automática para aquisição dos dados de pluviosidade e temperatura do ar.

A partir dos dados coletados, inicialmente foi calculada a evapotranspiração potencial diária pelo método de Hargreaves e Samani (HS). Na sequência e por meio de uma equação de correlação (França Neto, 2003) entre este método e o método padrão Penman-Monteith (PM) os resultados foram recalculados. Os dados de precipitação diária (P) foi fornecida pela estação meteorológica. A partir do coeficiente de cultura (Kc), foi calculada a evapotranspiração real (ET_r).

O período de avaliação foi de um mês, compreendendo o período entre 11 de novembro a 11 de dezembro de 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do manejo da sombra com o uso do sombrite a temperatura máxima no interior do cafezal foi reduzida em todos os 31 dias avaliados (Figura 1), alcançando valores de redução variando de 0,9 a 3,0 °C. A redução da temperatura máxima proporcionada pelo sombrite foi, em termos médios, de 2,7 °C (Tabela 1).

Por outro lado, as médias das temperaturas mínima e máxima foram incrementadas com o uso do sombrite. A média das mínimas foi 0,3 °C maior na sombra, e o valor médio das temperaturas médias foi 0,2 °C superior na cultura sob o sombrite.

A amplitude térmica obtida pela diferença entre a temperatura máxima e mínima diária foi reduzida de 14,7 °C, no cafezal a pleno sol, para 11,8 °C, no manejo com a sombra.

A redução na temperatura pelo sombreamento causou redução de 12 % da ETr durante o período avaliado. A tela sombrite também reduziu em 16 % a precipitação que atingiu o cafezal, muito embora tal redução não tenha comprometido o ETr da cultura (Tabela 2).

Os dados obtidos indicam a possibilidade do manejo do microclima da cultura do cafeeiro, com impactos que podem ser aproveitados para superar os desafios que estão sendo previstos com as mudanças climáticas globais. Esse microclima é um dos principais responsáveis pelas condições hídricas e térmicas, que segundo Camargo (2010) são as que mais influenciam a produtividade do cafeeiro.

Do exposto, pode-se considerar que a opção do manejo da sombra pode vir a ser uma alternativa para a mitigação e adaptação dos efeitos causados pelas mudanças climáticas. Como o uso de sombrite pode ser de custo proibitivo para a cultura, alternativas vegetacionais podem ser consideradas. Neste cenário, o uso de sistemas agroflorestais surge como uma possibilidade técnica interessante a ser considerada.

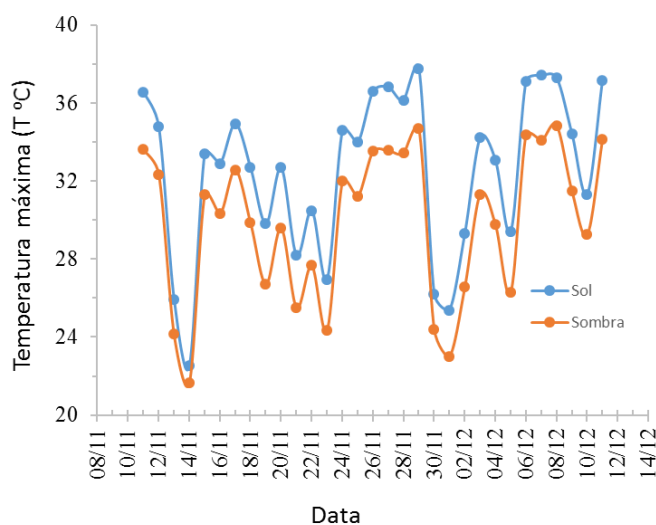


Figura 1. Temperatura máxima diária verificada em cafezal do município de Paula Cândido-MG em condições de cultivo a pleno solo (Sol) e sob tela sombrite (Sombra) durante o período de 11/11/2016 a 11/12/2016.

Tabela 1. Valores médios das temperaturas média (T_média), mínima (T_mínima) e máxima (T_máxima) das parcelas do cafezal manejadas a pleno sol e sob sombra; e amplitude térmica verificada (Amplitude_Térmica)

	Sol	Sombra
T_média	20,8	21,0
T_mínima	17,8	18,1
T_máxima	32,6	29,9
Amplitude_Térmica	14,7	11,8

Tabela 2: Evapotranspiração potencial (ET₀), evapotranspiração real (ET_r) e precipitação (P)

	Sol	Sombra
ET ₀	142,7	125,7
ET _r	121,9	107,3
P	290,3	243,3

CONCLUSÕES

O manejo da sombra é capaz de alterar o microclima na cultura do café e pode constituir uma alternativa viável como solução para enfrentamento das mudanças climáticas globais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo financiamento do projeto (APQ-03737-14), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de Doutorado.

REFERÊNCIAS

- CAMARGO, M. B. P. DE. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 239–247, 2010.
- DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 55–81, mar. 2006.
- FRANÇA NETO, A. C. de. Análise de métodos simplificados de estimativa da ET₀ e da sensibilidade das variáveis do cálculo da lâmina de irrigação para a cultura do café. 2003.
- MAPA, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E A. **Café no Brasil — Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Leonardo Felipe Silva de Oliveira¹, Pabrcio Marcos Oliveira Lopes², Geber Barbosa de Albuquerque Moura³, Cristina Rodrigues Nascimento⁴

¹ Discente de Agronomia, ¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, leonardo_felipe151@hotmail.com; ² Professor doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, pabrciope@gmail.com; ³ Professor doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, geber.moura@ufrpe.br; ⁴ Professora doutora, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, crisrodnas@gmail.com

RESUMO: A utilização de parâmetros biofísicos obtidos a partir de imagens de satélite pode identificar alterações na vegetação, uso e ocupação do solo, devido sua ampla cobertura espacial e temporal. Esse trabalho tem como objetivo avaliar a cobertura vegetal da mesorregião do São Francisco Pernambucano em escala regional, usando imagens do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) dos satélites Terra e Aqua, do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) e dados de superfície para os anos de 2006 e 2015. A mesorregião do São Francisco Pernambucano está inserida na região do semiárido caracterizada por apresentar irregularidade no regime pluviométrico e vegetação de caatinga. As imagens de albedo da superfície e Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foram obtidas gratuitamente na internet e representam produtos derivados dos satélites Terra e Aqua, sensor MODIS. Os produtos de precipitação são obtidas mensalmente do satélite TRMM. Os resultados indicam que valores elevados de albedo e valores baixos de NDVI representam áreas com pouca cobertura vegetal e solo exposto, que aliados a baixa quantidade de precipitação mensal podem ocasionar o processo de desertificação, o que contribui para a redução da capacidade produtiva agropecuária da área, causando perdas econômicas para o agricultor e a Mesorregião, impulsionando assim o êxodo rural.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação, Sensoriamento remoto, Parâmetros biofísicos

INTRODUÇÃO

A degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, chamada de desertificação, é resultante de vários fatores, incluindo aqueles causados por variações climáticas e atividades humanas, sendo que esta última diz respeito, principalmente, ao uso inadequado dos recursos naturais, do solo, água e vegetação (BRASIL, 2004). As consequências da desertificação podem ser a erosão, a perda progressiva das superfícies florestadas, agrícolas e de pastejo, tendo assim a escassez dos recursos naturais e da vegetação. Estes fatores contribuem para a redução da capacidade produtiva agropecuária da área, causando perdas econômicas para o agricultor e a mesorregião, impulsionando assim o êxodo rural (SAMPAIO et al., 2003).

É possível, a partir de imagens de sensoriamento remoto, obter parâmetros intrínsecos da superfície como mapas de albedo, utilizados em estudos ambientais (DUGAY E LEDREW, 1992), que aliado a outros parâmetros biofísicos (NDVI e EVI), pode auxiliar na identificação de alterações na vegetação, uso e ocupação do solo.

O albedo da superfície, definido como a razão entre a radiação solar refletida e a radiação solar incidente, é uma medida indireta da energia solar absorvida pela superfície (CUNHA et al., 2010), que em sistemas ecológicos controla as condições microclimáticas das culturas e a absorção de radiação (WANG et al., 2001), o que o

torna um parâmetro importante no estudo de mudanças climáticas e impactos ambientais (SILVA et al., 2005).

O índice de vegetação NDVI é utilizado para destacar e caracterizar a vegetação que ocorre em uma área, servindo para realçar a biomassa vegetal (BEZERRA et al., 2011), ou seja, para avaliar o grau de vigor vegetativo.

Esses parâmetros biofísicos são utilizados com o objetivo de avaliar a cobertura vegetal e risco de desertificação da mesorregião do São Francisco Pernambucano, em escala regional, usando imagens do sensor MODIS dos satélites Terra, Aqua e TRMM para os anos de 2006 e 2015.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A mesorregião do São Francisco Pernambucano abrange uma área de 24.531,50 km², integrando 15 Municípios entre eles estão Petrolina, Floresta, Orocó, Cabrobó e Belém de São Francisco. Os índices pluviométricos da mesorregião são muito baixos, entre 400 a 800 mm anuais, as temperaturas ficam elevadas todo o ano, com mínimas anuais de 15°C e máximas que podem ultrapassar os 40°C, onde na sua porção mais seca, em que dominam o clima semiárido com rios temporários e vegetação de Caatinga, a atividade econômica predominante é a pecuária bovina extensiva de corte. Na sua porção sul, o rio São Francisco tem influência marcante. Às suas margens desenvolvem-se culturas irrigadas, utilizando técnicas modernas que aumentam a produtividade.

Processamento das imagens

O processamento das imagens de albedo e NDVI obtidas dos satélites Terra e Aqua sensor MODIS e as imagens de precipitação mensal estimada do satélite TRMM, foram realizados utilizando os programas ENVI (Demo), ModisTool e SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) na versão 5.2.4 que é um software gratuito.

Albedo

Utilizou-se o produto MOD43 (composição de oito dias, 500m de resolução espacial) disponibiliza dois tipos de albedos para sete bandas espectrais e três bandas largas: os albedos *Black-Sky* e *White-Sky*. Essas imagens são adquiridas em níveis de cinza e foram multiplicadas por um fator de 0,001 para serem convertidas em valores absolutos de albedo. Finalmente, fez-se a interpolação entre a componente direta e difusa em função da fração de luz difusa para obtenção do albedo *Blue-Sky* (α) de acordo com a Eq. 1:

$$\alpha = (1 - S) \times \alpha_{bs} + S \times \alpha_{ws} \quad (1)$$

em que α_{bs} é o albedo *Black-Sky*; α_{ws} é o albedo *White-Sky*; e S é a fração de luz difusa, a qual foi obtida de uma tabela fornecida junto com o pacote computacional do produto MOD43B1. Essa tabela contém valores de S em função dos tipos de aerossóis, da profundidade óptica e do ângulo zenital solar, corrigidos dos efeitos atmosféricos. Considerou-se o $S = 0,186$ para profundidade óptica média de 0,2 e ângulo zenital médio de 28° (Z, MOD13). Todas as imagens de albedo da superfície foram redimensionadas para a resolução espacial de 250 m e escala temporal mensal.

NDVI

Adquiriu-se as imagens de NDVI no formato *HDF* (Hierarchical Data Format). Em seguida utilizou-se o programa Modis Tool para fazer a conversão dessas imagens para o formato *GeoTiff*, para que assim pudessem ser importadas para o SPRING 5.2.4

As imagens do índice de vegetação NDVI (MOD13, 16 dias, 250m) foram multiplicadas por um fator de 0,0001 para serem convertidas em valores absolutos de cobertura vegetal.

TRMM

Utilizou-se dados de precipitação pluvial mensais coletados pelo satélite TRMM disponíveis gratuitamente na página <http://trmm.gsfc.nasa.gov/>. O produto 3B43 foi obtido para a área de estudo para os anos de 2006 e 2015. As imagens do satélite TRMM, depois de adquiridas foram importadas para o ENVI (Demo) para fazer a inversão da imagem e conversão de *HDF* para *GeoTiff*, para que assim pudessem ser importadas para o SPRING 5.2.4, onde foi feita a redução da resolução espacial da imagem que era de 25km para 250m. Além disso, foi elaborado também uma rotina em linguagem de programação LEGAL para converter níveis de cinza em valores de precipitação (mm), depois foi feito um recorte para a área de interesse (mesorregião do São Francisco), e uma classificação por fatiamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Albedo da superfície

As Figuras 1, 2, 3 e 4 mostram a distribuição e a evolução temporal e espacial do albedo da superfície obtido pelo sensor MODIS para os meses de janeiro e julho dos anos de 2006 e 2015. É possível observar que os valores de albedo da superfície mais baixos (4 a 8%) estão relacionados com os corpos hídricos como o rio São Francisco e açudes distribuídos na região, por outro lado, os valores médios de albedo (12 a 16%) são áreas agricultáveis, de pasto e vegetação nativa e os valores elevados (24 a 27%) são áreas urbanas e de solo exposto.

O albedo do mês de janeiro/2006 (Figura 1) apresentou valor médio 0,14, valor mínimo 0 e valor máximo de 0,25, e o de janeiro/2015 (Figura 2) variou de 0 a 0,27, e valor médio de 0,20. Para julho de 2006 (Figura 3), o albedo da superfície variou entre 0 e 0,25 com valor médio de 0,12, enquanto que em julho/2015 (Figura 4) variou de 0 a 0,25, e valor médio de 0,14. O albedo varia muito na área de estudo considerada. Cunha et al. (2010) encontrou valores de albedo variando de 0,10 a 0,26, chegando também a conclusão que os valores mais altos podem estar associados às superfícies de solo nu (variando com o tipo de solo), enquanto que os valores mais baixos podem estar associados às áreas vegetadas.

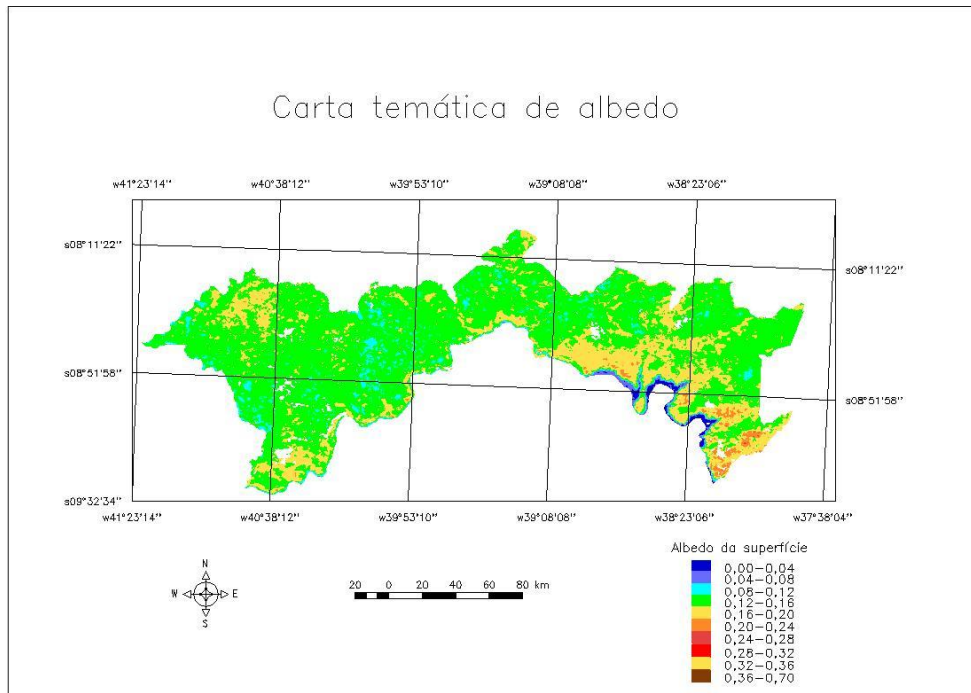


FIGURA 1. Carta temática de albedo da superfície referente à Janeiro de 2006.

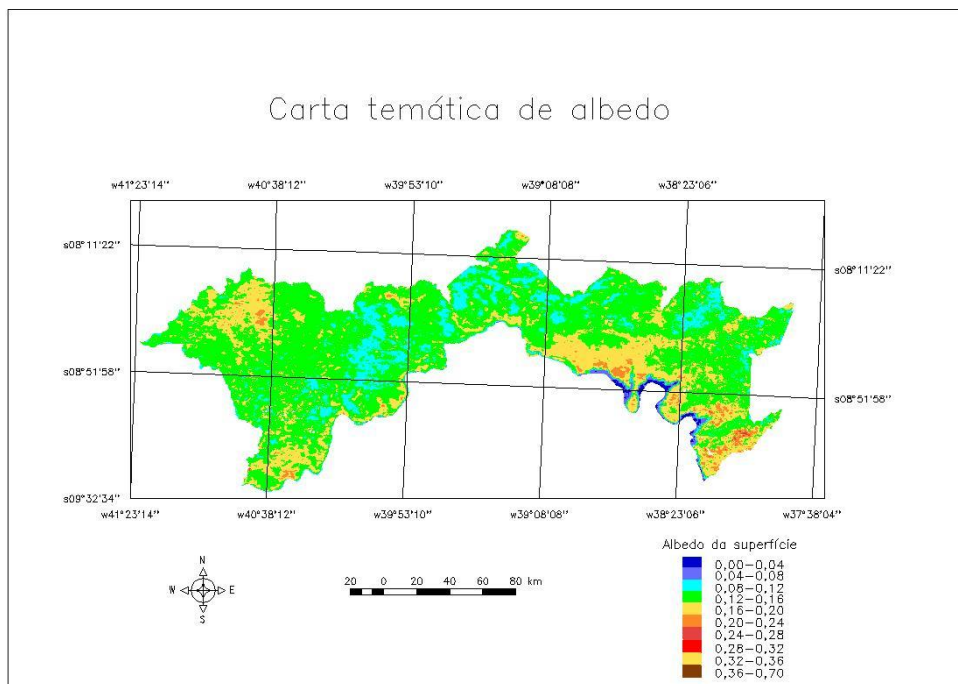


FIGURA 2. Carta temática de albedo da superfície referente à Janeiro de 2015.

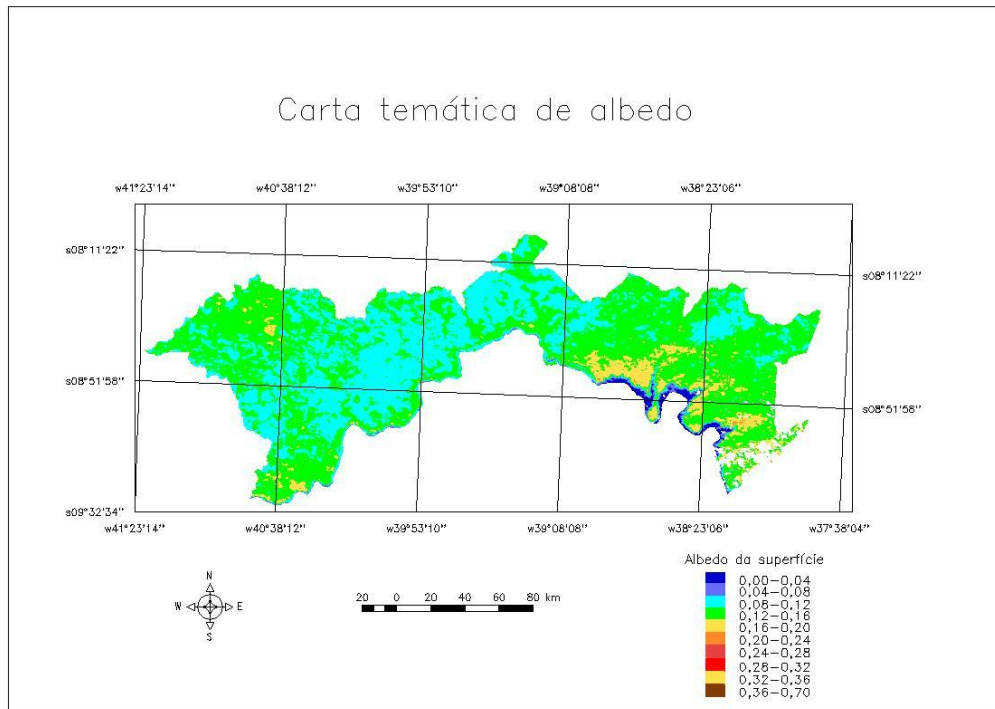


FIGURA 3. Carta temática de albedo da superfície referente à Julho de 2006.

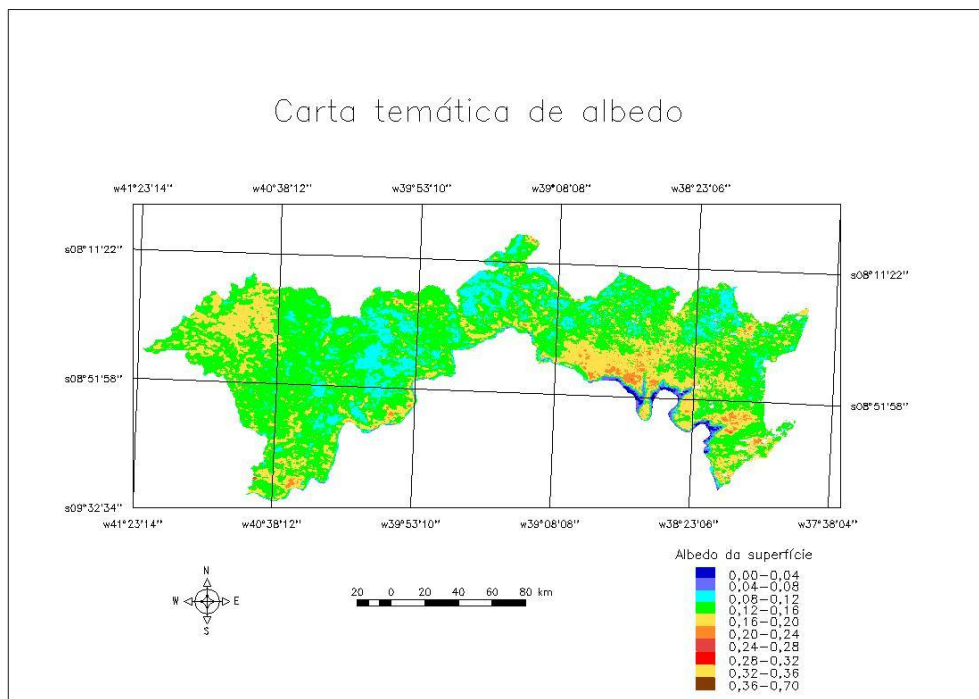


FIGURA 4. Carta temática de albedo da superfície referente à Julho de 2015.

NDVI

Nas imagens de NDVI (Figuras 5, 6, 7 e 8) observam-se áreas com índices baixos, decorrentes de presença de água, índices medianos em áreas de solo exposto e pouca vegetação e as áreas onde o índice se aproxima do valor máximo são onde há maior presença de vegetação. Em janeiro/2006 (Figura 5) foi possível notar presença de vegetação devido principalmente ser um mês dentro do período chuvoso da região com um bom índice pluviométrico. Em janeiro/2015 (Figura 6) percebe-se que houve um aumento na vegetação em relação ao mesmo mês de 2006, devido à precipitação inicial desse ano que foi superior, melhorando a resposta no crescimento (desenvolvimento) da vegetação da Caatinga. No mês de julho/2006 (Figura 7) ocorreu uma diminuição das áreas verdes, e em julho/2015 (Figura 8), as áreas classificadas como vegetação moderadamente baixa aumentou devido à seca que assola a região desde 2011, havendo uma redução da atividade fotossintética quando comparada com janeiro do mesmo ano.

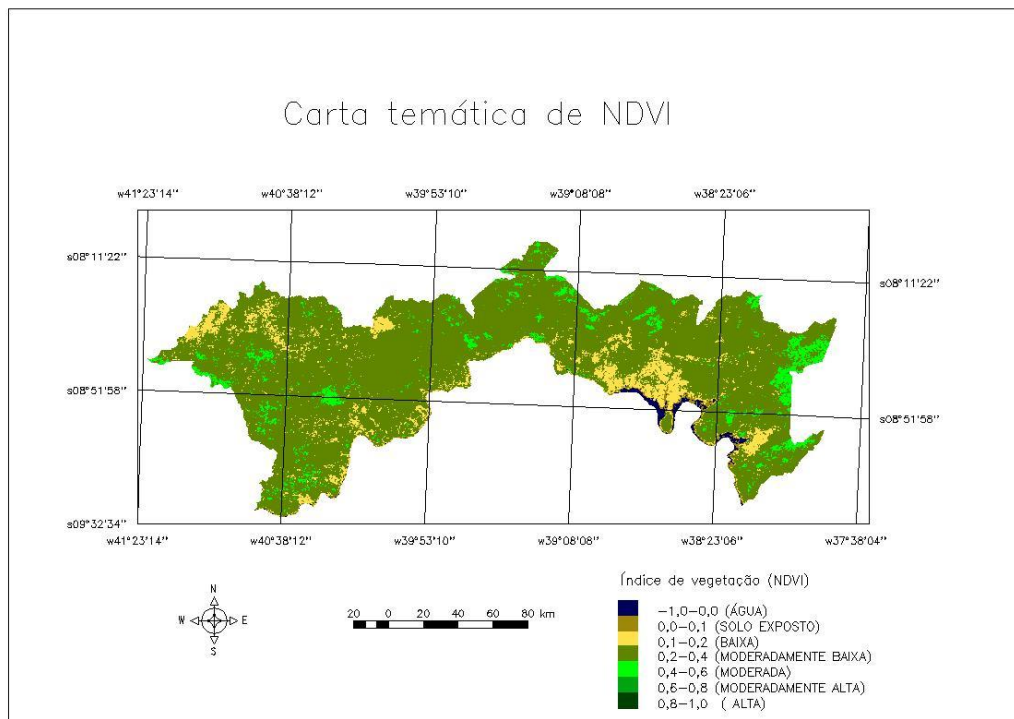


FIGURA 5. Carta temática de NDVI referente à Janeiro de 2006.

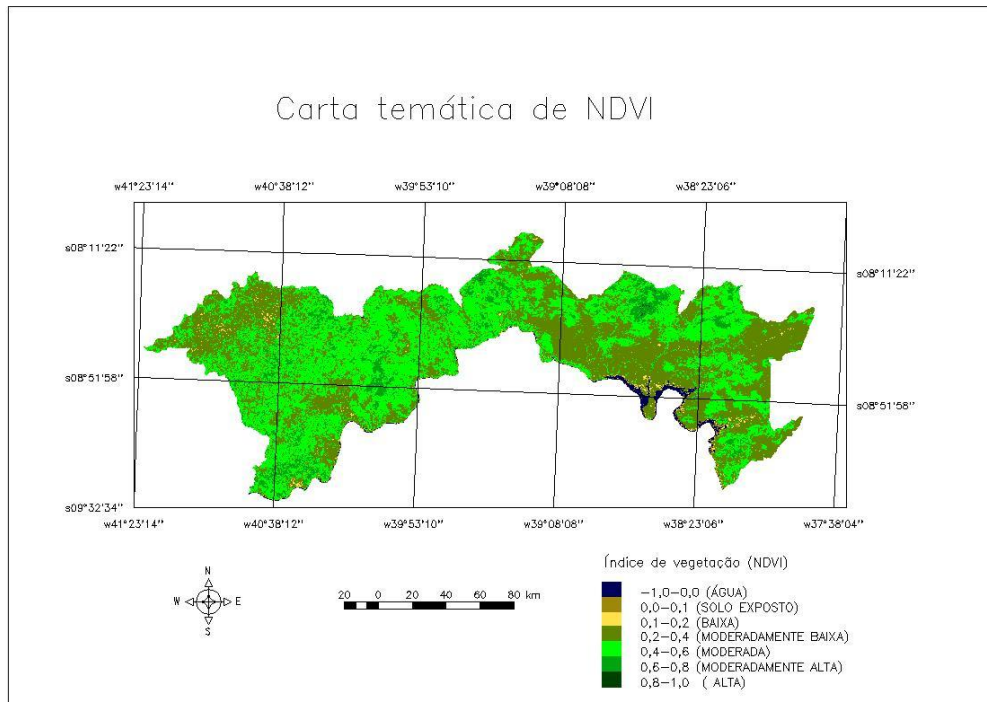


FIGURA 6. Carta temática de NDVI da mesorregião do São Francisco pernambucano referente à Janeiro de 2015.

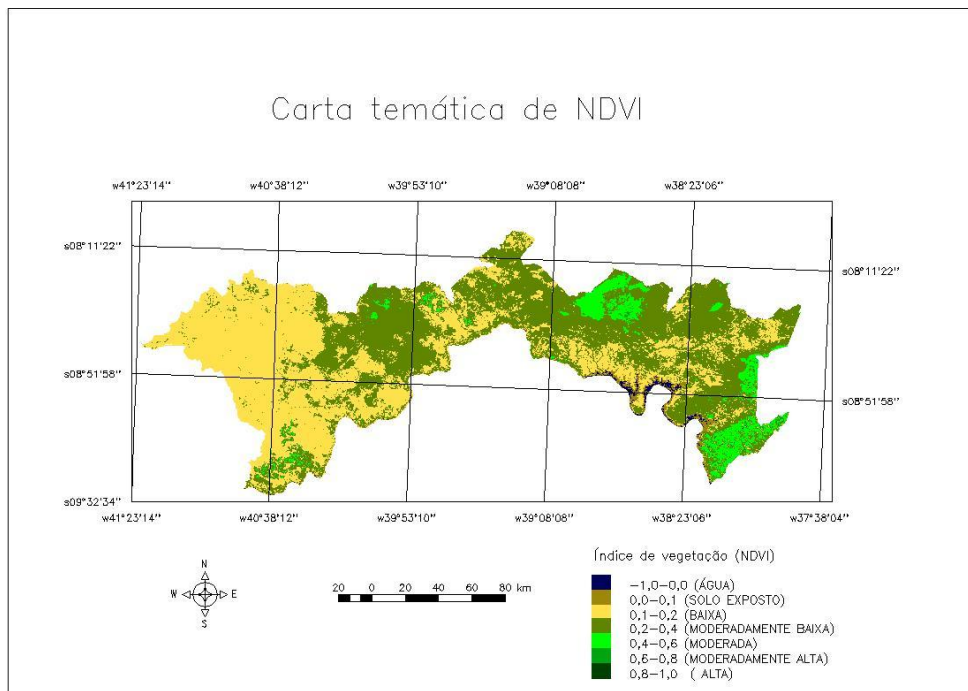


FIGURA 7. CARTA temática de NDVI da mesorregião do São Francisco pernambucano referente à Julho de 2006.

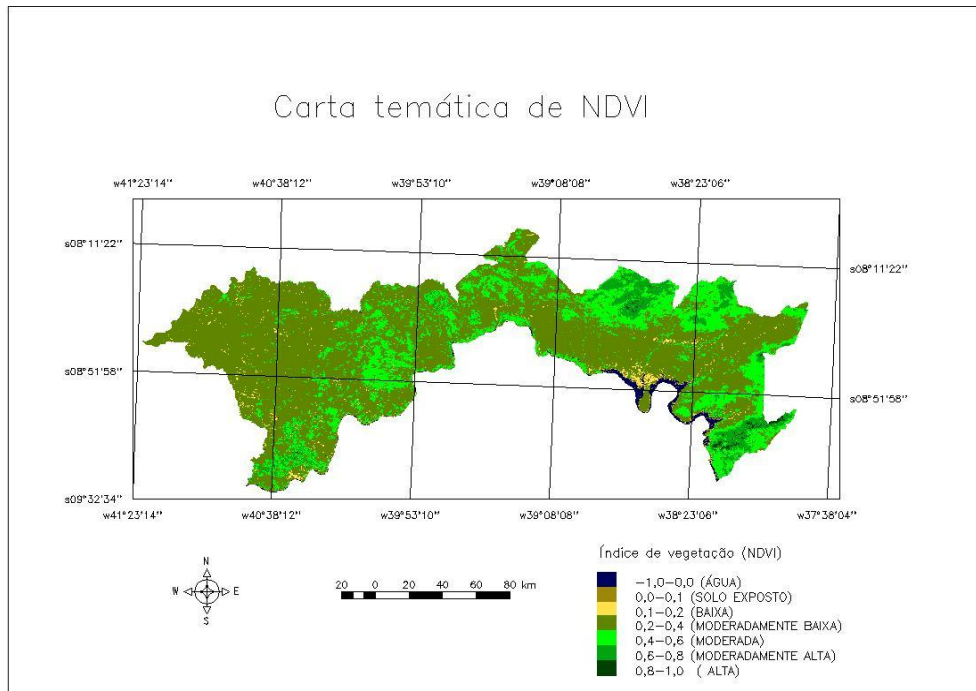


FIGURA 8. Carta temática de NDVI da mesorregião do São Francisco pernambucano referente à Julho de 2015.

Imagens de precipitação do satélite TRMM

Nas imagens de precipitação mensal estimada do TRMM (Figuras 9, 10, 11 e 12) podem ser observado a distribuição espacial da precipitação mensal que variou bastante nos meses e anos estudados na mesorregião do São Francisco, onde janeiro de 2006 (Figura 9) e de 2015 (Figura 10) foram meses opostos em relação aos índices de precipitação, pois enquanto em 2006 quase não choveu em toda mesorregião chegando ao acumulado em algumas áreas de no máximo 4,0 mm, em janeiro de 2015 foi bastante superior chegando a precipitação acumulada em torno 50 mm. Os meses de julho de 2006 (Figura 11) e 2015 (Figura 12) também apresentaram uma diferença considerável de precipitação, pois em 2006 choveu em média um acumulado de 8 a 15 mm na Mesorregião, enquanto que em 2015 mais uma vez foi superior, chovendo por volta dos 50 mm. Porém, é importante lembrar que esses dados de precipitação foram estimados pelo TRMM que apresentam uma resolução espacial de 25km, que não é tão preciso, podendo subestimar ou superestimar os valores. As diferenças na quantidade de chuva em (mm) ocorridas nos diferentes anos de estudo, interferem diretamente na vegetação da Caatinga, onde em anos mais chuvosos há uma maior resposta da vegetação quando comparados a anos de secas, tais mudanças puderam ser observadas nas Figuras de NDVI.

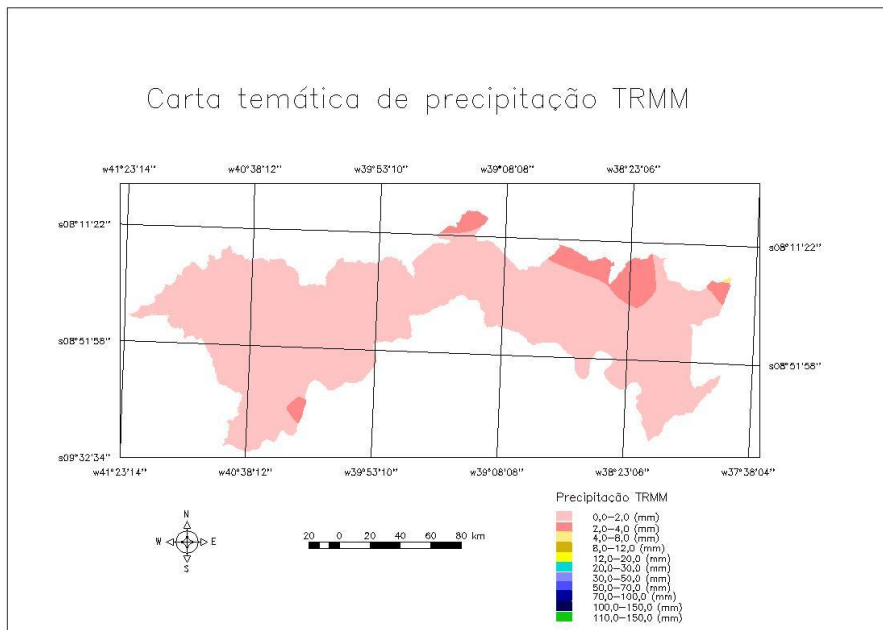


FIGURA 9. Carta temática de precipitação estimada do satélite TRMM referente à Janeiro de 2006.

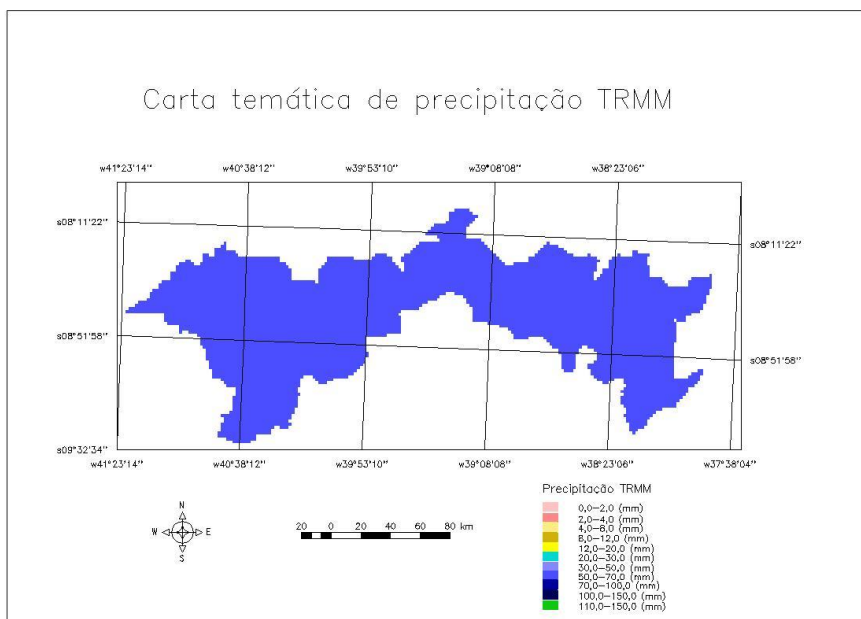


FIGURA 10. Carta temática de precipitação estimada do satélite TRMM referente à Janeiro de 2015.

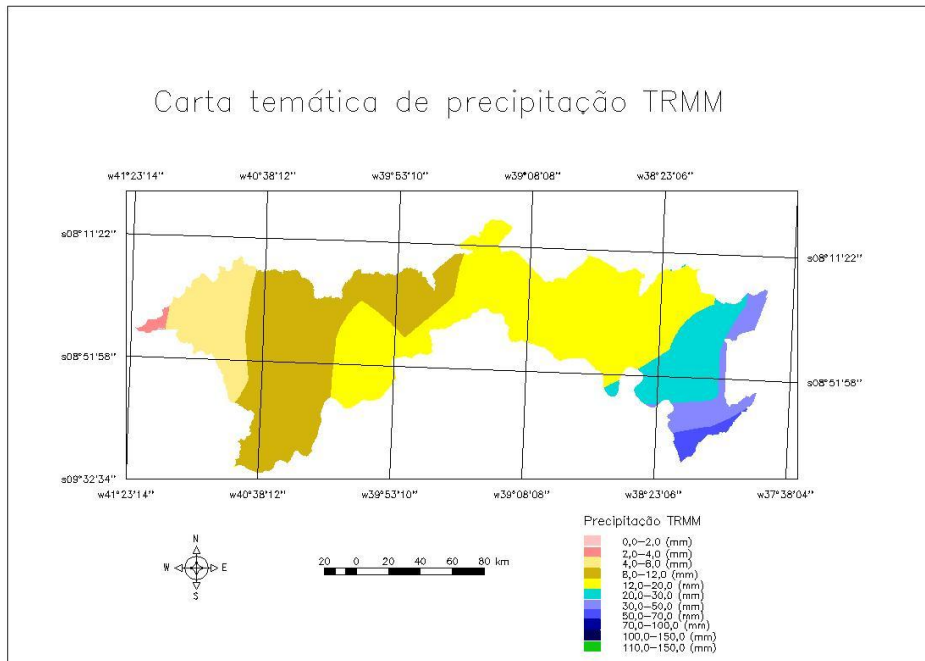


FIGURA 11. Carta temática de precipitação estimada do satélite TRMM referente à Julho de 2006.

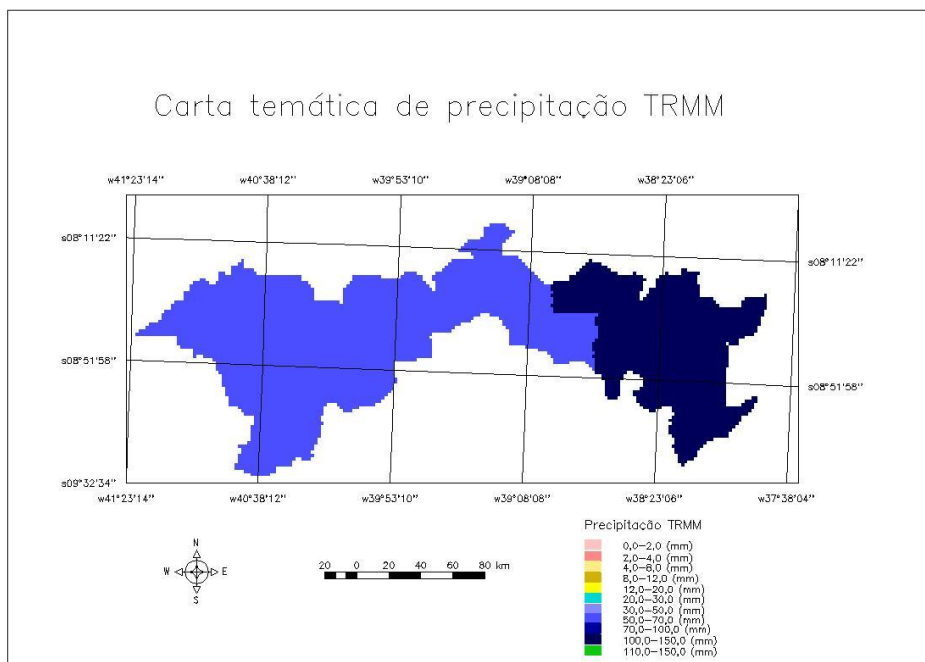


FIGURA 12. Carta temática de precipitação estimada do satélite TRMM referente à Janeiro de 2015.

CONCLUSÕES

As imagens do sensor MODIS podem ser utilizadas para avaliar as mudanças que ocorrem na superfície terrestre, em uma grande área, e obter resultados significativos quanto ao que está ocorrendo na mesorregião do São Francisco

Pernambucano, em relação à cobertura vegetal presente, distribuição da precipitação e outros fatores.

A utilização de parâmetros biofísicos tem grande importância, podendo identificar possíveis processos de desertificação que estejam ocorrendo, para auxiliar métodos de como combater, amenizar ou prevenir a degradação do solo, escassez dos recursos naturais e da cobertura vegetal, tornando a área muitas vezes impróprias para o cultivo.

O albedo e o NDVI podem ser utilizados para definir qual a melhor forma de uso e ocupação do solo. No entanto, recomendam-se medidas de campo para validação do albedo da superfície.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B. DA; BEZERRA, B. B. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.709-717, 2011.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **PAN Brasil. Programa Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.

CUNHA, A. P. M do A.; CANAVESI, V.; VIEIRA, R. M. da S. P.; ALVALÁ, R. C. dos S.; Validação do albedo da superfície terrestre obtido a partir de imagens do sensor modis em área de caatinga. **Revista de Geografia, Recife**, V. 27, P. 5, 2010.

DUGAY, C.R.; LEDREW, E.F. Estimating surface reflectance and albedo from Landsat-5 Thematic Mapper over rugged terrain. **Photogrametric Engineering & Remote Sensing**, v. 58, n. 5, p. 551-558, 1992.

LP DAAC, Land Processes Distributed Active Archive Center, Disponível em: <<http://lpdaac.usgs.gov>>. Acesso em: 10 de Set. 2015

SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, S. B.; SAMPAIO, G. R.; **Desertificação no Brasil: Conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**, P. 11, 2003.

SILVA, B. B. DA; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. de. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, p.201211, 2005.

WANG, S.; GRANT, R. F.; VERSEGHY, D. L.; BLACK, T. A. Modelling plant carbon and nitrogen dynamics of a boreal aspen forest in CLASS - the Canadian Land Surface Scheme. **Ecology Modelling**, v.142, p.135-154, 2001.

Wikipédia, a enciclopédia livre, Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Mesorregi%C3%A3o_do_S%C3%A3o_Francisco_Pernambucano>. Acesso em: 21 de Abril de 2017.

SEVERIDADE DA SECA EM LOCALIDADES DO BIOMA CERRADO BASEADO NO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADA

Evaldo de Paiva Lima¹, Givanildo de Gois²

¹ Pesquisador, EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ, evaldo.lima@embrapa.br;

² Professor, Faculdade de Tecnologia de Alagoas, Maceió, AL, givanildogois@gmail.com

RESUMO: As secas podem ser diagnosticadas, com base em uma série histórica de dados meteorológicos, por meio de índices quantificadores de secas e análises estatísticas. Esses índices diagnosticam, a partir de equações empíricas, os períodos de seca ou umidade em uma área pontual ou regional. A utilização de índices para quantificar a seca se faz necessária para determinar a intensidade, a duração e a frequência em que essa anomalia ocorre. Dessa forma, esse trabalho teve o objetivo de determinar o Índice de Precipitação Padronizada (SPI) nos municípios de Chapada Gaúcha - MG, Pedro Afonso - TO e São Vicente - MT, todos localizados em área de Cerrado. Foram utilizados dados de precipitação de séries de tamanhos distintos, variando de 17 a 33 anos. Observou-se que a frequência dos eventos ocorridos nas escalas de tempo de três, seis, nove e doze meses foi maior na classe próxima ao normal, principalmente em Pedro Afonso. Pode-se afirmar que, o índice SPI foi capaz de identificar os períodos secos, normais e úmidos para as condições climáticas dos três municípios estudados.

PALAVRAS-CHAVE: série temporal, precipitação, índice de seca, SPI.

DRY SEVERITY IN SAVANNAH BIOMA LOCATIONS BASED ON STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX

ABSTRACT: As droughts can be diagnosed, based on a historical series of meteorological data, through quantification indexes of droughts and statistical analyzes. These diagnostic indices, from empirical equations, periods of drought or humidity in a specific or regional area. Using of indices to quantify drought to determine the intensity, duration and frequency at which the anomaly occurs is necessary. This work had the objective of determining the Standardized Precipitation Index (SPI) in the counties of Chapada Gaúcha - MG, Pedro Afonso - TO and São Vicente - MT, all located in the Savannah area. Precipitation data had different time series, ranging from 17 to 33 years. We observed that the frequency of events occurred in the scales of three, six, nine and twelve months was higher in the class near the normal, mainly in Pedro Afonso. We conclude, that the SPI index was able to identify the dry, normal and humid periods for the climatic conditions of the three counties studied.

KEY-WORDS: time series, precipitation, drought index, SPI.

INTRODUÇÃO

O déficit de precipitação possui diferentes impactos na água subterrânea, no armazenamento de um reservatório, na umidade do solo e nos escoamentos dos rios. Isso fez com que Mckee, Doesken e Kleist (1993) desenvolvessem o Índice de Precipitação Padronizado (*Standardized Precipitation Index*). Esse índice quantifica o déficit de precipitação para múltiplas escalas de tempo que refletem o impacto da seca

na disponibilidade de fontes de água. As condições de umidade de solo respondem às anomalias de precipitação em uma escala de tempo relativamente curta. O armazenamento de água subterrânea, dos fluxos de rios e do reservatório refletem as anomalias de precipitação em longo prazo. Por isso, Mckee, Doesken e Kleist (1993) originalmente calcularam o índice em escalas de tempo de três até quarenta e oito meses.

O cálculo do índice SPI para qualquer local é baseado no registro de precipitação de longo prazo ajustado a uma distribuição de probabilidade. Essa distribuição é então transformada em uma distribuição normal, de modo que o SPI médio para uma dada localidade e período desejados seja zero (EDWARDS; MCKEE, 1997). Os valores positivos de SPI indicam a precipitação maior do que a mediana ou média e, da mesma forma, os valores negativos indicam precipitações menores do que a média. Devido ao fato do SPI ser normalizado, climas mais secos ou úmidos podem ser representados do mesmo modo, podendo ser monitorados utilizando o SPI. Dessa forma, esse trabalho teve o objetivo de determinar o Índice de Precipitação Padronizada para alguns municípios sob o domínio do bioma Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

No estudo foi realizado o cálculo do Índice de Precipitação Padronizada (SPI), conforme metodologia proposta por Mckee, Doesken e Kleist (1993, 1995), para os municípios de Chapada Gaúcha - MG, Pedro Afonso - TO e São Vicente - MT. Foram utilizados dados de precipitação de séries de 26, 33 e 17 anos, respectivamente. Normalmente, para o cálculo do SPI, se utiliza séries de precipitação de 30 anos, porém para ter uma melhor representatividade do bioma Cerrados inclui-se as estações de Chapada Gaúcha e São Vicente. A classificação do SPI é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos períodos secos e úmidos do Índice de Precipitação Padronizada (SPI), segundo Mckee, Doesken e Kleist (1993, 1995).

Escala do SPI	Categoria
≥ 2	Extremamente úmido
1,50 a 1,99	Muito úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
0,99 a -0,99	Próximo ao normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muito seco
$\leq -2,00$	Extremamente seco

O Índice de Precipitação Padronizada foi determinado nas escalas de tempo de três (SPI-3), seis (SPI-6), nove (SPI-9) e doze (SPI-12) meses. O SPI-3 representou os trimestres de janeiro a março, abril a junho, julho a setembro e, outubro a dezembro. O SPI-6 representou os semestres de janeiro a junho e, julho a dezembro. No caso do SPI-9, os meses relacionados foram de janeiro a setembro, e do SPI-12 foram relacionados os meses de janeiro a dezembro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 apresentam-se as frequências de eventos de seca nas escalas temporais de 3, 6, 9 e 12 meses do SPI, para as localidades de Chapada Gaúcha - MG, Pedro Afonso - TO e São Vicente - MT. Verificou-se que, os maiores percentuais e frequências foram registradas na classe “Próximo ao normal” (225 e 88,24%) no município de Pedro Afonso - TO, seguidos dos municípios de São Vicente - MT e

Chapada Gaúcha - MG, com as respectivas frequências de 113 e 130, que correspondem aos percentuais de 94,17 e 62,5%, respectivamente, das ocorrências.

Tabela 2. Frequência dos eventos ocorridos em cada uma das classes e nas escalas de tempo do SPI-3, SPI-6, SPI-9 e SPI-12 para os municípios de Chapada Gaúcha - MG, Pedro Afonso - TO e São Vicente - MT.

SPI	SPI-3 Jan-Mar	SPI-3 Abr-Jun	SPI-3 Jul-Set	SPI-3 Out-Dez	SPI-6 Jan-Jun	SPI-6 Jul-Dez	SPI-9 Jan-Set	SPI-12 Jan-Dez	Freq.	Freq. Acumulada (%)
Chapada Gaúcha - MG										
≥ 2	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0,96
1,50 a 1,99	2	1	0	1	1	1	1	1	8	3,85
1,00 a 1,49	4	1	4	2	5	2	6	2	26	12,50
0,99 a -0,99	15	19	11	18	15	19	15	18	130	62,50
-1,00 a -1,49	4	2	0	3	4	2	3	2	20	9,62
-1,50 a -1,99	1	1	0	1	1	1	0	1	6	2,88
≤ -2,00	0	1	10	1	0	1	1	2	16	7,69
Total	26	26	26	26	26	26	26	26	208	
Pedro Afonso - TO										
≥ 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
1,50 a 1,99	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,78
1,00 a 1,49	1	4	5	2	0	2	0	0	14	5,49
0,99 a -0,99	30	22	22	29	31	29	31	31	225	88,24
-1,00 a -1,49	1	2	3	0	1	0	0	0	7	2,75
-1,50 a -1,99	0	1	1	1	0	1	0	0	4	1,57
≤ -2,00	0	2	1	0	0	0	0	0	3	1,18
Total	32	33	32	32	32	32	31	31	255	
São Vicente - MT										
≥ 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
1,50 a 1,99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
1,00 a 1,49	0	1	3	0	0	0	0	0	4	3,33
0,99 a -0,99	16	15	10	14	16	14	15	13	113	94,17
-1,00 a -1,49	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,83
-1,50 a -1,99	0	0	2	0	0	0	0	0	2	1,67
≤ -2,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Total	16	16	16	14	16	14	15	13	120	

Entretanto, frequências de eventos “Extremamente úmido” não foram registradas nos municípios de Pedro Afonso - TO e São Vicente - MT, e eventos “Muito úmido” não foram registrados no município de São Vicente - MT. Enquanto, o município de Chapada Gaúcha - MG registrou dois eventos “Extremamente úmido” SPI-3 meses, que corresponde ao percentual de 0,96% da frequência total na região.

Eventos classificados como “Muito úmido” (8 e 2) e “Moderadamente úmido” (26 e 14) foram observados em Chapada Gaúcha - MG e Pedro Afonso - TO, correspondem aos respectivos, percentuais de 3,85 e 0,78% e, a 12,5 e 5,49%.

A frequência do evento “Extremamente seco” (16 e 3) foi registrado em Chapada Gaúcha - MG e Pedro Afonso - TO, que correspondem aos respectivos percentuais de 7,69 e 1,18%. Porém, em São Vicente - MT não foram registradas nenhuma frequência de eventos extremamente seco entre as regiões estudadas. Frequências de eventos “Moderadamente seco” e “Muito seco” foram registrados nos três municípios, que totalizam 28 e 12 eventos com os respectivos percentuais de 9,62; 2,75 e 0,83%; e 2,88; 1,57 e 1,67%.

Na Tabela 3 observam-se os percentuais das frequências dos eventos nas escalas citadas anteriormente. As maiores frequências de seca para o município de Chapada Gaúcha - MG encontram-se nas categorias “Próximo ao normal” (130 eventos) e “Moderadamente úmido” (26 eventos), correspondente aos percentuais 14,62, 13,85 e 11,54% (Próximo ao normal), e 15,38; 7,69; e 23,08% (Moderadamente úmido) para os SPI-3, SPI-6, SPI-9 e SPI-12 meses. Ainda se tratando de Chapada Gaúcha, as frequências de eventos “Moderadamente seco” (20 episódios), “Muito seco” (6 eventos) e “Extremamente seco” (16 eventos) foram registrados, na região, com os respectivos

percentuais de 10,00; 20,00; e 15,00% (Moderadamente seco), 16,67 e 0,00% (Muito seco), seguidos de 6,25 e 62,50% de secas extremas.

Verifica-se na Tabela 2, a maior frequência de eventos de seca extrema (10 episódios) registradas pelo SPI-3 (Jul-Set), que corresponde ao percentual de 62,50% das ocorrências no município de Chapada Gaúcha - MG, seguidos de 4 eventos de seca moderada (Moderadamente seco) identificadas pelos SPI-3 (Jan-Mar) e SPI-6 (Jan-Jun), com os respectivos, percentuais de 20,00% para cada período (Tabela 3).

Tabela 3. Percentual da frequência de eventos de seca para os municípios de Chapada Gaúcha - MG, Pedro Afonso - TO e São Vicente - MT.

SPI	SPI-3(%) Jan-Mar	SPI-3(%) Abr-Jun	SPI-3(%) Jul-Set	SPI-3(%) Out-Dez	SPI-6(%) Jan-Jun	SPI-6(%) Jul-Dez	SPI-9(%) Jan-Set	SPI-12(%) Jan-Dez	Total (%)
Chapada Gaúcha - MG									
≥ 2	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1,50 a 1,99	25,00	12,50	0,00	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	100,00
1,00 a 1,49	15,38	3,85	15,38	7,69	19,23	7,69	23,08	7,69	100,00
0,99 a -0,99	11,54	14,62	8,46	13,85	11,54	14,62	11,54	13,85	100,00
-1,00 a -1,49	20,00	10,00	0,00	15,00	20,00	10,00	15,00	10,00	100,00
-1,50 a -1,99	16,67	16,67	0,00	16,67	16,67	16,67	0,00	16,67	100,00
≤ -2,00	0,00	6,25	62,50	6,25	0,00	6,25	6,25	12,50	100,00
Pedro Afonso - TO									
≥ 2	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1,50 a 1,99	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1,00 a 1,49	7,14	28,57	35,71	14,29	0,00	14,29	0,00	0,00	100,00
0,99 a -0,99	13,33	9,78	9,78	12,89	13,78	12,89	13,78	13,78	100,00
-1,00 a -1,49	14,29	28,57	42,86	0,00	14,29	0,00	0,00	0,00	100,00
-1,50 a -1,99	0,00	25,00	25,00	25,00	0,00	25,00	0,00	0,00	100,00
≤ -2,00	0,00	66,67	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
São Vicente - MT									
≥ 2	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1,50 a 1,99	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1,00 a 1,49	0,00	25,00	75,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
0,99 a -0,99	14,16	13,27	8,85	12,39	14,16	12,39	13,27	11,50	100,00
-1,00 a -1,49	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
-1,50 a -1,99	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
≤ -2,00	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os resultados encontrados por Gois et al. (2013), em estudo realizado para as microrregiões do Estado do Tocantins, nas frequências médias absolutas dos eventos de severidade de seca nas categorias extremamente seco, muito seco e moderadamente seco. Em que, as microrregiões Bico do Papagaio, Araguaína, Rio Formoso, Dianópolis, Gurupi e Porto Nacional revelaram um aumento nas ocorrências de eventos extremamente seco com percentuais de 2,7%; 5,4%; e 8,1%. Enquanto a microrregião de Rio Formoso, por sua vez, foi a que apresentou o maior percentual (21,6%) dos eventos extremamente seco. Observou-se que as frequências médias absolutas dos eventos de severidade de seca para categoria muito seco para as microrregiões do Bico do Papagaio, Araguaína, Dianópolis e Gurupi tiveram percentuais que variaram entre 2,7%; a 8,1%. As maiores frequências médias absolutas para os episódios moderadamente seco, na escala anual do SPI, ocorreram nas microrregiões Bico do Papagaio, Araguaína, Jalapão, seguidas pelas microrregiões de Dianópolis, Gurupi, Porto Nacional e Rio Formoso, que correspondem aos respectivos percentuais de 8,1%; 10,8%; 13,5% e 16,2% dos eventos.

CONCLUSÕES

Os índices SPI obtidos no estudo mostraram eventos de seca de quaisquer intensidades, com destaque para SPI-3 (Jul-Set) que apresenta uma maior influência nas atividades desenvolvidas nas regiões de estudo.

As maiores frequências encontram-se nas categorias moderada, muito seco e próximo da normal para o SPI-3, SPI-6, SPI-9 e SPI-12 meses, respectivamente. Dessa forma, o SPI é uma ferramenta útil no monitoramento da seca para os municípios estudados, pois auxilia gestores e tomadores de decisões quanto à ocorrência de seca permitindo assim ações de mitigação.

REFERÊNCIAS

EDWARDS, D. C.; MCKEE, T. B. **Characteristics of twentieth century drought in the United States at multiple time scales**. Fort Collins: Colorado State University, 1997. (Climatology Report, n. 97-2).

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: VIII CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8, 1993, Anaheim. **Anais...** Anaheim: American Meteorological Society, 1993. p. 179-184.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. Drought monitoring with multiple time scales. In: IX CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 9, 1995, Dallas. **Anais...** Dallas: American Meteorological Society, 1995. p. 233-236.

GOIS, G. de et al. Severidade da Seca no Estado do Tocantins e suas relações com os eventos de El Niño. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1973-1989, 2013.

ANÁLISE DOS CENÁRIOS DE ARIDEZ NA MICRORREGIÃO DO ARARIPE PERNAMABUCANO

Any Graziella de Sena¹, Pedro dos Santos Ferreira², Valéria Sandra de Oliveira Costa³, Josiclêda Domiciano Galvêncio⁴, Maria do Socorro Bezerra de Araújo⁵

¹Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife/PE, any.sena.geo@hotmail.com; ²Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, pedro_spe@hotmail.com; ³Professora, CAPES/PNPD-Prodema, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, costavso@yahoo.com.br; ⁴Professora do Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, josicleda@gmail.com; ⁵Professora do Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, socorro@ufpe.br

RESUMO: No Brasil, uma das regiões mais vulneráveis ao processo de desertificação é o Nordeste, muito em função de suas características físicas e estrutura socioeconômica. No Semiárido, modelos aplicados, indicam tendência de mudanças climáticas, destacando maior grau de suscetibilidade à desertificação. Deste modo, a ampliação destas áreas em função de um aquecimento adicional e redução das chuvas tende a potencializar o problema. O presente estudo utiliza para investigação da desertificação o indicador Índice de Aridez (IA), com o objetivo de analisar as áreas climaticamente suscetíveis à desertificação na microrregião de Araripina, frente a dois cenários hipotéticos de mudanças climáticas. As áreas ao Norte da microrregião indicam maior grau de suscetibilidade a desertificação. As respostas aos cenários futuros são preocupantes, quando as áreas mais suscetíveis à desertificação podem se tornar ainda mais extensas até o final do presente século.

PALAVRAS-CHAVE: Suscetibilidade; Mudanças climáticas; Semiárido.

ANALYSIS OF THE SCENARIO OF ARIDITY IN THE MICRORREGIÃO DO ARARIPE PERNAMABUCANO

ABSTRACT: In Brazil, one of the regions most vulnerable to the desertification process is the Northeast, because of its physical characteristics and socioeconomic structure. In the semi-arid, applied models indicate a trend of climate change, highlighting the high degree of susceptibility to desertification. In this way, the expansion of these areas due to additional heating and reduction of rainfall tends to increase the problem. The present study uses the Aridity Index (IA) indicator for desertification research, with the objective of analyzing the areas climatically susceptible to desertification in the Araripina microregion, in the face of two hypothetical climate change scenarios. The areas in the north of the micro-region indicate a high degree of susceptibility to desertification. Future scenarios are worrying when the areas most susceptible to desertification may become greater by the end of this century.

KEYWORDS: Susceptibility; Climate changes; Semi-arid

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas antropogênicas figuram como um dos maiores desafios na esfera ambiental para o presente século. Segundo relatórios publicados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2013), o planeta vem apresentando um aquecimento geral, verificado desde a segunda metade do século XX.

No Brasil, uma das regiões mais vulneráveis é o Nordeste, muito em função de suas características físicas e estrutura socioeconômica. No Semiárido, modelos aplicados por Marengo (2006) indicam tendência de aquecimento geral e provável redução das chuvas, assim como o encurtamento da estação chuvosa e prolongamento de período seco. Espera-se que este quadro possa agravar uma série de problemas ambientais na região, entre os quais, a escassez hídrica e os processos de desertificação. Vale ressaltar que as áreas semiáridas são climaticamente suscetíveis à desertificação.

Um dos indicadores utilizados para investigação da desertificação é o Índice de Aridez (IA) que geralmente, é calculado por meio da estimativa da evapotranspiração potencial média anual e precipitação média acumulada anual. Geralmente, para fins de classificação climática, utiliza-se o balanço hídrico de Thornthwaite (1948). Para o Semiárido pernambucano, podem-se destacar alguns estudos de notoriedade empregando esta metodologia. Ferreira et al. (2014) e Santos e Galvíncio (2013) investigaram a relação mudanças climáticas e desertificação, os autores projetaram o IA e criaram cenários futuros para análise.

O Semiárido pernambucano conta com diversas atividades econômicas, entre as quais a agricultura irrigada se destaca. Assim entende-se que o manejo inadequado das terras venha a desencadear e intensificar processos de desertificação, a exemplo do que ocorre no núcleo de desertificação de Cabrobó. Deste modo, espera-se que as mudanças climáticas agravem ainda mais o problema, que ainda é mal compreendido em função da escassez de informações. Diante do quadro apresentado, este estudo tem como objetivo principal analisar as áreas climaticamente suscetíveis à desertificação na microrregião de Araripina, frente aos cenários hipotéticos de mudanças climáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A Microrregião de Araripina está localizada no extremo oeste de Pernambuco e é composta por dez municípios, entre eles Araripina, Bodocó, Exu, Granito, Ipojuca, Moreilândia, Ouricuri, Santa Cruz, Santa Filomena e Trindade. De modo geral, possuem suas bases econômicas atreladas ao setor agropastoril e à extração de gesso e argila, atividade que contribui substancialmente para a economia local, através do comércio estabelecido com países como Canadá, EUA, México, Chile, entre outros.

Inserida na Chapada do Araripe e na unidade geoambiental da depressão sertaneja (PENTEADO, 1980), a microrregião estende-se ao território do Ceará e Piauí, sediando a Área de Proteção Ambiental do Araripe. Com clima tropical semiárido, segundo classificação de Koppen (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007) é banhada pela bacia do rio Brigida. Sua pedologia é formada basicamente por Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos. E cobertura vegetal composta por Caatinga hipoxerófila, hiperxerófila e áreas com Floresta Caducifólia na zona de transição.

Procedimentos metodológicos

Foram utilizados dados climáticos correspondentes ao período de 1911 a 1990. Foram gerados balanços hídricos climatológicos, propostos por Thornthwaite e Mather (1955). A partir dos balanços, calculou-se a evapotranspiração potencial para cada posto observado. A partir dos dados de precipitação e de evapotranspiração potencial foi calculado o Índice de Aridez (IA) para o cenário atual, conforme descrito na Equação 1.

$$IA = P/EVp \quad (1)$$

Onde, IA corresponde ao índice de aridez, o P à precipitação anual acumulada e EVp refere-se à evapotranspiração potencial.

Os cenários foram gerados baseados no modelo climático PRECIS. Foram estimadas projeções para os anos de 2050 e 2100. Foi utilizado o método de krigagem para realizar a espacialização dos resultados, interpolando-se dados de IA. O método da krigagem foi o que melhor respondeu quando foi utilizado o *software* ArcGis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição espacial do Índice de Aridez (IA) na microrregião que apresentou duas tipologias climáticas, clima subúmido seco e semiárido (Figura 1). Isto se deve principalmente à presença da unidade geoambiental Chapada do Araripe, ao norte da região, que influencia a precipitação pluviométrica e a temperatura média do ar. Este fato transforma a faixa setentrional numa área de exceção, quando se considera a extensão do semiárido nordestino.

Foi observado no cenário atual que a área classificada como subúmida seca ocupa cerca de 45% da área de estudo. No cenário para o ano de 2050 foi verificada uma pequena alteração correspondente ao clima subúmido seco, apresentando maiores reduções a leste e oeste. Para este cenário, as estimativas revelam que há um incremento médio de 1 °C na temperatura e uma redução, em média, de 10% na precipitação.

Para o cenário referente ao ano de 2100 (Figura 1C), foi observado uma drástica redução da área correspondente ao clima subúmido seco e ampliação da zona semiárida. Estas alterações correspondem a um incremento médio de 2 °C e redução de cerca de 15% da precipitação anual. Neste cenário, o clima semiárido predomina, com área de aproximadamente 80% da superfície total da microrregião de Araripina. Resultados semelhantes foram encontrados por SANTOS (2013).

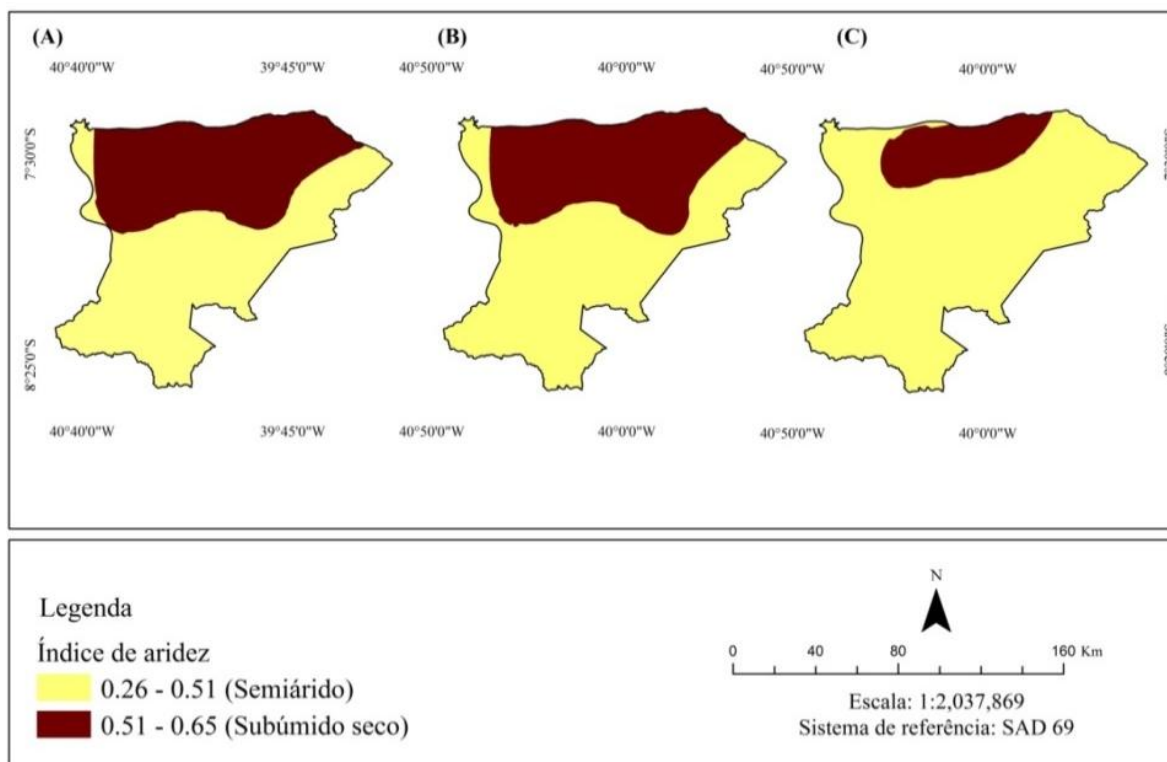


Figura 1. Cenários climáticos com base nos dados do IPCC para a microrregião de Araripina-PE. Fonte: elaborado pela autora.

A espacialização do IA expôs as áreas climaticamente suscetíveis à desertificação e que praticamente dominam a região, indicando a existência de graves riscos aos sistemas naturais e socioeconômicos, sobretudo pela velocidade das mudanças projetadas pelo modelo. A agricultura de sequeiro, por exemplo, é uma das atividades que depende das condições climáticas, assim, com o aumento das áreas de maior grau de suscetibilidade a desertificação, esta atividade pode ser impactada localmente, agravando as condições socioeconômicas das comunidades que vivem nesta região. .

CONCLUSÕES

O cenário climático da região e das áreas climaticamente suscetíveis à desertificação foi bem representado pela metodologia adotada, visto que a distribuição das zonas climáticas, semiárido e subúmido seco, estão alocadas nas unidades geoambientais da Depressão Sertaneja e Chapada do Araripe, respectivamente. O padrão de resposta aos cenários futuros é extremamente preocupante, uma vez que as áreas mais suscetíveis podem se tornar mais extensas até o final do presente século. As áreas com maior grau de suscetibilidade climática a desertificação predominam no cenário considerado mais extremo, para o qual foi observado maior incremento na temperatura média do ar e maior redução na precipitação pluviométrica. Nesse sentido, é imprescindível a adoção de políticas de combate a emissão de gases do efeito estufa e políticas públicas voltadas para mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, assim como, o desenvolvimento de estudos que considerem outros indicadores de desertificação a fim de produzir análises mais completas sobre a problemática abordada.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa do primeiro autor e ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

REFERÊNCIAS

FERREIRA, P. S. et al. Análise do cenário de suscetibilidade à desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú – Estado de Pernambuco. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 10, n. 10, p. 1-11, 2014.

IPCC- Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Climate change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Stocker, T. F. et al. (Eds.). Cambridge, United Kingdom, New York: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA, 2006.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 185 p.

SANTOS, A. M. dos; GALVÍNCIO, J. D. Mudanças climáticas e cenários de susceptibilidade ambiental à desertificação em municípios do estado de Pernambuco. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, Uberlândia, v. 5, n. 13, p. 66–83, 2013.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. VIII, n. 1).

QUALIDADE DAS ÁGUAS E DESERTIFICAÇÃO EM RESERVATÓRIOS DE ÁREAS DE SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Bruna Mireli Pereira de Souza Corcino¹, Rodrigo José de Carvalho Lopes², Antonio Marcos dos Santos³

¹ Mestranda em Educação e Formação de Professores, UPE Campus Petrolina, Petrolina, Pernambuco, brunamirelisousa@gmail.com; ² Graduando em Geografia, UPE-Campus Petrolina, Petrolina, Pernambuco, rdg_jose@hotmail.com; ³ Doutor em Geografia, UPE Campus Petrolina, Petrolina, Pernambuco, geo_fisica@yahoo.com.br

RESUMO: O presente estudo tem como objetivo analisar a qualidade das águas armazenadas em barragens localizadas na estação de monitoramento ambiental da microbacia do riacho Romão, município de Afrânio (Pernambuco), e sua contribuição no processo de desertificação local. Para atingir este objetivo foram realizadas coletas de águas em 3 barragens superficiais. Após este procedimento os materiais foram enviados ao laboratório sendo submetidos à análise da Condutividade Elétrica e do Potencial de Hidrogênio (pH). Foi constatado que os reservatórios superficiais apresentam problemas elevados de salinização das águas devido a fatores naturais como rochas e solos com teores de sais, e antrópico devido ao manejo inadequado do solo e da água. Acrescenta-se, o risco que o uso destas águas pode acarretar na salinização dos solos a partir de manejos irrigados praticados na região.

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos, salinização, irrigação.

QUALITY OF WATERS AND DESERTIFICATION IN RESERVOIRS OF DROUGHT REGIONS IN THE SEMIÁRID PERNAMBUCANO

ABSTRACT: The present study aims to analyze the quality of the water stored in dams located at the environmental monitoring station of the Romão stream microbasin, Afrânio municipality (Pernambuco), and its contribution to the local desertification process. To achieve this goal, water was collected in 3 surface dams. After this procedure the materials were sent to the laboratory and submitted to the analysis of Electrical Conductivity and Hydrogen Potential (pH). It was observed that the superficial reservoirs present high salinization problems due to natural factors such as rocks and soils with salt content, and anthropic due to inadequate soil and water management. It is added the risk that the use of these waters can cause in the salinization of the soils from irrigated managements practiced in the region.

KEY-WORDS: Water resources, salinization, irrigation.

INTRODUÇÃO

Para Aquino, Oliveira e Sales (2006) e D'odorico et al. (2012), o processo de desertificação pode ser definido como a degradação das terras localizadas nas zonas de climas áridos, semiáridos e subúmido secos resultante de variações do clima e do manejo inadequado do solo, este último relacionado às ações humanas.

No Brasil o problema da desertificação avança a cada década impulsionado pela escassez hídrica, inconstância climática, desmatamento, perda dos solos por erosão, redução da biodiversidade florística e da fauna, entre outros fatores (BRASIL, 2012).

Soma-se ao problema relatado anteriormente, a salinização dos solos provenientes de práticas agrícolas inadequadas. Estudo realizado por Castro e Santos (2015) destaca que parte das terras de municípios inseridos no vale do São Francisco possui problemas de salinização, principalmente, aquelas sobre intensa atividade agrícola com foco na irrigação. Segundo o estudo, além da presença de solos com potencial natural à salinização, soma-se a má drenagem e o uso da água com presença de sais na irrigação.

Diante do apresentado surge um questionamento básico. As águas armazenadas nos reservatório superficiais do semiárido podem comprometer as práticas de irrigação e manejo dos solos locais?

A partir do questionamento anterior, o objetivo deste estudo é analisar a qualidade das águas armazenadas na estação de monitoramento ambiental da microbacia do riacho Romão, município de Afrânio (Pernambuco), e sua contribuição no processo de desertificação local.

MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia de monitoramento do riacho Romão está localizada no município de Afrânio (Pernambuco) (Figura 1).

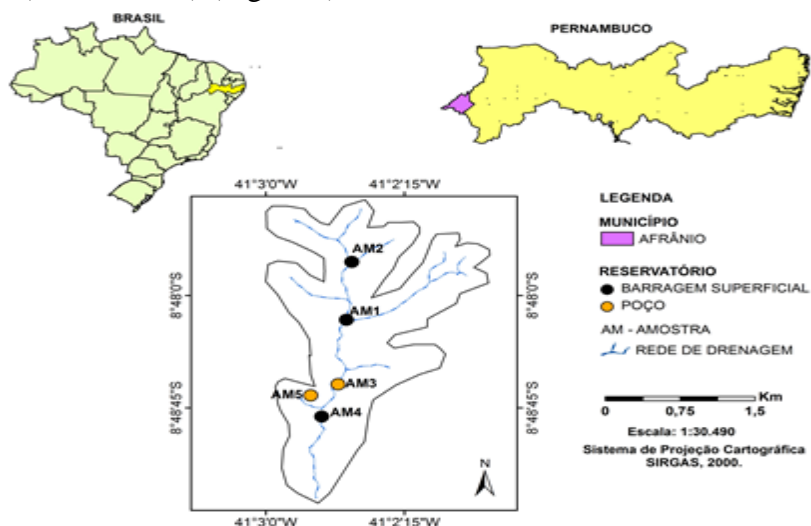


Figura 1. Localização da área de estudo (microbacia Sítio Romão) e reservatórios analisados.

Para estudo da qualidade das águas foram utilizados 3 barragens superficiais (Figuras 1 e 2). As águas foram coletadas através de recipientes apropriados alocados em uma haste de PVC. A amostra 1 foi coletada no dia 30 de Abril do ano de 2016, as 14 hs. Já as amostras 2 e 3 foram coletadas no dia 1 de Maio do mesmo ano, sendo a primeira as 11:30hs e a segunda as 13:00 hs. Os materiais coletados foram armazenados

em frasco âmbar de 1 litro e alocados em um recipiente térmico para manutenção da temperatura e as propriedades das águas.

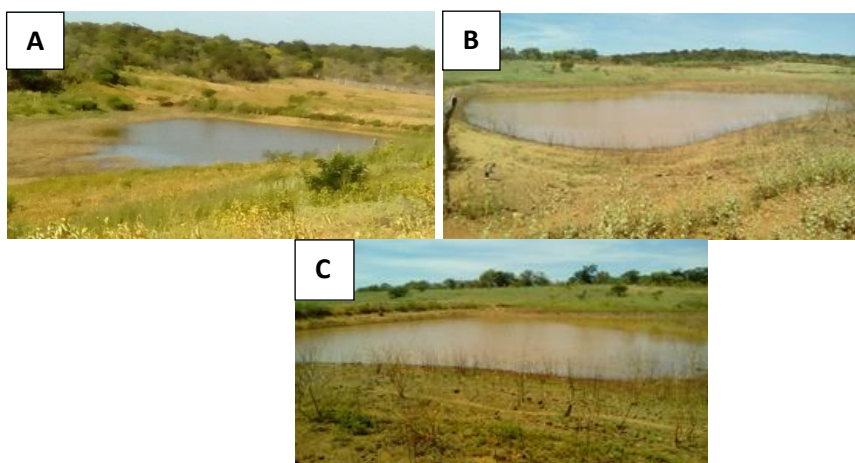


Figura 2. **A** (barragem da amostra 1); **B** (barragem da amostra 2); **C** (barragem da amostra 3).

A água coletada foi encaminhada ao laboratório de solos IFSertão - Campus Zona Rural. Para analisar o grau de salinização das águas fez-se uso dos parâmetros Condutividades Elétrica e pH. Segundo Oliveira, Campos e Medeiros (2010) estes parâmetros são ótimos indicativos da presença de sais nos corpos hídricos. Todo processo de avaliação dos materiais, incluindo as coletas em campo, desde as análises em laboratório foram realizados com base na metodologia do Manual de Controle e Qualidade das Águas da Funasa (BRASIL, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A CE é um parâmetro de qualidade das águas que aferem a capacidade que água tem de conduzir uma corrente elétrica, e é um dos parâmetros que indicam a salinidade da água. Quanto maior a condutividade elétrica maior a salinidade (BRASIL, 2012).

O valor obtido para o padrão de condutividade elétrica apresenta teores variando entre 782 a 1765,6. Valores considerados elevados o que indicam presenças de sais dissolvidos em água. O pH caracteriza a força dos estados ácidos ou alcalinos de intermédio líquido, com intercessão na medida presente de íons hidrogênio (H⁺). O resultado deste indicador é estudado em escala antilogarítmica, abrangendo os padrões de 0 a 14 (inferior de 7 são as condições ácidas; superior de 7 as condições alcalinas) (BRASIL, 2014).

Diante disso, o resultado obtido nas análises de pH, aponta que na amostra 1 foi obtido valor de 8,81, e na amostra 2 de 6,90. Valores que enquadram estas amostras em condições alcalinas, como citado anteriormente.

Para adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se, geralmente, na faixa de 6 a 9 (BRASIL 2014). A amostra adequada é a 3 com pH de 6,90. Isto se deve ao fato de se ter pouca presença de animais ao entorno do barramento e, tudo indica, que os solos no entorno deste barramento apresentam baixas quantidades de sais em sua composição, com valores razoáveis e aceitos de pH.

Observa-se que as amostras 1 e 2 apresentaram maiores indicadores de salinização. Isto porque, os valores de CE e pH apontam valores elevados para presença de sais dissolvidos em água. Estes sais são oriundos dos sedimentos das encostas desmatadas provenientes dos solos carregados pelas chuvas. Outra possibilidade está no

emprego de sais na alimentação de animais, com destaque para os caprinos e ovinos. Com as precipitações estes materiais são deslocados para os reservatórios.

Os valores mais altos de pH foi verificado na amostra 2 com valor de 9,72, estas águas são classificadas como alcalinas e com presença de sais devido a fatores especificados para estas amostras anteriormente.

A utilização destas águas com concentrações de sais, na irrigação pode ocasionar a salinização dos solos, que é um dos principais processos que contribui para desertificação (BRASIL, 2007). Em campo foi observado que alguns agricultores utilizam a água destes reservatórios para irrigação de pequenos cultivos. Com isto, o risco de salinização dos solos tornam-se grande, principalmente nas águas dos reservatórios 1 e 2.

CONCLUSÕES

Diante do que foi abordado anteriormente, percebe-se que os reservatórios superficiais da microbacia apresentam problemas elevados de salinização das águas, que se for agravado poderá contribuir com o processo de desertificação. Isto devido a fatores naturais como rochas e solos com teores de sais, e antrópico devido ao manejo inadequado do solo e da água.

Uma alternativa viável para colaborar na reversão desta situação em que se encontra os reservatórios seria o monitoramento da qualidade das águas. Monitoramento este que além de gerar novas pesquisas nesta área, poderá encontrar soluções para os problemas de salinização, e prevenir a região de problemas futuros.

Outra alternativa seria o desenvolvimento de palestras e atividades voltadas a educação ambiental com a população local com intuito de sensibilizar as comunidades e prevenir impactos em escalas maiores no futuro.

AGRADECIMENTOS

Ao laboratório de solos IFSertão - Campus Zona Rural, e ao Grupo de Trabalho em Monitoramento Ambiental, Geotecnologia e Ensino (GTMAGEO), pela receptividade e colaboração com este trabalho.

REFERÊNCIAS

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L. Suscetibilidade das terras secas do estado Piauí á desertificação: avaliação a partir de índices. **Mercator**, Fortaleza, v.5, n.9, p.1-24, 2006.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Brasília: MMA, 2007.

BRASIL. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **A Questão da Água no Nordeste**. Agência Nacional de Águas, Brasília: 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Funasa, 2014.

CASTRO, F.C; SANTOS, A.M. Susceptibilidade ambiental a salinização das terras em municípios da microrregião de Petrolina – PERNAMBUCO-BRASIL. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.16, n.56, p. 160-172, 2015.

D'ODORICO, et al. Global desertification: Drivers and feedbacks. **Advances In Water Resources**, Amsterdam, v.51, p. 326-344, 2012.

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. **Química Nova**, São Paulo, v.33, n.5, p.1059-1066, 2010.

VARIAÇÃO DA METODOLOGIA DE CALIBRAÇÃO DE SONDAS DE TDR

Fabio Tayrone Oliveira de Freitas¹, Eugênio Ferreira Coelho², Benedito Rios Oliveira¹,
Karine da Silva Santos¹, Richardson Araújo Boa Sorte¹

¹ Graduandos em Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, oibaf.freitas@hotmail.com, benedito.ta@hotmail.com, agro.kssantos@gmail.com e richarsonaraujoboasorte@gmail.com; ² Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, eugenio.coelho@embrapa.br.

RESUMO: Uma das técnicas para determinar a umidade do solo é o uso da reflectometria no domínio do tempo (TDR). Porém, para a utilização do método é necessário à obtenção da curva de calibração para o solo desejado, a partir da relação entre a umidade volumétrica e da constante dielétrica do solo. Pequenas perdas de solo dissolvido em água podem ocorrer durante o início do procedimento de calibração. O presente trabalho tem como objetivo avaliar duas diferentes metodologias de calibração de sondas de TDR para dois diferentes tipos solos considerando e desconsiderando a perda de solo pela drenagem de água nas pesagens iniciais. As amostras indeformadas foram coletadas em um tubo cilíndrico de 0,075m de diâmetro e altura de 0,15 m e posteriormente, foram saturadas por um período de 48 horas. O solo perdido pela drenagem da água foi coletado e pesado após secagem em estufa. O solo de textura média proporcionou as maiores perda de solo pela drenagem. Os dois solos apresentaram curvas de calibração semelhantes, isto é, as perdas de solo no início da calibração não são suficientes para influenciá-la significativamente.

PALAVRAS-CHAVE: reflectometria no domínio do tempo, eficiência no uso da água, conteúdo de água.

VARIATION ON METHODOLOGY FOR TDR WAVE GUIDES CALIBRATION

ABSTRACT: One of the techniques for soil water content determination is the use of time domain reflectometry (TDR). However, it is necessary to get the calibration for the waveguide by the function of soil water content and bulk dielectric constant. Small amount of soluble soil solids dissolved in the water are lost during the beginning of the calibration process. The work has as objective to evaluate two different methodology for waveguides calibration for two soil types considering and non-considering soil losses during the beginning of calibration process. Undisturbed soil samples were collected in a column of 0.75 m diameter and 0.15 m height; afterwards, samples were saturated during 48 hours. The soil lost during te beginning of the process was evaluated. The soil that was lost was collected and weighed after 48 hours oven-dry. The medium texture soil showed larger losses than the fine texture one during calibration process. Both soils showed very close calibration curve, i.e., the soil lost in the beginning of calibration process did not influence significantly the calibration model.

KEY-WORDS: time domain reflectometry, water use efficiency, soil water content.

INTRODUÇÃO

Dentre os vários métodos usados para a determinação da umidade do solo, a técnica da reflectometria no domínio do tempo (TDR) é um dos métodos utilizados na agricultura irrigada. A técnica se baseia na velocidade de propagação de ondas eletromagnéticas através de hastes condutoras instaladas no solo (SOUZA et al., 2006; SOUZA e MATSURA, 2002). Por essa técnica, o conteúdo de água no solo segundo Santos et al. (2010) pode ser determinado a partir da correlação entre os valores da constante dielétrica do solo e dados de conteúdo de água no solo obtidos a partir de curvas de calibração em campo ou laboratório. Uma metodologia para calibração das sondas se baseia nas pesagens do solo em colunas desde a saturação a condição seca em estufa. Nessa metodologia ocorre perdas de água com solo dissolvido na balança, o que implica em perda real de solo da amostra. Essas perdas ocorrem nas primeiras pesagens entre a saturação e o limite superior da disponibilidade de água do solo. O trabalho se baseia na hipótese de que essas perdas podem influenciar a calibração. Sendo conforme Coelho et al. (2006) os modelos de calibração variam em função do tipo de solo (mineral ou orgânico) e que um modelo polinomial cúbico pode ser calibrado com exatidão para cada situação de solo.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar duas diferentes metodologias (considerando e desconsiderando a perda de solo pela drenagem de água das colunas de solo) para a obtenção da curva de calibração de dois diferentes tipos solos, a partir do processo de secagem da amostra depois de saturada.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no laboratório de irrigação e fertirrigação, na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada na cidade de Cruz das Almas, Bahia. Foram utilizados dois diferentes tipos de solos: um coletado na área experimental de bananeira irrigada na Embrapa Mandioca e Fruticultura, de textura argilo arenosa; e o outro foi coletado no município de Lençóis, Bahia, de textura franco argilo arenosa. Em ambos os solos, foram coletados duas amostras de solos indeformadas para cada diferente tipo de solo, na camada de 0 - 0,15 m, em um cilindro de tubo PVC, de seção contínua e diâmetro de 0,075 m. Após a coleta dos solos, os mesmos foram colocados para saturação por um período de 48 h. Posteriormente, foram instaladas sondas de TDR (construídas de forma artesanal no núcleo local, para atender um equipamento de TDR 100, da Campbell Scientific) no sentido vertical, em cada amostra de solo. As mesmas foram constituídas com três hastes de aço inoxidável (com comprimento de 0,15 m e espaçadas a 0,022 m) e um cabo coaxial, com comprimento de 1,5 m. Depois de saturadas, foram realizadas leituras de umidade (uso da TDR) e pesagem das colunas a cada hora, no período entre as 8 e 17 horas do dia. Do segundo dia até o quarto dia, os processos citados anteriormente foram realizados três vezes ao dia. Posteriormente, quando as leituras de umidade e o peso das colunas de solos se encontravam constante, entre uma leitura e outra, as colunas de solos foram colocadas em estufa a 65°C, por um período variando entre 1 e 2 h. Depois que a umidade das colunas de solo atingiu valores próximos do limite inferior da disponibilidade de água, as colunas foram levadas à estufa a 105°C até atingirem a massa de solo seca (massa constante). A água drenada das colunas de solo que ocorreu até o quarto dia foi coletada e armazenada, para a obtenção da massa de solo seca perdida.

Com os dados obtidos na pesagem das colunas de solo (massas úmidas do solo diária e massa de solo seco), juntamente com a densidade do solo, foi possível determinar paralelamente a umidade ou o conteúdo volumétrico de água no solo, para cada constante dielétrica (k_a) obtida nas diferentes leituras de TDR. Utilizando a massa de solo seca perdida durante a drenagem de água das colunas de solo, somada as massas de solo úmido, também se determinou uma umidade volumétrica, para, posteriormente, comparar o efeito dos dois diferentes métodos sobre a curva de calibração do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de comparação das duas diferentes metodologias consistiu em uma avaliação comparativa de duas diferentes curvas de calibração de modelo polinomial de grau 3, para cada amostra de solo. As curvas de calibração foi formada a partir da umidade volumétrica ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) em função da constante dielétrica (K_a), desconsiderando a perda de solo e considerando a perda de solo perdida durante drenagem (Figura 1).

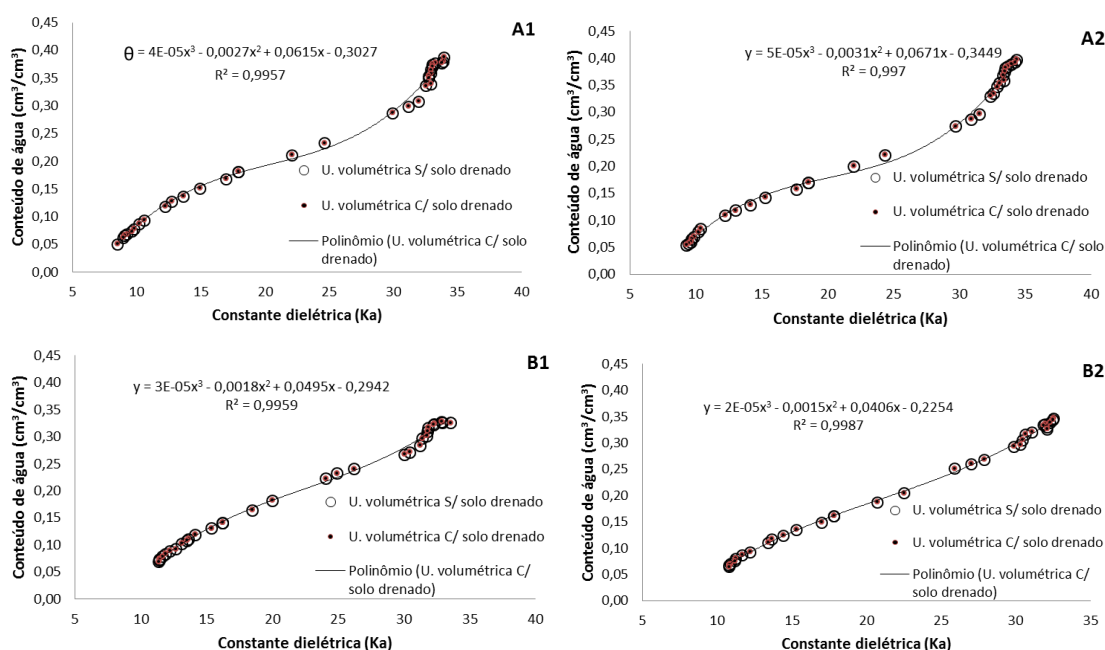


Figura 1: Curvas de calibração de dois diferentes tipos solos (solo A e B) para a obtenção da umidade volumétrica em função da constante dielétrica, desconsiderando a perda de solo (U. volumétrica S/ solo drenado) e considerando a perda de solo (U. volumétrica C/ solo drenado) pela drenagem de água.

A massa de solo perdida durante a fase de drenagem de água das colunas de solos, foi maior no solo Franco argilo arenoso (solo do município de Lençóis, Bahia – Solo A) quando comparado ao latossolo amarelo (coletado na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura – Solo B), com valores médios de 0,68 e 0,59 g, respectivamente, em um volume de solo de $5,74 \text{ cm}^3$. Essa maior perda de solo pode estar relacionada com a textura do solo, pois as partículas lixiviadas são predominantemente argila e silte. O conhecimento dessa perda é importante, pois essas partículas de argila e silte perdidas possuem energia de retenção, ou seja, são responsáveis pela retenção e armazenamento de água no solo. Com isso, é importante avaliar o efeito dessa perda de solo sobre a curva de calibração do solo.

No presente trabalho, quando comparado às duas curvas, na mesma amostra de solo, observou-se que as curvas ficaram sobrepostas uma a outra, pois os valores da umidade volumétrica foram semelhantes para as mesmas constantes dielétricas (Figura A1, A2, B1, B3). A calibração com as perdas de solo no início (Figura A1) para uma profundidade efetiva do sistema radicular de 0,40 m, em uma área de 10000 m² (1 ha) resulta na diferença da quantidade de água armazenada em relação ao solo que considerou a perda de solo de aproximadamente 4,3 m³ de água, valor superior, ao outro método que desconsiderou a perda de solo. Logo, a calibração desconsiderando a perda pode gerar valores de umidade do solo e conseqüentemente de armazenamento de água no solo diferentes da condição em que se considera essas perdas. Essa diferença, entretanto é importante para avaliação de armazenamento de água em valores absolutos, como é o caso da avaliação da umidade e armazenamento para fins de manejo de irrigação. No caso do emprego da umidade ou armazenamento para fins de balanço de água, essa diferença torna-se irrelevante, uma vez que se trabalha com diferenças dos valores.

CONCLUSÕES

Ambas as metodologias usadas no presente trabalho para a obtenção da curva de calibração (considerando e desconsiderando a perda de solo pela drenagem da água durante o processo de secagem das colunas de solo) podem ser adotadas, sendo que para efeito de avaliação de umidade ou armazenamento de água para manejo de irrigação recomenda-se usar a metodologia que considera as perdas de solo.

REFERÊNCIAS

COELHO, E. F.; VELLAME, L. D. M.; COELHO FILHO, M. A.; LEDO, C. D. S. Desempenho de modelos de calibração de guias de onda acopladas a TDR e a multiplexadores em três tipos de solos. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 30, n. 1, p. 23-30, 2006.

SANTOS, M. R.; ZONTA, J. H.; MARTINEZ, M. A. Influência do tipo de amostragem na constante dielétrica do solo e na calibração de sondas de TDR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 299-307, 2010.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO, E. F.; OR, D. Sondas de TDR para a estimativa da umidade e da condutividade elétrica do solo. **Irriga**, v. 11, n. 1, p. 12-25, 2006.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p. 63-68, 2002.

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA EM MOSSORÓ-RN

José Espínola Sobrinho¹, George Bezerra Ribeiro², Saulo Tasso Araújo da Silva³, Isaac Alves da Silva Freitas⁴, Anna Kézia Soares de Oliveira⁵

¹Engenheiro Agrônomo, D. Sc. em Recursos Naturais, Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, jespino@ufersa.edu.br;

²Engenheiro Eletricista, M. Sc. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Tecnologista Sênior, UFRSA/INPE, Mossoró, RN, george@ufersa.edu.br,;

³Meteorologista, D. Sc. em Meteorologia, Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, saulo@ufersa.edu.br;

⁴Engenheiro Agrônomo, Mestrando Manejo de solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, isaacntn@outlook.com;

⁵Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, annakezia@outlook.com.

RESUMO: Este estudo teve como objetivo analisar a eficiência do conjunto de módulos fotovoltaicos de uma usina solar de 150,8 kWp, do tipo minigeração distribuída, instalada na seda da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no município de Mossoró-RN. Para isso, foram utilizados os dados de irradiação solar global diária, no plano horizontal, referentes ao período de 01 a 30/04/2017, coletados por uma estação meteorológica de superfície, equipada com um sensor de radiação global conectado a um registrador automático, tipo *datalogger*. Com o uso de modelos matemáticos, os dados de irradiação foram tratados em escala diária, separados em suas componentes direta e difusa e, posteriormente convertidos para o plano inclinado de instalação dos módulos. A irradiação diária média no plano dos módulos fotovoltaicos foi de 6.116,63 Wh/m² e a produção diária média de energia elétrica foi de 756,50 kWh. A eficiência diária média obtida foi de 13,88%.

PALAVRAS-CHAVE: energia solar, energias renováveis, rendimento.

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF A SOLAR PHOTOVOLTAIC PLANT OPERATING IN MOSSORÓ-RN

ABSTRACT: The aim of this study was to analyze the efficiency of the photovoltaic module set of a 150.8 kWp grid-connected photovoltaic system, located on Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), in Mossoró-RN. For that, the global daily solar irradiance data, in the horizontal plane, collected by a surface meteorological station equipped with a global radiation sensor connected to a datalogger, from 01 to 04/30/2017, were used. Applying mathematical models, irradiation data were treated on a daily scale, separated into direct and diffuse components, and then converted to modules inclined installation plane. The mean daily irradiance in the photovoltaic modules was 6,116.63 Wh/m². The average daily electrical energy production was 756.50 kWh. The average daily efficiency obtained was 13.88%.

KEY-WORDS: solar energy, renewable energy, efficiency.

INTRODUÇÃO

A quantidade de sistemas fotovoltaicos instalados no Brasil vem crescendo nos últimos anos, principalmente após a regulamentação, em 2012, da implantação de usinas de micro e minigeração distribuída conectada à rede, por parte da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Apenas no ano de 2016, o número de usinas instaladas saltou de 1.718 para 7.683 unidades, um aumento de 347,2%. Neste mesmo intervalo, a potência instalada aumentou de 13.202 kWp para 60.614 kWp, o que significou um crescimento de 359,1% (ANEEL, 2017). Esse ritmo de crescimento do uso da tecnologia fotovoltaica torna cada vez mais importante o conhecimento sobre o desempenho dessas usinas solares operando em condições climáticas diversas daquelas especificadas nas Condições Padrão de Teste (STC) e em temperaturas superiores à Temperatura Nominal de Operação da Célula (NOCT). Assim, este estudo teve como objetivo analisar o rendimento do conjunto de módulos fotovoltaicos da usina solar instalada na sede da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró-RN, que tem potência instalada total de 150,8 kWp.

MATERIAL E MÉTODOS

A usina solar da UFERSA (05° 02' 03" S e 37° 34' 16" W, alt. 27m) é constituída basicamente por 580 painéis fotovoltaicos policristalinos, modelo Canadian Solar CS6P-260P-SD, de potência de pico de 260 W cada, conectados a dez inversores trifásicos, modelo Ginlong Solis-15K, que têm a função de converter a energia de corrente contínua produzida pelos painéis em energia de corrente alternada, 220/380V@60Hz, que, em seguida é injetada na rede de distribuição elétrica do campus.

A eficiência de um conjunto de módulos fotovoltaicos, conforme definida por Cardona e Lopez (1999), é medida como a relação entre a energia elétrica diária produzida e a energia solar incidente no plano dos painéis, no mesmo intervalo. Outra figura de mérito também utilizada na análise de eficiência de sistemas fotovoltaicos é o índice de produtividade, definido como a relação entre a energia elétrica gerada e a potência de pico dos módulos fotovoltaicos (TORRES et al., 2015).

Os dados da produção diária dos módulos fotovoltaicos, correspondentes ao período de 01 a 30 de abril de 2017, foram obtidos a partir dos registros, realizados de forma automática pelos inversores e disponibilizados em banco de dados acessível via interface *web*.

Os dados de irradiação solar global incidente nos painéis foram obtidos de forma indireta. Inicialmente foram utilizadas os valores de irradiação solar no plano horizontal, medidos pela Estação Meteorológica Automática (EMA) da UFERSA, por meio de um piranômetro modelo Kipp&Zonen CM3, que opera na faixa espectral de 305 a 2800 nm, conectado a um registrador tipo *datalogger* modelo Campbell Scientific CR3000, configurado para realizar leituras a cada 10 segundos e totalizar os valores diários. Em seguida, foi utilizado o modelo de Liu e Jordan (1963) e modificado por Collares-Pereira e Rabl (1979) para decompor a irradiação medida no plano horizontal em suas componentes direta e difusa. Então, foi utilizado o modelo apresentado por Klein (1977) para, a partir das componentes direta e difusa da radiação solar, obter os valores da irradiação solar no plano inclinado de montagem dos painéis, ou seja, 10 graus para o norte. Por fim, a partir da relação entre os valores diários medidos de energia elétrica e os valores estimados de irradiação solar diária no plano dos painéis, foram obtidos os rendimentos diários do conjunto de módulos fotovoltaicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da Figura 1 observa-se que a irradiação solar global no plano horizontal apresentou no período analisado valor médio de $5.963,12 \text{ Wh/m}^2$, com máxima de $7.293,60 \text{ Wh/m}^2$ (08/04/2017) e mínima de $3.667,20 \text{ Wh/m}^2$ (13/04/2017). O desvio padrão foi de $1.033,06$. Ressalta-se que, de acordo com Ribeiro (2004), abril é o mês de maior variabilidade da irradiação diária em Mossoró, devido, principalmente à modulação produzida pelas nuvens, uma vez que este período está inserido na quadra chuvosa da região. Os valores calculados de irradiação no plano dos painéis fotovoltaicos, inclinado em 10° no sentido norte, foram de $6.116,63 \text{ Wh/m}^2$, $7.495,12 \text{ Wh/m}^2$ e $3675,75 \text{ Wh/m}^2$, respectivamente para a média, a máxima e a mínima. Os resultados mostram que, no período analisado, a operação no plano inclinado resultou em um ganho médio de $2,57\%$ na irradiação diária incidente nos painéis instalados no plano inclinado, em comparação com a irradiação no plano horizontal.

A produção diária média de energia elétrica dos painéis (Figura 1) foi de $756,50 \text{ kWh}$, com máxima de $910,40 \text{ kWh}$ (04/2017) e mínima de $476,80 \text{ kWh}$, coincidindo com as mesmas datas de máximos e mínimos de irradiação solar. Pode-se observar, ainda na Figura 1, que há uma forte proporcionalidade entre a produção diária de energia elétrica gerada pelos módulos fotovoltaicos e a irradiação incidente neles, tendo sido observada uma correlação de $0,9938$. O índice de produtividade mensal foi de $150,50 \text{ kWh/kWp}$, valor $7,23\%$ maior que o encontrado para o mês de abril, por Torres et al (2015), quando analisou dois sistemas fotovoltaicos policristalinos instalados em Cascavel-PR.

A Figura 2 apresenta os valores diários de eficiência dos módulos e de irradiação solar. O conjunto de módulos fotovoltaicos apresentou uma eficiência média de $13,88\%$, com máxima de $14,53\%$ e mínima de $13,04\%$. A eficiência média observada é $14,11\%$ inferior ao valor definido pelo fabricante nas condições padrão de teste (STC), que é de $16,16\%$. Observou-se, também, que há uma certa relação inversa entre a eficiência do conjunto de módulos fotovoltaicos e a irradiação solar diária incidente.

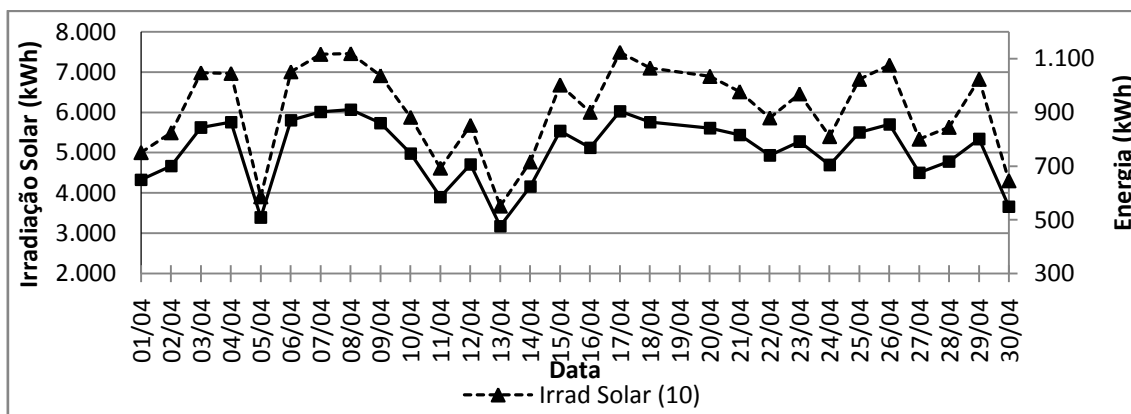


Figura 1. Irradiação solar global diária incidente nos módulos fotovoltaicos da usina solar da UFERSA e energia elétrica produzida pelos módulos, entre 01 e 30/04/2017.

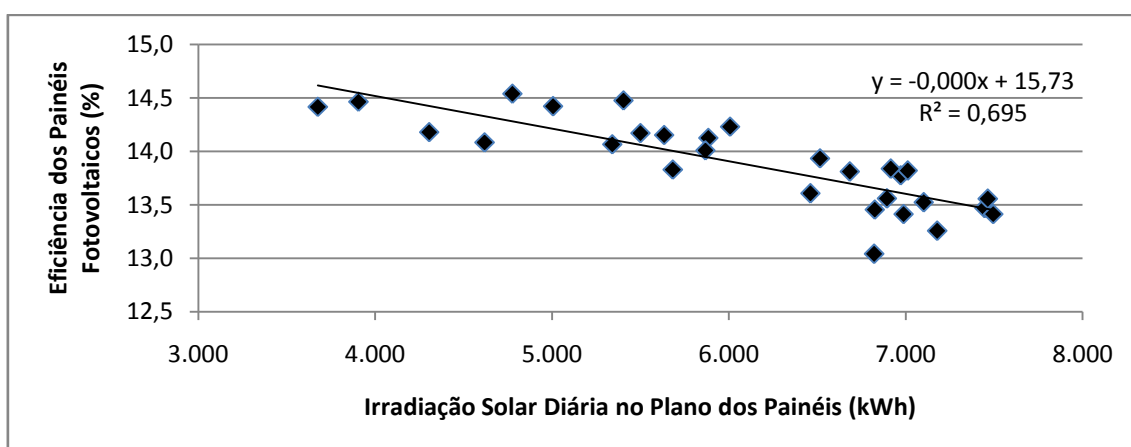


Figura 2. Eficiência diária do conjunto de módulos fotovoltaicos e irradiação solar global diária incidente nos módulos fotovoltaicos, entre 01 e 30/04/2017.

O comportamento identificado na Figura 2 pode ser explicado pela característica, própria das células fotovoltaicas, de apresentar uma relação inversa entre a temperatura de operação e a eficiência da conversão da radiação em energia elétrica. Assim, há uma tendência de que quanto maior for a radiação solar incidente nos módulos, maior deverá ser o seu aquecimento, conseqüentemente, resultando na redução da eficiência de geração de energia elétrica. A diferença entre o valor de eficiência obtido no campo, comparativamente com o valor especificado para STC mostra que esta característica é muito relevante e não deve ser desconsiderada quando da elaboração do projeto do sistema de geração fotovoltaica, especialmente nos casos em que o sistema será instalado em regiões de temperaturas e radiação solar mais elevadas, como a região semiárida do Brasil, sob risco de ocorrer o subdimensionamento do sistema.

CONCLUSÕES

A eficiência média diária do conjunto de módulos fotovoltaicos policristalinos operando na região de Mossoró-RN, foi de aproximadamente 13,88%, valor que corresponde a 85,89% do que é definido para os mesmos módulos, quando operando nas Condições Padrão de Teste (STC). A Produção diária de energia elétrica apresentou uma correlação de 99,38% com a irradiação no plano dos painéis, para uma faixa de irradiação diária variando entre 3.667,20 e 7.293,60 Wh.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Unidades consumidoras com geração distribuída com Tipo de Geração: UFV**. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd_fonte_detalhe.asp?tipo=12&pagina=1. Acesso em 08 mai. 2017.

CARDONA, M. S.; LÓPEZ, M. L. Performance Analysis of a grid-connected photovoltaic system. **Energy**, New York, v. 24, n.1, p. 93-102, 1999.

COLLARES-PEREIRA, M.; RABL, A. The Average Distribution of Solar Radiation. Correlations Between Diffuse and Hemispherical and Between Daily and Hourly Insolation Values. **Solar Energy**, Freiburg: v. 23, p. 235-253, 1979.

KLEIN, S. A. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces. **Solar Energy**. Freiburg: v. 19, p. 325-329, 1977.

LIU, B. Y. H.; JORDAN, R. C. The long term average performance flat plate solar energy collectors. **Solar Energy**, Freiburg: v. 7, p. 53-74, 1963.

RIBEIRO, G. B. **Energia solar fotovoltaica: estudo de dimensionamento e viabilidade de sistemas autônomos em Mossoró- RN**. Mossoró: UERN, 2004. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. 128p.

TORRES, I. C.; TIBA, C.; BARBOSA, E. M. S. Análise de desempenho de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, instalado em um escritório comercial. **Avances em Energias Renovables y Medio Ambiente**, Buenos Aires: v. 19, p. 04.61-04.67, 2015.

DESENVOLVIMENTO DE UMA REDE BASEADA NO PROTOCOLO ZIGBEE PARA MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO

Álison Pereira dos Santos¹, Ranniery Franklin Ribeiro², Diego Galvão Campos Oliveira³, Daniel dos Santos Costa⁴, Barbara Janet Teruel Mederos⁵

¹ Graduando em Engenharia da Computação, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro - BA, lissonpsantos2@gmail.com;

² Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro - BA, ranniery100@hotmail.com;

³ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro - BA, diego.ariavilol@gmail.com;

⁴ Professor Assistente I, Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro - BA, daniel.costa@univasf.edu.br;

⁵ Professora Livre Docente, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, barbara.teruel@feagri.unicamp.br

RESUMO: A irrigação de precisão pode ser definida como estratégia de gestão do recurso hídrico baseado na aplicação de tecnologias da informação para minimizar o impacto ambiental advindo da agricultura. Diante do exposto, objetiva-se com este trabalho explorar o potencial da tecnologia de rede de sensores sem fio para o monitoramento em tempo real da umidade do solo. Os nós sensores são constituídos de: (1) microcontrolador PIC18F2620 que gerencia todos os processos a serem realizados, desde a aquisição, registro e transmissão das leituras; (2) memória não volátil, sendo esta um cartão SD que armazena os dados; (3) transceptor ZigBee, que transmite estas informações sem fio para um terminal central; (4) tensiômetro instrumentado com um transdutor de pressão MPX5100DP. O desempenho da rede de sensores foi avaliado com base em dois fatores, alcance e qualidade do enlace. Levando em consideração o RSSI (Received Signal Strength Indicator) do transceiver, a distância máxima com uma comunicação satisfatória entre um nó sensor e o terminal central, incluindo obstáculos de alvenaria, foi de 130m. A esta distância, a perda de pacotes foi menor que 0,30% evidenciando um enlace de qualidade, proporcionando maior confiança na estabilidade da rede e integridade dos pacotes transmitidos.

PALAVRAS-CHAVE: Rede de sensores sem fio; Instrumentação agrícola; Sistemas microcontrolados.

DEVELOPMENT OF A NETWORK BASED ON THE ZIGBEE PROTOCOL FOR SOIL MOISTURE MONITORING

ABSTRACT: Precision irrigation can be defined as a water resource management strategy based on the application of information technology to minimize the environmental impact of agriculture. Therefore, the objective of this work is to explore the potential of wireless sensor network technology for real-time monitoring of soil moisture. The sensor nodes consist of: (1) PIC18F2620 microcontroller that manages all processes to be performed, from the acquisition, registration and transmission of the readings; (2) non-volatile memory, this being an SD card that stores the data; (3) ZigBee transceiver, which transmits this wireless information to a central terminal; (4) instrumented tensiometer with a MPX5100DP pressure transducer. The performance of the sensor network was evaluated based on two factors, range and signal quality. Taking into consideration the Receiver Signal Strength Indicator (RSSI) of the transceiver, the maximum distance with satisfactory communication between a sensor node and the central terminal, including masonry obstacles, was 130m. At this distance, packet loss was less than 0.30%, evidencing a quality link, providing greater confidence in the network stability and integrity of the transmitted packets.

KEYWORDS: Agricultural instrumentation; Microcontrolled systems; Wireless Sensor Network.

INTRODUÇÃO

O monitoramento dos parâmetros ambientais que desempenham um papel fundamental no cultivo é muito importante. Por exemplo: o perfil diário da temperatura é um dos fatores ambientais mais importantes para a qualidade de frutos, especialmente dentro do mês anterior ao amadurecimento (WINKLER et al., 1974); o teor de água no solo pode ser medido a partir de seu potencial hídrico e gerenciado nos diferentes estádios fenológicos da cultura (SIVILOTTI et al., 2005); a radiação solar tem uma influência importante na biossíntese de compostos fenólicos (DOWNEY et al., 2006). Esses estudos apontam a importância do monitoramento em tempo real dos diferentes parâmetros ambientais que interferem nos cultivos, mas o custo para implantação e gerenciamento de sistemas em tempo real no campo se torna oneroso, pois, tais sistemas acabam custando mais de US\$ 300/sensor (RIQUELME et al., 2009). Além disso, o uso das tecnologias comerciais baseadas em rádio frequência (RF), para transmissão de dados sem fio, é ainda mais custoso. Estes produtos geralmente requerem grande quantidade de energia e precisam de manutenção regular durante o período de crescimento da cultura. Por fim, há poucas tecnologias práticas e de baixo custo que podem ajudar os produtores (VELLIDIS et al., 2008).

Sendo assim, a inserção dos conceitos inerentes a agricultura de precisão na região do Vale do Submédio São Francisco surge como possibilidade de otimização da aplicação dos insumos necessários para um melhor rendimento dos cultivos e auxílio na tomada de decisão dos produtores.

Diante do exposto, objetiva-se com este trabalho explorar o potencial da tecnologia de rede de sensores sem fio para o monitoramento em tempo real da umidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Como a rede de sensores sem fio foi baseada no protocolo MESH dos dispositivos Zigbee, foram definidos dois tipos de nós sensores, as unidades escravas, que foram implantadas no campo, e a unidade mestre que fica ligada ao computador, constituindo assim, uma topologia estrela.

Para projetar a placa de circuito impresso (PCI) dos nós escravos foi utilizado o Fritzing, um *software* de código aberto, para criação de esquemas e projeto de PCIs. A unidade escrava, nó remoto do sistema desenvolvido, é composta por um microcontrolador PIC18F2620 de 8 bits, 28 pinos e conversor analógico digital (A/D) de 10 bits da MICROCHIP® (MICROCHIP, 1998), um transceptor de radiofrequência XBee PRO S2, que opera na banda de 2.400MHz baseado no padrão IEEE 802.15.4, alcançando uma taxa de transmissão de 250kbps, e um slot para cartão SD, representado na figura 1.

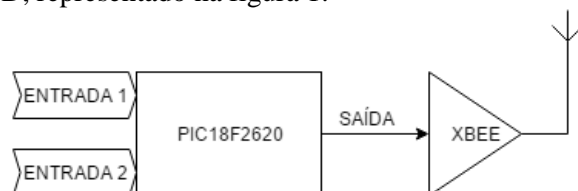


Figura 1. Diagrama em bloco do nó escravo.

O *firmware* para o PIC foi desenvolvido na IDE MPLAB e compilada no C18. O programa possibilita a leitura de duas portas analógicas a uma taxa de amostragem variável definida no código, envio dos dados pelo transceptor utilizando o protocolo de comunicação serial, e o armazenamento dos dados em um cartão de memória SD/MMC.

Dois experimentos foram executados para a verificação dos atributos de qualidade da rede de sensores sem fio: (1) experimento de alcance de conectividade entre o nó mestre e o nó

escravo, ambos a altura de 1,30m acima do solo, utilizando como parâmetro o RSSI; (2) experimento de desempenho da rede em campo, observando a taxa de perda de pacotes.

Os experimentos foram realizados numa propriedade localizada no Vale do São Francisco, no município de Juazeiro-BA (9°27'S, 40°30'W, 368m). A figura 2 apresenta uma imagem de satélite do campo experimental com o nó mestre representado em azul e os nós escravos em laranja.



Figura 2. Área Experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A unidade escrava desenvolvida se mostrou eficiente, na aquisição e envio periódico dos dados obtidos a partir do transdutor de pressão MPX5100DP (NEWARK, 1970) ligado a um tensiômetro T-20 da HIDROSENSE (HIDROSENSE, 2002). Com a configuração de rede adotada, a distância entre os nós pode ser de até 130m.

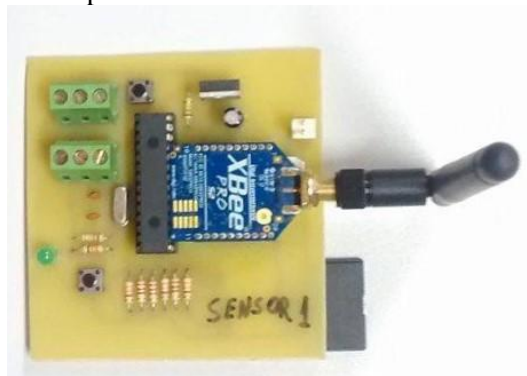


Figura 3. Placa de circuito impresso desenvolvida do nó escravo.

Experimento 1: A medição do alcance de conectividade se deu por intermédio do RSSI. Os módulos XBee utilizados tem uma potência máxima de -100dBm, logo, estabeleceu-se que um enlace que se mantivesse entre -90 e -100dBm representaria o maior alcance (distância entre o nó mestre e o nó sensor). Com base nestes parâmetros, foi alcançada uma distância máxima de 130m com obstáculos de alvenaria.

Experimento 2: A partir da posição estabelecida no experimento anterior, foram instalados mais dois nós sensores para o teste e avaliação da topologia MESH, obtendo os resultados da tabela 1.

Tabela 1. Análise da taxa de perda de pacotes utilizando a topologia MESH

	Nó 1	Nó 2	Nó 3
Nº de pacotes enviados	432	431	408
Nº de pacotes recebidos	431	431	407
Nº de pacotes perdidos	1	0	1
% de pacotes recebidos	99,77	100,00	99,75
% de pacotes perdidos	0,23	0,00	0,25

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi implementado uma rede de sensores sem fio para o monitoramento da umidade do solo utilizando a topologia MESH, e então foram realizados testes para avaliação do desempenho desta rede em uma situação real. Com base nos resultados obtidos podemos concluir que:

- O alcance de enlace foi de no máximo 130m entre os nó mestre e nó escravo a uma altura de 1,30m acima do solo;
- A avaliação da qualidade da ligação e do alcance de conectividade entre os nós escravos e o nó mestre se mostraram muito promissores, pois a taxa de perda de pacotes em todos os nós sensores foi menor que 0,25%.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a FAPESB pela bolsa concedida, aos demais autores, e a Universidade Federal do Vale do São Francisco pela estrutura concedida.

REFERÊNCIAS

DOWNEY, M.O.; DOKOOZLIAN, N.K.; KRSTIC, M.P. **Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: a review of recent research.** Am. J. Enol. Vitic. 57, 257–268, 2006.

RIQUELME, J. A. L.; SOTO, F.; SUARDÍAZ, F. J.; SÁNCHEZ, P.; IBORRA, A.; VERA, J.A. **Wireless Sensor Networks for precision horticulture in Southern Spain.** Comput. Electron. Agric. 68, 25–35, 2009.

SIVILOTTI, P.; BONETTO, C.; PALADIN, M.; PETERLUNGER, E. **Effect of soil moisture availability on vitis vinifera cv ‘merlot’: from leaf water potential to grape composition.** Am. J. Enol. Vitic. 56 (1), 9–18, 2005.

VELLIDIS, G.; TUCKER, M.; PERRY, C.; KVIEN, C.; BEDNARZ, C. **A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation.** Comput. Electron. Agric. 61, 44–50, 2008.

WINKLER, A. J.; COOK, J. A.; KLIWER, W. M.; LIDER, L.A. **General Viticulture.** University of California Press, Berkeley, 1974.

REDE DE SENSORES E ATUADORES SEM FIO CONTROLADA VIA SOFTWARE

Ranniery Franklin Ribeiro¹, Daniel dos Santos Costa², Marlon da Silva Garrido³,
Alisson Pereira dos Santos⁴

¹ Graduando de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, ranniery100@hotmail.com;

² Professor Assistente I, Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, daniel.costa@univasf.edu.br;

³ Professor Adjunto IV, Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, marlon.garrido@univasf.edu.br;

⁴ Graduando de Engenharia da Computação, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, lissonpsantos2@gmail.com.

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho desenvolver uma rede de sensores e atuadores sem fio (RSASF), controlada via *software*. O sistema é composto por três unidades básicas: (1) unidade de sensores; (2) unidade de atuadores e (3) unidade mestre, gerenciadas por uma interface gráfica desenvolvida na linguagem C#. Cada uma dessas é constituída por um microcontrolador (ATMEGA328P) que gerencia todas as instruções, e um transceptor de rádio frequência de 2.4GHz (NRF24L01) responsável pela comunicação digital bidirecional na rede. A unidade de sensores pode acomodar até sete sensores, enquanto que a unidade de atuadores possui disponibilidade de sete canais para acionamento de válvulas solenoides ou conjuntos moto-bomba. A comunicação da unidade mestre com o *software* desenvolvido é feita via porta USB de um computador e protocolo de comunicação RS232. A unidade mestre é responsável por comparar dados recebidos da unidade de sensores com valores de *set point* definidos no *software* pelo usuário e, em caso de igualdade, transmitir um sinal para a unidade de atuadores. Ensaios em laboratório, integrando os elementos do sistema proposto, apresentaram resultados eficazes, sem que houvesse perda significativa de pacotes, para distâncias de até 800m, atestando, até esse valor, sua eficácia no auxílio a tomada precisa de decisões.

PALAVRAS-CHAVE: Automação agrícola; Sistemas microcontrolados; Otimização agrícola.

WIRELESS SENSORS AND ACTORS NETWORK CONTROLLED VIA SOFTWARE

ABSTRACT: The objective of this work was to develop a wireless sensors and actor network (WSAN), controlled by software. The system consists of three basic units: (1) sensor unit; (2) actor unit; and (3) master unit, managed by a graphical interface programmed in C#. Each of these is constituted of a microcontroller (ATMEGA328P) that manages all instructions, and a 2.4GHz radio frequency transceiver (NRF24L01) responsible for bi-directional digital communication on the network. The sensor unit can accommodate up to seven sensors, while the actor unit has seven channels available for actuation of solenoid valves or motor-pump assemblies. Communication of the master unit with the developed software is accomplished through a USB port of a computer and RS232 communication protocol. The master unit is responsible for comparing data received from the sensor one with set point values defined via software by the user and, in case of equality, a signal is transmitted to the actor unit. Laboratory tests, integrating the elements of the proposed system, presented effective

communication for distances up to 800m, attesting, on this range, its efficiency in helping to provide a precise decision-making.

KEYWORDS: Agricultural automation; Microcontrolled systems; Agricultural optimization.

INTRODUÇÃO

O uso de redes de sensores e atuadores sem fio (RSASF), juntamente com o conceito de agricultura de precisão (AP), em ambientes agrícolas tem crescido consideravelmente nos últimos anos. Tal avanço é justificado pela difusão cada vez maior dos dispositivos microcontrolados e de módulos transceptores pequenos e econômicos que despertaram interesse de pesquisadores e desenvolvedores de hardware e software utilizando essas aplicações (RAHEEMAH, 2016). Além disso, os períodos de estiagem e condições climáticas adversas cada vez mais frequentes, atrelados a demanda crescente por alimentos, em virtude do aumento da população mundial, exige uma necessidade gradativa de se buscar uma melhor utilização de recursos hídricos e energéticos. A utilização de dispositivos eletroeletrônicos pode proporcionar um controle dinâmico de diversos componentes de um sistema de cultivo agrícola, sejam eles: sensores, atuadores ou mesmo parâmetros ambientais, tais como umidade, temperatura, luminosidade, dentre outros. Nesse sentido, as RSASF vêm se tornando uma solução cada vez mais eficaz na realização desse controle, acarretando como consequências diretas a melhoria da produtividade e economias de energia notáveis. Assim, desenvolveu-se neste trabalho uma rede de sensores e atuadores sem fio, capaz de realizar o monitoramento de parâmetros ambientais e acionamento remoto de atuadores, em tempo real, via software, de forma automática ou manual.

MATERIAL E MÉTODOS

A arquitetura de rede utilizada nesse trabalho é de camada única, ou seja, todos os nós sensores/atuadores se comunicam diretamente com a estação mestre. Ademais, as estações de sensores e atuadores possuem o mesmo *layout* de *hardware*, seguindo a arquitetura de um nó de sensor *multi-chip* embarcado. Essas arquiteturas são bastante aplicadas em áreas pequenas, sem distâncias significativas entre os nós.

A RSASF, objeto desse trabalho, consiste de três unidades básicas: uma estação de monitoramento dos parâmetros ambientais, EMPA, (nó sensor), uma estação de acionamento remoto, EAR, (nó atuador) e uma estação mestre, EM, (nó mestre) conectada a um computador via porta USB e protocolo de comunicação RS232. A comunicação sem fio entre as unidades em campo é realizada por um dispositivo eletrônico conhecido por NRF24101. Trata-se de um transmissor/receptor de rádio frequência de 2.4GHz de alcance estimado em 1 km em campo aberto. O sistema de monitoramento e registros dos parâmetros ambientais foi automatizado por auxílio de um microcontrolador ATMEGA328P. Utilizou-se a IDE *Visual Studio Community* para programação da interface gráfica na linguagem C# e para verificação (via porta serial) do funcionamento da comunicação bidirecional entre as estações. Realizados os testes de funcionamento do circuito microcontrolado, montado em protoboard junto à execução dos algoritmos gerados, partiu-se para o projeto do *layout* das placas no *software AutoDesk Eagle*. A confecção das trilhas e das máscaras de solda das PCI (placas de circuito impresso) foi realizada através do “Método Fotossensível”.

Todos os pinos de entrada/saída da EMPA e EAR possuem três terminais, sendo os laterais referentes a tensão de alimentação, GND e 5V (o que permite, nessas entradas, a utilização de qualquer sensor comercial com essas características); o pino central recebe dados dos sensores, no caso da EMPA, ou envia comandos aos atuadores via EAR. Os testes com a RSASF foram feitos em condições simuladas, onde os pinos de conexão dos sensores na EMPA e os de ligação dos sinais de acionamento dos atuadores da EAR foram curto-circuitados em 5V. Essa condição simula um cenário com seis sensores quaisquer ligados e medindo os valores máximos de suas grandezas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as placas de circuito impresso da EM, EMPA e EAR, juntamente com componentes auxiliares para um acionamento de uma válvula solenoide.

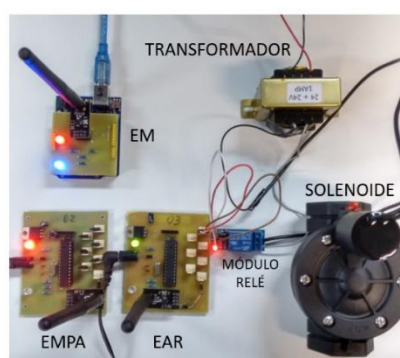


Figura 1. Placas de estação mestre (EM), estação de monitoramento parâmetros ambientais (EMPA) e estação de acionamento remoto (EAR) componentes auxiliares utilizados no acionamento de uma válvula solenoide.

A interface gráfica concebida (Figura 2), batizada como GERF (Gerenciador de Estações de Rádio Frequência), simula o controle de uma RSASF constituída por um nó mestre, um nó sensor que monitora dados de seis sensores e um nó atuador responsável pelo acionamento simulado de um conjunto moto-bomba. Os primeiros campos a serem definidos no GERF pelo usuário são a escolha da porta serial, a qual a estação mestre está conectada, e a indicação do *Baud Rate* da comunicação feita com o computador, cujo *status* é mostrado em uma caixa de texto à direita. O GERF dispõe de uma opção para salvar os dados recebidos em um arquivo de texto “.txt” no computador.

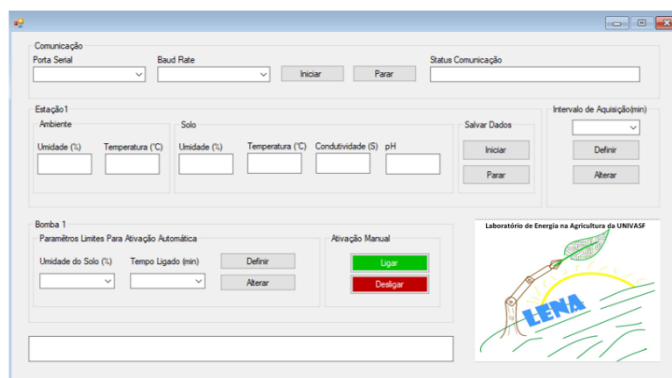


Figura 2. Interface gerenciadora da rede de sensores e atuadores sem fio, GERF. Dois vetores de dados trafegam na RSASF: dados de configurações (4 bytes) e dados de acionamento/monitoramento (7 bytes). Em um trabalho com RSASF, Coates et

al. (2013), de forma similar ao aqui proposto, define cinco tipos de dados, um para resetar as configurações da rede e outros quatro relacionados a comunicação do nó mestre com os nós escravos de acordo com a direção da comunicação. O funcionamento da RSASF é apresentado no fluxograma da Figura 3, onde simulou-se um sensor de umidade do solo através de um dos conectores de sensores disponíveis da EMPA conectado em 5V, indicando umidade máxima, ou em 0V, indicando umidade mínima.

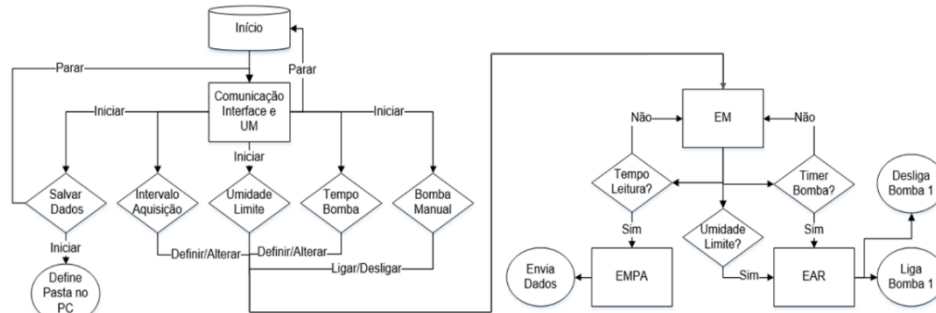


Figura 3. Fluxograma característico da operação da RSASF desenvolvida.

Assim que a comunicação entre computador e a EM é estabelecida, através do botão *Iniciar*, a mesma executa uma rotina que verifica a disponibilidade de dados de configurações definidos pelo usuário no GERF. Quando o tempo de aquisição de dados é atingido, a EM tentará estabelecer uma comunicação com a EMPA e enviará os dados recebidos desta para o GERF via serial. Se o valor de umidade crítica recebido estiver acima do limite definido no GERF, então a EM estabelecerá um *link* de comunicação com a EAR para que esta acione o conjunto moto-bomba. Depois que o tempo de operação da bomba for atingido, a EM emitirá um comando para a EAR informando que a bomba deve ser desligada, repetindo o ciclo logo em seguida.

Desenvolveu-se um protocolo de comunicação por cor, que utiliza um LED RGB, presente em todas as estações. Na EM a cor vermelha pisca de acordo com número da estação que não foi possível estabelecer uma comunicação; a tonalidade branca indica o recebimento de configurações oriundos do GERF via USB, enquanto que na EAR, essa última, assinala o acionamento da bomba de irrigação. Em qualquer uma das estações, a cor azul aponta que a estação está recebendo dados enquanto que a verde é designada para indicar o envio destes. Executaram-se simulações de comunicação, em laboratório, com o intuito de verificar a integração das funcionalidades do GERF com a RSASF, não sendo detectados nenhum problema. Por fim, realizou-se um teste prático de alcance na área externa da UNIVASF, que dispõe de alguns obstáculos como postes, carros e poucas árvores, a fim de se verificar o alcance máximo entre os nós da rede. As estações estavam funcionando em sua máxima potência e a cerca de 1,5m do chão, acarretando, nessas circunstâncias, em uma distância máxima, sem que houvesse perda de comunicação, de 800m, ou seja, 80% do valor ideal citado anteriormente.

CONCLUSÕES

Testes de integração entre o GERF e a RSASF apresentaram resultados esperados, demonstrando uma integração eficaz entre ambas. Além disso, a troca de informações entre os componentes do sistema proposto, em termos de alcance, foi satisfatória, indicando sua aplicabilidade em distâncias menores. Dessa maneira, atestamos que o sistema integrado, composto por GERF e RSASF, pode ser uma alternativa viável e eficaz no controle de processos que envolvam a leitura de seis

sensores ativos e controle de seis atuadores, com tensão de trabalho em 5V, separados por até 800m.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

REFERÊNCIAS

COATES, Robert W. et al. Wireless sensor network with irrigation valve control. **Computers and electronics in agriculture**, v. 96, p. 13-22, 2013.

OJHA, Tamoghna; MISRA, Sudip; RAGHUWANSHI, Narendra Singh. Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 118, p. 66-84, 2015.

RAHEEMAH, Auda et al. New empirical path loss model for wireless sensor networks in mango greenhouses. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 553-560, 2016.

SISTEMA AUTÔNOMO E EMBARCADO PARA IRRIGAÇÃO DE PRECISÃO

Rômulo Pereira de Almeida¹, Jefferson Raphael de Santana e Silva², Fábio Nelson de Sousa Pereira³, Daniel dos Santos Costa⁴, Álisson Pereira dos Santos⁵

¹ Graduando em Engenharia da Computação, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, romin.p.a@gmail.com;

² Graduando em Engenharia da Computação, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, jeffersonsantana2008@hotmail.com;

³ Professor Assistente II, Colegiado de Engenharia de Computação, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, fabio.nelson@univasf.edu.br;

⁴ Professor Assistente I, Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, daniel.costa@univasf.edu.br;

⁵ Graduando em Engenharia da Computação, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro - Bahia, lissonpsantos2@gmail.com

RESUMO: O agronegócio é um dos setores mais importantes da economia nacional, sendo a produção de alimentos responsável por cerca de 70% do consumo de água no Brasil. O gerenciamento desse recurso de forma inteligente é essencial, principalmente em anos de estiagem. Portanto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema autônomo e embarcado dedicado à irrigação de precisão. Este é composto por uma rede de sensores e atuadores sem fio (RSASF), um banco de dados e uma interface gráfica amigável para o usuário final. O sistema é constituído por: (1) nó sensor composto por sensores de umidade do solo Watermark® – responsável pela aquisição dos dados de umidade do solo; (2) nó atuador composto por válvulas solenoides – responsável pelo acionamento do sistema de irrigação; (3) nó coordenador composto por um Raspberry Pi® – responsável pelo gerenciamento do sistema. O dispositivo que proporciona o enlace de rádio digital bidirecional é o transceptor nRF24L01, que permitiu a implantação de uma rede MESH. O sistema mostrou-se robusto e versátil, principalmente decorrente do uso do Raspberry Pi®. Além disso, o sistema é eficiente em relação ao consumo de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de precisão; Eletrônica embarcada; Eficiência energética.

AUTONOMOUS AND EMBEDDED SYSTEM FOR PRECISION IRRIGATION

ABSTRACT: Agribusiness is one of the most important sectors of Brazil economy, with food production accounting for about 70% of Brazil water consumption. Managing this resource wisely is essential, especially in drought years. Therefore, this work aims at the development of an autonomous and embedded system dedicated to precision irrigation. This system consists of a network of sensors and wireless actuators (WSAN), a database and a user-friendly graphical user interface. The system consists of: (1) sensor node composed of soil moisture sensors Watermark® - responsible for the acquisition of soil moisture data; (2) actuator node composed of solenoid valves - responsible for the activation of the irrigation system; (3) coordinator node composed of a Raspberry Pi® - responsible for system management. The device that provides the bi-directional digital radio link is the nRF24L01 transceiver, which allows the deployment of a MESH network. The system proved to be robust and versatile, mainly due to the use of Raspberry Pi®. In addition, the system is energy-efficient.

KEYWORDS: Precision agriculture; Embedded electronics; Energy efficiency.

INTRODUÇÃO

A produção de alimentos possui significativa importância no que tange a economia nacional, sendo a água um dos principais recursos consumidos por esta atividade econômica. No Brasil o agronegócio é responsável por 70% do consumo de água potável (BRAGA, 2008), sendo este setor também responsável pelo maior desperdício deste recurso (GABRIEL, 2015).

A região do Vale do São Francisco que compreende as cidades de Juazeiro-BA e Petrolina-PE, é destaque no que diz respeito a fruticultura irrigada com suas lavouras permanentes, gerando um valor estimado de produção de aproximadamente 1 bilhão de reais (IBGE, 2015), caracterizando-a como uma Região Integrada de Desenvolvimento Econômico (RIDE).

Para gerenciamento de recursos hídricos é essencial a implantação de técnicas de irrigação que contemplem os preceitos do uso racional. Diversos parâmetros podem ser utilizados para mensurar a necessidade hídrica da planta, destacando-se umidade do solo, radiação solar, umidade e temperatura do ar. Objetivou-se com este trabalho o desenvolvimento de um sistema autônomo e embarcado capaz de auxiliar no manejo da irrigação de uma lavoura permanente tomando como parâmetro a umidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Tendo em vista a necessidade da gestão da água no cultivo, foi construído um sistema autônomo que monitora a umidade do solo em diversos pontos do cultivo e aciona válvulas solenoides quando a irrigação é necessária, além de prover o armazenamento dos dados monitorados, com tolerância a falhas, armazenamento de dados e apresentação destes dados de forma organizada ao usuário. Para a construção deste trabalho, dividiu-se o projeto em 3 módulos fisicamente independentes, sendo eles: Coordenador, Sensor e Atuador.

O módulo coordenador foi construído utilizando um Raspberry PI 2 modelo B que devido a sua robustez, permitiu a instalação de um sistema operacional Linux embarcado baseado no Debian, caracterizando-o como Raspbian. São instalados nesse dispositivo, a aplicação coordenadora da rede de sensores e atuadores sem fio, junto a um sistema gerenciador de banco de dados e servidor de aplicação web que permite a captação dos dados, e disponibilização destes na rede, e criação de interface com usuário através de uma página web.

O módulo atuador é implementado utilizando um microcontrolador responsável pelo gerenciamento de suas ações. Este módulo é instalado junto a uma válvula solenoide responsável por ativar a irrigação quando solicitado e informar ao coordenador sobre a conclusão bem-sucedida desta ação. Pode-se resumir o funcionamento deste dispositivo através da Figura 1.

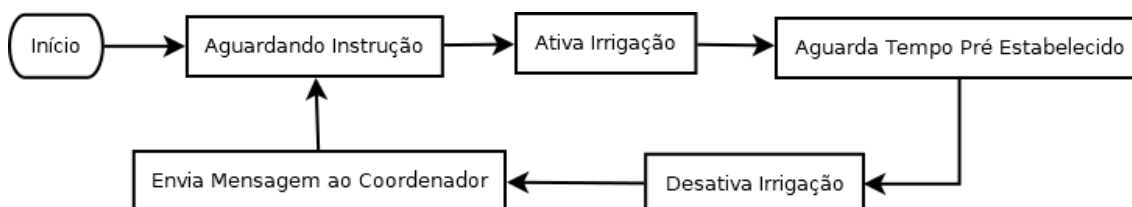


FIGURA 2. FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO DO MÓDULO ATUADOR.

O módulo sensor é instalado na plantação, sendo alimentado por baterias e painéis solares, e monitora a umidade do solo no lote no qual o seu nó atuador correlacionado está instalado. Este é responsável pela medição da umidade do solo e

tomada de decisão da necessidade de irrigação no lote, além de transmitir estes dados do coordenador para interface com o usuário. O funcionamento deste módulo está representado na Figura 2.

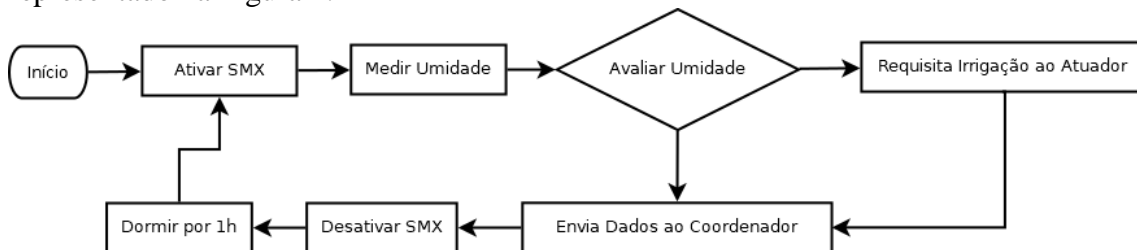


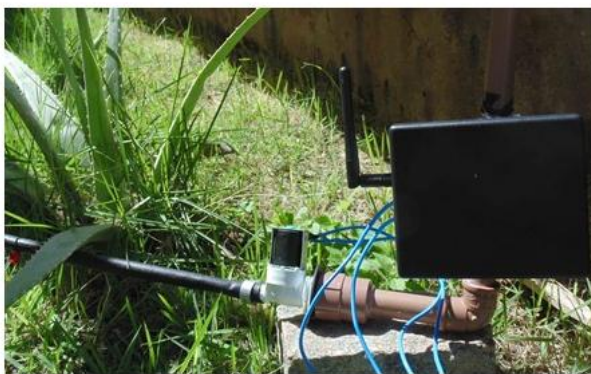
FIGURA 3. FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO DO MÓDULO SENSOR.

Todos os módulos se comunicam utilizando uma rede MESH que é responsável por promover tolerância a falhas, balanceamento de carga para manter a integridade, usabilidade e aumento do alcance da mesma. Para a implementação desta rede foi utilizado o transceptor nRF24L01+.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A construção do protótipo se mostrou viável, podendo destacar as dimensões dos dispositivos com 3,8 cm de altura, 10,4 cm de largura e 12,3 cm de comprimento cada módulo atuador ou sensor. Na figura 3B pode-se observar o módulo sensor posicionado e monitorando a umidade do solo no local através do sensor instalado logo abaixo. Este módulo possui corrente média de 40mA, o que permite o pleno funcionamento utilizando baterias e painéis solares para sua alimentação.

O módulo atuador pode ser visto na figura 3A, onde está instalado ao lado de uma válvula solenoide controladora de um sistema de irrigação por gotejamento.



(A)



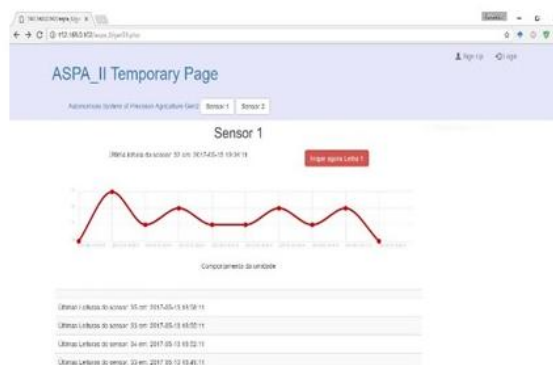
(B)

FIGURA 4. MÓDULO ATUADOR DA RSASF (A) E MÓDULO SENSOR DA RSASF (B).

Podemos destacar também o módulo coordenador que possui tamanho reduzido, apesar de sua robustez, proveniente de conexões de entrada e saída e Linux embarcado, como se pode ver na figura 4A. A interface com o usuário simplificada (Figura 4B), de fácil compreensão dos dados, permite ao usuário clareza na exibição dos resultados e o auxilia para manejar a irrigação da propriedade.



(A)



(B)

FIGURA 5. MÓDULO COORDENADOR DA RSASF (A) E PÁGINA WEB DE ACESSO AOS DADOS.

O transceptor se mostrou eficiente na transmissão de pacotes ao longo da rede, além de manter o sinal quando ocorre o aumento da distância entre os nós. Porém, o alcance da rede atingiu apenas 30m de distância em campo aberto, o que, apesar de sua eficiência, se torna um obstáculo quando o cenário é irrigação de precisão.

CONCLUSÕES

Utilizando o sistema desenvolvido é possível realizar medições da umidade do solo, apresentando estes dados ao usuário final e atuando sobre o sistema, tornando-se uma ferramenta para a tomada de decisão no contexto do manejo da irrigação.

REFERÊNCIAS

BRAGA, B. P. F. **Gestão de águas no Brasil**. Scientific American Brasil. 2008. n. 70, p. 38-41.

GABRIEL, C. P. C.; CAVALCA, D. L.; SALES, L. F. S., 2015. **Sistema de automação de irrigação do plantio**. Fórum Ambiental da Alta Paulista. v. 11, n. 6.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal - Lavoura Permanente**. 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 Jan. 2017.

DESENVOLVIMENTO DE UM PIRANÔMETRO DE BAIXO CUSTO A PARTIR DE UM TRANSISTOR 2N3055

Mário César Albuquerque de Oliveira¹, Álisson Pereira dos Santos², Daniel dos Santos Costa³, Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão⁴, José Bismark de Medeiros⁵

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro - BA, mc_193@hotmail.com;

² Graduando em Engenharia da Computação, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro - BA, lissonpsantos2@gmail.com;

³ Professor Assistente I, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro - BA, daniel.costa@univasf.edu.br;

⁴ Professor Associado IV, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro - BA, mario.miranda@univasf.edu.br;

⁵ Professor Associado I, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro - BA, jose.bismark@univasf.edu.br.

RESUMO: Medidas da radiação solar são extremamente necessárias para diversas aplicações, por conseguinte, instrumentos para medição desta variável meteorológica, de custo acessível, são igualmente importantes, já que geralmente os instrumentos existentes são bastante caros. Portanto, objetivou-se com esse trabalho desenvolver um piranômetro de baixo custo. O elemento sensor utilizado para mensuração da radiação global foi o transistor de potência 2N3055 da marca *Toshiba*®, sendo desenvolvidos dois modelos de sensores, os diferenciando quanto aos seus difusores (cúpula de vidro e Nylon) e circuitos de condicionamento. A aquisição e registro dos dados dos piranômetros testes foram realizado por um *data logger* microcontrolado. Ademais, os piranômetros desenvolvidos foram calibrados com sensor considerado padrão (CM6B da Kipp & Zonen), para comparação das respostas adquiridas. Por fim, os dados foram submetidos as análises de regressão linear e polinomial e a realização do Teste t de Student para verificar a significância dos coeficientes das regressões, obtendo a partir da análise de regressão linear coeficientes de determinação de 0,797 e 0,919 e na análise de regressão polinomial coeficientes de determinação de 0,958 e 0,956 para difusor de cúpula de vidro e difusor de Nylon, respectivamente. Logo, evidenciou-se a possibilidade da utilização dos piranômetros testes para a aquisição dos dados de radiação global em aplicações que não exijam alta precisão.

PALAVRAS-CHAVE: Energia na Agricultura, Instrumentação agrícola, Radiação Solar.

DEVELOPMENT OF A LOW-COST PYROMMOMETER FROM A TRANSISTOR 2N3055

ABSTRACT: Solar radiation measurements are extremely necessary for a variety of applications, thus, instruments for measuring this variable, with accessible cost, are equally important, since the existing instruments are generally quite expensive. Therefore, the purpose of this work was to develop a low-cost pyranometer. The sensor element used to measure the global radiation was the power transistor 2N3055 manufactured by Toshiba, being developed two models of sensors, differentiating them as for their diffusers (glass dome and Nylon) and signal conditioning circuits. The acquisition and recording of pyranometer data were performed by a microcontrolled datalogger. In addition, the developed pyranometers were calibrated with a standard sensor (CM6B from Kipp & Zonen), in order to compare the acquired responses. Finally, the data were submitted to the linear and polynomial regression analysis and the Student t test was performed to verify the significance of the regression coefficients, obtaining, from the linear regression analysis, determination coefficients equal to 0.797 and 0.919, and in the analysis of Regression

polynomial, determination coefficients of 0.958 and 0.956 for glass dome diffuser and nylon diffuser, respectively. Therefore, the possibility of using the pyranometers tests for the acquisition of the global radiation data in applications that do not require high precision was evidenced.

KEYWORDS: Energy in Agriculture, Agricultural Instrumentation, Solar Radiation.

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma área promissora que tem demandado soluções tecnológicas com o objetivo de aumentar a produção e otimizar o uso dos recursos tornando-se assim mais sustentável. Além disso, o uso dessas soluções reduz o impacto ambiental, o uso de agrotóxicos e ainda reduz os custos da produção (PAJARES; PERUZZI; GONZALEZ-DE-SANTOS, 2013).

Dessa forma, a agricultura de precisão tem buscado diferentes metodologias tais como: sistemas de informação geográfica (SIG), sistemas de posicionamento global (GPS), microeletrônica, instrumentação, sistemas de coleta de dados com tecnologias sem fio, entre outras (RIQUELME et al., 2009). Todas estas informações obtidas são utilizadas para conseguir informações precisas da colheita, do solo, clima e condições ambientais, com o objetivo de melhorar a produtividade e a qualidade dos cultivos, fazendo da agricultura de precisão uma área onde as tecnologias baseadas em sensores ocupam um papel importante.

O monitoramento dos parâmetros ambientais, que desempenham um papel fundamental no cultivo, é muito importante. Por exemplo: a radiação solar, faz-se necessária para o cálculo da evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998), além de ter uma influência importante na biossíntese de compostos fenólicos (DOWNEY et al., 2006).

Medidas da radiação solar são extremamente necessárias para diversas aplicações, por conseguinte, instrumentos para medição desta variável meteorológica, de custo acessível, são igualmente importantes, já que geralmente os instrumentos existentes são bastante caros. Com base na necessidade de dados da radiação solar, objetivou-se com este trabalho desenvolver um piranômetro utilizando o transistor 2N3055, como elemento sensor, visando seu uso como uma opção de baixo custo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os sensores piranômetros foram desenvolvidos no Laboratório de Energia na Agricultura (LENA) e os testes de calibração foram realizados na Estação Meteorológica Automática (09°26'56''S; 40°31'27''W, 356m) do Laboratório de Meteorologia (LabMet), ambos vinculados ao colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA.

O sensor padrão utilizado neste trabalho para calibração foi um piranômetro tipo termopilha CM6B da Kipp & Zonen o qual está conectado a um sistema automático de aquisição de dados, o Micrologger CR23X da *Campbell Scientific*. O piranômetro CM6B atende aos padrões internacionais, possuindo a ISO 9060, conseqüentemente, oferecendo alta precisão para medição da radiação difusa e direta.

A aquisição e registro dos dados dos piranômetros testes foram realizado por um *data logger* microcontrolado. Este é constituído de um microcontrolador PIC18F2620 da *Microchip*® e memória de massa, não volátil, do tipo cartão de memória SD/MMC com capacidade de armazenamento de 2Gb. O sistema de aquisição de dados foi configurado para mensurar e registrar dados a uma frequência de 1Hz, sendo também registrado a média do minuto (média de 60 leituras).

Desenvolvimento e calibração dos sensores

O elemento sensor utilizado para mensuração da radiação global foi o transistor de potência 2N3055 da marca *Toshiba*®. Este possui uma junção NPN, sensível à luz, dentro do encapsulamento TO-3 de metal, tornando-o útil para aplicações como piranômetro.

Foram desenvolvidos dois modelos de sensores, os diferenciando quanto aos seus difusores e circuitos de condicionamento. O modelo I apresenta uma cúpula de vidro, permitindo a transmitância total da radiação solar. A base foi feita de alumínio, conferindo resistência e robustez. No que concerne ao circuito, o condicionamento de sinal utilizado foi o circuito divisor de tensão, no qual conectou-se um resistor de 10kΩ em série com os terminais do transistor 2N3055, conferindo segurança ao elemento sensor (2N3055), no caso da impedância do transistor diminuir.

O modelo II apresenta um difusor de Nylon e o encapsulamento metálico do transistor. Esse modelo foi construído utilizando poucos recursos extras, sendo esta uma alternativa mais econômica para o desenvolvimento do piranômetro.

A respeito do circuito, o condicionamento utilizado foi o divisor de tensão, com resistor em série de 10kΩ e um amplificador operacional, na configuração não inversora, conferindo um ganho na saída do piranômetro. O componente eletrônico responsável do ganho foi o amplificador operacional MCP602. O ganho de tensão produzido foi de 13,2 vezes a tensão de saída do sensor.

Para a coleta dos dados, os sensores testes foram posicionados próximos do sensor padrão e em uma superfície de altura similar à do padrão. Além disso, os sensores testes, após posicionados, foram também nivelados.

Foram realizadas análises de regressão linear e polinomial com a finalidade de evidenciar a correlação existente entre os pares de dados, tanto na calibração como na validação. Por fim, foi realizado o Teste t de Student para verificar a significância dos coeficientes das regressões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo I, que possuía a cúpula de vidro, apresentou, a partir da análise de regressão linear, um R^2 de 0,797. Obteve-se ainda, através da análise de regressão polinomial um R^2 de 0,958. A análise estatística é mostrada na Tabela 1 a seguir, na qual pode-se observar, que a maioria dos coeficientes foram significativos a 1% de probabilidade pelo Teste t de Student, com exceção do coeficiente “c” que foi significativo a 5%.

**TABELA 3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DA CURVA DE CALIBRAÇÃO
MODELO I PROPOSTO.**

Modelo I	a	b	c	r	R^2
Eq. de transferência linear	1134,912*	205,651*	--	0,892	0,797
Eq. de transferência polinomial	-2468,457*	2946,051*	75,876**	0,979	0,958

*Significativo a 1% de probabilidade, pelo Teste t de Student. ** Significativo a 5% de probabilidade, pelo Teste t de Student. NS = Não significativo.

O modelo II, que possuía o difusor de Nylon, apresentou, a partir da análise de regressão linear, um R^2 de 0,919. Ainda referente ao modelo II, obteve-se da análise de regressão polinomial, um R^2 de 0,956. A análise estatística do referido modelo é apresentada na Tabela 2. Os coeficientes “a” foram significativos a 1% de probabilidade, os coeficientes “b” foram significativos a 1% de probabilidade, para a

equação linear, e significativo a 5% para a equação polinomial, enquanto o coeficiente “c” não foi significativo, sendo assim eliminado do modelo matemático polinomial.

TABELA 4. ANÁLISE ESTATÍSTICA DA CURVA DE CALIBRAÇÃO MODELO II PROPOSTO.

Modelo II	a	b	c	r	R²
Eq. de transferência linear	321,759*	79,473**	--	0,959	0,919
Eq. de transferência polinomial	-93,433*	583,577*	-7,351 ^{NS}	0,978	0,956

*Significativo a 1% de probabilidade, pelo Teste t de Student. ** Significativo a 5% de probabilidade, pelo Teste t de Student. NS = Não significativo.

Bons resultados foram encontrados em outros trabalhos como o de Finholdt (2008) que utilizou como elemento sensor o fotodiodo de silício plano BPW20R da Vishay Semiconductors desenvolvido para aplicações de alta precisão linear. Com este elemento sensor foi obtido um coeficiente de determinação de 0,995 realizando a calibração do sensor-teste a partir de um sensor padrão CM6B da *Kipp & Zonen*. Vilela (2010), que realizou um estudo de desenvolvimento de dois sensores de baixo custo, observou-se que a partir de células fotovoltaicas produzidas no LME/USP ele obteve coeficientes de determinação de 0,99908 e 0,9995 realizando a calibração dos sensores teste a partir de um sensor padrão CM22 da *Kipp & Zonen*.

CONCLUSÕES

O uso do transistor 2N3055, como elemento sensor, proporcionou o desenvolvimento de um piranômetro para aplicações que não exigem alta precisão, com custo bastante baixo de fabricação. Dessa forma, os sensores propostos apresentaram respostas satisfatórias, o que torna possível a utilização dos mesmos para realização de medidas de radiação global.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M.. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. v. 56, 300 p.
- DOWNEY, M.O.; DOKOOZLIAN, N.K.; KRSTIC, M.P. **Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: a review of recent research**. *Am. J. Enol. Vitic.* 57, 257–268, 2006.
- FINHOLDT, G. **Desenvolvimento e avaliação de uma estação meteorológica automática para manejo de irrigação**. 2008. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.
- PAJARES, G.; PERUZZI, A.; GONZALEZ-DE-SANTOS, P. **Sensors in Agriculture and Forestry**. *Sensors*, Suíça, n. 13(9), 12132–12139, set. 2013.
- RIQUELME, J. A. L.; SOTO, F.; SUARDÍAZ, F. J.; SÁNCHEZ, P.; IBORRA, A.; VERA, J.A. **Wireless Sensor Networks for precision horticulture in Southern Spain**. *Comput. Electron. Agric.* 68, 25–35, 2009.

VILELA, W. A. **Estudo, desenvolvimento e caracterização de radiômetros para medidas da radiação solar.** 2010. 178p. Tese (Doutorado em Engenharia Espaciais/Ciência e Tecnologia dos Materiais e Sensores) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 201

CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DOS MUNICÍPIOS POTIGUARES DE PAU DOS FERROS E DOUTOR SEVERIANO

WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS², RAFAELA LEITE DE OLIVEIRA¹, ALEX PINHEIRO FEITOSA², JOEL MEDEIROS BEZERRA⁴, JOSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO³

¹Discente do curso de Engenharia Civil, UFERSA – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, Pau dos Ferros, RN, E-mail: rafaela_crf@hotmail.com ²Professor, doutor em Manejo de Solo e Água, UFERSA – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, Pau dos Ferros, RN, E-mails: wesley.santos@ufersa.edu.br; alex.feitosa@ufersa.edu.br ³Professor, doutor em Recursos Naturais, UFERSA – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, Mossoró, RN, E-mail: jespino@ufersa.edu.br ⁴Professor, doutor em Engenharia Agrícola, UFERSA – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, Pau dos Ferros, RN, E-mail: joel.medeiros@ufersa.edu.br

RESUMO: A variabilidade da precipitação pluvial afeta diretamente os setores sociais e econômicos de uma região. Considerando os problemas que essa variabilidade pode causar ao ambiente e a população, esse trabalho tem como objetivo a caracterização pluviométrica dos municípios potiguares de Pau dos Ferros e Doutor Severiano, em escala anual, para uma série histórica de 52 anos (1964-2015). Os dados de precipitação pluvial foram obtidos através do banco de dados da EMPARN, sendo caracterizados mediante o uso da técnica dos quantis, que permitiu caracterizar o regime de precipitação. Devido à proximidade de localização dos dois municípios e a similaridade das condições topográficas, verificou-se que o regime de precipitação predominante, foi o regime Normal, o que indica que a problemática da falta de água na região não se deve apenas a irregularidade da ocorrência de chuvas, mas também à falta de planejamento adequado e de políticas de gerenciamento dos recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Clima, Variabilidade pluviométrica, Técnica dos Quantis.

PLUVIOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE MUNICIPAL POTIGUARES OF PAU DOS FERROS AND DOUTOR SEVERIANO

ABSTRACT: Rainfall variability directly affects the social and economic sectors of a region. Considering the problems that this variability can cause to the environment and the population, this work aims at the rainfall characterization of the municipalities of Pau dos Ferros and Doutor Severiano on an annual scale for a historical series of 52 years (1964-2015). Rainfall data were obtained through the EMPARN database, and were characterized by the quantil technique, which allowed characterizing the precipitation regime. Due to the proximity of location of the two municipalities and the similarity of topographic conditions, it was verified that the predominant precipitation regime was the Normal regime, which indicates that the problem of lack of water in the region is not only due to the irregularity of the occurrence But also to the lack of adequate planning and water resource management policies.

KEY-WORDS: Climate, Rainfall variability, Technique of Quantiles.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos que apresenta maior irregularidade espaço/temporal, ou seja, sua distribuição é variável tanto no espaço, de uma região para outra, quanto no tempo, podendo diferir bastante de um mês para outro

ou de um ano para outro (ALMEIDA, 2003). A variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial exerce influência direta sobre as atividades humanas.

A determinação prévia da variação dos elementos meteorológicos ao longo do ano e do espaço, possibilita um melhor planejamento das mais diversas atividades antrópicas. Na agricultura, por exemplo, o conhecimento antecipado das condições locais de solo, radiação solar e precipitação pluvial, e sua variação ao longo de um ciclo de cultivo, são significativos para a obtenção de rendimentos satisfatórios (SILVA et al., 2007).

O objetivo desse trabalho é realizar a caracterização pluviométrica dos municípios potiguares de Pau dos Ferros e Doutor Severiano, obtendo a variabilidade anual da precipitação pluvial destes municípios, para poder fornecer subsídios para o planejamento de atividades relacionadas aos setores produtivos, como a agropecuária, construção civil, o setor de transportes, entre outros.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação pluvial diária dos municípios de Pau dos Ferros e Doutor Severiano, de 1964 a 2015, (52 anos), foram disponibilizados através do banco de dados do site da EMPARN, e tabulados, em ordem crescente, por meio de planilhas do software Microsoft Excel, para a aplicação da técnica dos quantis a partir dos dados.

De acordo com Pinkayan (1966) e Xavier (2001, 2004, 2007), por meio dessa técnica, foram estabelecidas a classificação dos regimes de precipitação pluvial. Segundo Sena (2014), o cálculo para uma ordem quantílica p qualquer, por interpolação, utiliza-se a equação 1:

$$Q_p = y_j + \left\{ \frac{[p - p_j]}{[p_{j+1} - p_j]} \right\} \cdot [y_{j+1} - y_j] \quad (1)$$

Onde: p = probabilidade do quantil; p_j = probabilidade quantílica da ordem quantílica atual ($p_j = \frac{j}{(N+1)}$); p_{j+1} = probabilidade da ordem quantílica posterior e y_{j+1} = precipitação da ordem quantílica posterior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, pode-se verificar os quantis e a sua classificação, para os municípios de Pau dos Ferros e Doutor Severiano.

TABELA 1. CLASSIFICAÇÃO DOS QUANTIS DA DISTRIBUIÇÃO DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL ANUAL DOS MUNICÍPIOS DE DOUTOR SEVERIANO E PAU DOS FERROS – RN, NO PERÍODO DE 1964-2015.

Regimes de Chuva	Quantil	Precipitação (mm)
Pau dos Ferros-RN		
Muito Seco	$X_i \leq Q(0,15)$	$P \leq 468,25$
Seco	$Q(0,15) < X_i \leq Q(0,35)$	$468,25 < P \leq 667,19$
Normal	$Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$	$667,19 < P < 851,01$
Chuvoso	$Q(0,65) \leq X_i < Q(0,85)$	$851,01 \leq P < 1017,24$
Doutor Severiano-RN		
Muito Seco	$X_i \leq Q(0,15)$	$P \leq 497,80$
Seco	$Q(0,15) < X_i \leq Q(0,35)$	$497,80 < P \leq 657,13$
Normal	$Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$	$657,13 < P < 864,96$

Chuvoso	$Q(0,65) \leq X_i < Q(0,85)$	$864,96 \leq P < 1115,25$
Muito Chuvoso	$X_i \geq Q(0,85)$	$P \geq 1115,25$

A classificação do total de anos, conforme classificação do regime de chuvas, pode ser visualizada através da figura 1, que indica o período com eventualidades de precipitação.

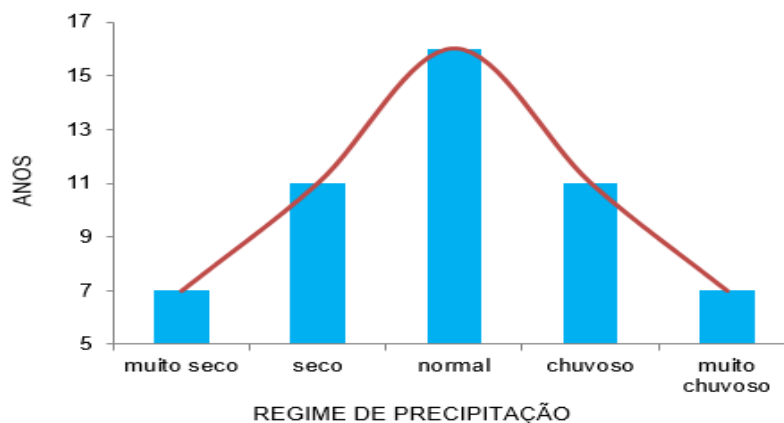


FIGURA 1. CLASSIFICAÇÃO DO REGIME DE PRECIPITAÇÃO ANUAL DOS MUNICÍPIOS DE DOUTOR SEVERIANO E PAU DOS FERROS – RN, NO PERÍODO DE 1964-2015.

Na figura 1, verifica-se que a caracterização do regime de precipitação para os municípios estudados, apresenta uma distribuição normal praticamente perfeita, pois, 7 anos foram muito secos, correspondendo a 13,5%; 11 anos foram secos, o que representa 21,1%; 16 anos foram normais, equivalendo a 30,8%, sendo esta, a maior frequência; 11 anos foram chuvosos, 21,1% e 7 anos foram muito chuvosos, correspondendo a 13,5%.

Os resultados obtidos nesse trabalho, assemelham-se aos estudos realizados por Monteiro, Rocha e Zanella (2012), assim como o de Barra (2015), para o município de Severiano Melo-RN, os quais apresentaram distribuição normal quase que perfeita, indicando a ocorrência de sazonalidade regular no regime de distribuição dos totais pluviométricos anuais.

CONCLUSÕES

Conforme os resultados apresentados, verificou-se que o percentual de anos classificados como sendo muito secos coincidiu com o percentual de anos muito chuvosos, e o regime de precipitação predominante, foi o Normal. Isso indica que a problemática da falta de água na região não se deve apenas a irregularidade das chuvas, mas também à falta de planejamento adequado e de políticas de gerenciamento dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. A. de. **Variabilidade anual da precipitação pluvial em Cabaceiras, PB.** In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XIII, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2003, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2003. pp. 835-837.

BARRA, Bárbara B. M. **Caracterização da precipitação pluviométrica da microrregião de pau dos ferros – RN.** 2015. 45 f. TCC (graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2015.

MONTEIRO, J.B.; ROCHA, A. B.; ZANELLA, M. E. 2012. Técnica dos Quantis para caracterização de anos secos e chuvosos (1980 – 2009): Baixo Curso do Apodi – Mossoró/RN. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. - 23 - p. 232-249.

PINKAYAN, S. Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area. Colorado: State University, Boulder-Co, 1966. (**Hidrology papers**, n. 12).

SENA, J. P. O.; et al. Caracterização da precipitação na microrregião do Cariri paraibano por meio da técnica dos quantis. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 07, n. 05, p. 871-879. 2014.

SILVA, J. C. da. Análise da distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. - 11, n. - 1, p. - 67-72. Campina Grande, 2007.

XAVIER, T. de M. B. S. **Tempo de chuva:** estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste setentrional. Fortaleza: ABC Editora, 2001.

XAVIER, T. de M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Papel da componente meridional do vento na costa do Nordeste para a previsão da chuva no Estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11. Vitória, ES. **Anais...** Vitória, 2004. p. 537-543.

XAVIER, T. de M. B. S; XAVIER, A. F. S; ALVES, J. M. B. **Quantis e eventos extremos:** aplicações em ciências da terra e ambientais. Fortaleza: RDS, 2007. 278 p.

ADAPTAÇÃO DE MODELOS BIOLÓGICOS DE CRESCIMENTO DO EUCALIPTO POR MEIO DA ADIÇÃO DE COMPONENTES METEOROLÓGICOS

Braulio Otomar Caron¹, Elvis Felipe Elli², Felipe Schwerz³, John Robert Stolzle³, Claiton Nardini⁴

¹ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS, otomarcaron@yahoo.com; ² Eng. Agrônomo, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, elvisfelipeelli@usp.br; ³ Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS, felipe_schwerz@hotmail.com; jstolzle@gmail.com ⁴ Graduando do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS, claitonnardini@live.com

RESUMO: Foram adicionadas novas variáveis preditoras em modelos biológicos não lineares, que levam em consideração a influência dos elementos meteorológicos sobre o crescimento em altura de espécies arbóreas. Os testes foram realizados por meio da condução de um experimento no período de 2007 a 2014, com o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Foi evidenciado que a temperatura mínima e a precipitação foram os elementos meteorológicos mais correlacionados com o crescimento em altura das árvores, portanto, adicionados como novas variáveis preditoras para explicar a curva de crescimento em altura das árvores. Os modelos adaptados apresentaram maior capacidade de explicar as variações ocorridas na curva de crescimento em altura do eucalipto, quando comparado aos modelos biológicos convencionais.

PALAVRAS-CHAVE: modelo de Von Bertalanffy-Richards, temperatura mínima, chuva.

ADAPTATION OF EUCALYPTUS GROWTH BIOLOGICAL MODELS BY THE ADDITION OF METEOROLOGICAL COMPONENTS

ABSTRACT: New predictive variables were added in non-linear biological models, which take into account the influence of climatic factors on the height growth of the tree species. The tests were carried out by conducting an experiment in the period from 2007 to 2014, with the hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. We evidenced that the minimum temperature and rainfall were the climatic factors most correlated with the height growth of the trees, therefore, added as new predictors variables to explain the height growth curve of the trees. The adapted models present greater capacity to explain how variations occur in the height growth curve of eucalyptus, when compared to conventional biological models.

KEY-WORDS: Von Bertalanffy-Richards' model, minimum temperature, rainfall.

INTRODUÇÃO

A altura é uma importante variável utilizada para a tomada de decisão quanto a determinação de tratos culturais do povoamento, planejamento florestal, sucessão e estimativa do volume das árvores (PENG; ZHANG; LIU, 2001). O crescimento em altura relaciona-se com o nível de interação intra-específica (JOSE; GILLESPIE;

PALLARDY, 2004), características do solo e disponibilidade de nutrientes, bem como, das condições meteorológicas do local de cultivo (LÖHMUS; OJA; LASN, 1989; NEWMAN, 1973).

A altura é comumente utilizada na modelagem do crescimento de plantas arbóreas. Os modelos biológicos de crescimento comumente apresentam como variável dependente o tamanho de um determinado organismo, e como variável independente o tempo, além dos coeficientes de regressão. Nestes casos, os elementos meteorológicos não são levados em consideração. Em regiões onde há inverno rigoroso, com temperaturas mínimas absolutas inferiores a zero graus e ocorrência de geadas, espécies arbóreas sensíveis ao frio podem apresentar danos nas gemas apicais, comprometendo o crescimento do terço superior das árvores. Estas e outras variações na curva de crescimento causadas pelas variáveis meteorológicas não são explicadas pelos modelos biológicos existentes na literatura até o momento.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi modificar modelos biológicos, por meio da adição de variáveis preditoras que levem em consideração o efeito das variáveis meteorológicas no crescimento em altura das árvores.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil, com localização geográfica de 27°22'S, 53°25'W a 480 m de altitude. O experimento foi instalado em setembro de 2007, por meio do plantio manual das mudas, após a aração e gradagem da área. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados e os fatores de estudo foram as espécies arbóreas e as épocas de aferição da altura das árvores, com três repetições para cada tratamento.

A determinação da altura das plantas iniciou em março de 2008, no início da estação de outono, selecionando-se 18 árvores de eucalipto. A partir deste momento, foram realizadas avaliações trimestrais, no início de cada estação do ano, até a primavera de 2014, sendo avaliadas as mesmas árvores até a última avaliação. Para mensuração da altura de planta, utilizou-se uma trena até os valores atingirem 2,00 m e posteriormente um Hipsômetro Vertex III, sendo determinada da superfície do solo até as últimas axilas foliares. Foram testados sete modelos não lineares para estimar a altura das árvores em função do tempo: Schumacher, von Bertalanffy-Richards, Clutter-Jones, Prodan, Bailey com 4 parâmetros, Mitscherlich e Gompertz.

Para a estimação dos coeficientes dos modelos não lineares de regressão, utilizou-se o método dos mínimos quadrados, em que foi executado o procedimento *proc nlin* no *Software Statistical Analysis System* (SAS). Após a seleção dos modelos com as melhores estatísticas de ajustes para cada espécie, foram adicionadas novas variáveis preditoras nos mesmos, levando-se em consideração os elementos meteorológicos. Para tanto, o primeiro passo foi determinar quais elementos apresentavam maior correlação com a variável dependente, que foi a altura. Isto foi realizado utilizando-se a técnica de regressão múltipla *Stepwise* (*Stepwise Multiple Regression*). As variáveis meteorológicas selecionadas pelo método *Stepwise* foram considerados como novas variáveis explicativas e o modelo não linear como melhor desempenho foi novamente ajustado. Novos parâmetros (β_n) foram adicionados nos modelos e os coeficientes foram estimados pelo método dos mínimos quadrados ordinário.

Para análise da relação entre os valores observados e estimados, os seguintes índices estatísticos e erros foram considerados: Coeficiente de determinação - R^2 , Índice de Concordância de Willmott - d, Índice de Confiança - C, Erro médio - EM, Erro absoluto médio - EAM e Índice de eficiência de modelagem - E.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de von Bertalanffy-Richards foi o qual apresentou o melhor desempenho ($R^2 = 0,92$; $D = 0,98$; $C = 0,94$; $EM = 0,01$, $EAM = 1,42$) e os seus coeficientes foram os seguintes: $\beta_0 = 26,17$; $\beta_1 = 0,00078$; $\beta_2 = 1,3692$. As variáveis meteorológicas selecionadas pelo método *Stepwise* foram a temperatura mínima e chuva. Após a inclusão das variáveis meteorológicas e novo ajuste dos modelos não lineares, os coeficientes foram testados quanto a sua significância pelo teste t. A partir disso, o modelo foi adaptado conforme descrito na equação 1:

$$h = (Chuva^{\beta_0}) (Tmin^{\beta_1}) \beta_2 (1 - e^{-\beta_3 A})^{\beta_4} + \varepsilon \quad (1)$$

Em que h = altura, em m; $Prec$ = chuva, em mm; $Tmin$ = Temperatura mínima, em °C; $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = parâmetros do modelo; e = base do logaritmo natural; A = idade, em meses; ε = erro aleatório;

O modelo adaptado apresentou desempenho satisfatório ($R^2 = 0,91$; $D = 0,98$; $C = 0,93$; $EM = 0,02$, $EAM = 1,48$) e os seus novos coeficientes foram os seguintes: $\beta_0 = 0,0109$; $\beta_1 = 0,1028$; $\beta_2 = 17,8813$; $\beta_3 = 0,0008$; $\beta_4 = 1,3824$. A partir das novas variáveis preditoras geradas, foi possível visualizar a evolução da altura das espécies arbóreas ao longo do tempo, sob influência dos elementos meteorológicos (Figura 1). A relação entre os valores observados e estimados estão apresentados na Figura 2. A ocorrência de temperaturas mínimas inferiores a 0 °C e a ocorrência de geadas no período outonal e invernal provocou uma leve redução do crescimento em altura do eucalipto, ao passo de que a ausência de períodos com déficit hídrico aumentou a taxa de crescimento dessa espécie arbórea.

O dano de baixas temperaturas sobre as plantas arbóreas pode variar de acordo com o nível de sensibilidade da espécie, idade das plantas, tipo de órgão da planta, intensidade das temperaturas mínimas e ocorrência de geadas. Este dano pode ocorrer na forma de redução da taxa de crescimento das plantas ou perda de biomassa do ápice caulinar e das folhas. Hendrickson et al., (2004) constataram que temperaturas mínimas de 1 a 3°C reduziram de 34 a 63% a taxa de crescimento de *Vitis vinifera*. Gatti et al., (2008) demonstraram que baixas temperaturas afetam a taxa fotossintética de *Euterpe edulis*.

A senescência das folhas e caules ocorre devido ao congelamento da solução extra celular. A partir disso, ocorre um desequilíbrio entre o potencial químico da água intra e extra-celular, gerando o processo de transferência de água, até que o equilíbrio seja novamente atingido. Entretanto, a transferência hídrica provoca a desidratação celular, redução da turgescência celular, acúmulo de solutos e ruptura da membrana plasmática (HEBER; SANTARIUS, 1973).

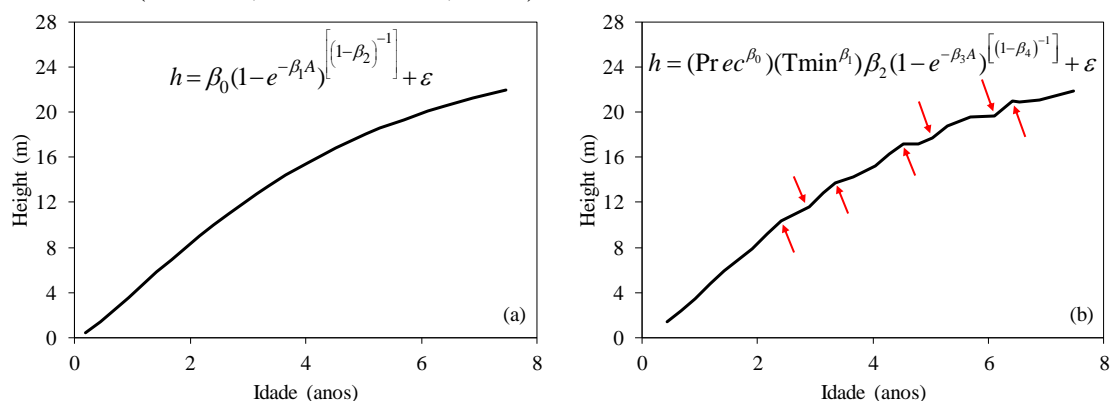


Fig. 1. Comparação entre a curva de crescimento em altura de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* determinada pelo modelo de Von Bertalanffy-Richards (a) e por um modelo que leva em consideração a chuva e temperatura mínima do local de cultivo como estimadores da curva (b).

Tratando-se da precipitação, os resultados estão de acordo com Sanquetta et al., (2014), ao verificar que o crescimento de *Acacia mearnsii* depende do conteúdo de água disponível no solo. Morales et al., (2004) encontraram alta correlação entre a precipitação e o crescimento das espécies *Juglans australis*, *Alnus acuminata*, *Prosopis ferox* e *Polylepis tarapacana*.

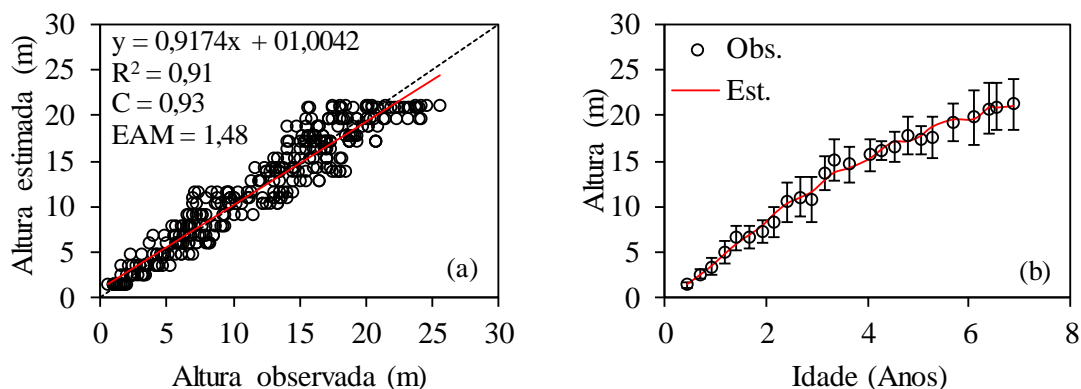


Figura 2. Relação entre a altura observada e estimada do eucalipto por meio do modelo adaptado de von Bertalanffy-Richards que apresenta variáveis predictoras que levam em consideração a temperatura mínima e a chuva (a); Evolução da altura observada e estimada por meio do modelo adaptado de Von Bertalanffy-Richards (b). Barras indicam o desvio padrão da média da altura observada.

A disponibilidade de água no solo afeta diretamente a taxa transpiratória, condutância estomática e fotossíntese, uma vez que abertura e fechamento dos estômatos são controlados pelo potencial hídrico do solo. A ausência de estresse hídrico permite o aumento da concentração interna de CO₂ nas folhas devido a maior condutância estomática, aumentando a taxa fotossintética das plantas (BAUHUS et al., 2010). Estas informações demonstram coerência com os resultados encontrados neste trabalho e com as variáveis meteorológicas selecionadas para compor o modelo adaptado.

CONCLUSÕES

O modelo de Von Bertalanffy-Richards foi o mais flexível para representar o crescimento do eucalipto. A adaptação do modelo de Von Bertalanffy-Richards por meio da adição de componentes meteorológicos permitiu demonstrar a influência das condições meteorológicas sobre a curva de crescimento das espécies arbóreas, principalmente da temperatura mínima e chuva.

REFERÊNCIAS

ARMSTRONG, R. A.; MCGEHEE, R. COMPETITIVE EXCLUSION. *The American Naturalist*, v. 115, n. 2, p. 151–170, 1980.

BAUHUS, J. et al. *Ecosystem goods and services from plantation forests*. [s.l.] Earthscan, 2010.

GATTI, M. G. et al. Frost resistance in the tropical palm *Euterpe edulis* and its pattern of distribution in the Atlantic Forest of Argentina. *Forest Ecology and Management*, v. 256, n. 4, p. 633–640, 2008.

HEBER, U.; SANTARIUS, K. A. Cell death by cold and heat and resistance to extreme temperatures: mechanisms of hardening and dehardening. In: *Temperature and Life*. Springer-V ed. Berlin: [s.n.]. p. 232–292.

HENDRICKSON, L. et al. Low temperature effects on photosynthesis and growth of grapevine. *Plant, Cell and Environment*, v. 27, n. 7, p. 795–809, jul. 2004.

JOSE, S.; GILLESPIE, A. R.; PALLARDY, S. G. Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agroforestry Systems*, v. 61, n. 1, p. 237–255, 2004.

LÖHMUS, K.; OJA, T.; LASN, R. Specific root area: A soil characteristic. *Plant and Soil*, v. 119, n. 2, p. 245–249, 1989.

MORALES, M. S. et al. RAINFALL-CONTROLLED TREE GROWTH IN HIGH-ELEVATION SUBTROPICAL TREELINES. *Ecology*, v. 85, n. 11, p. 3080–3089, nov. 2004.

NEWMAN, E. I. Competition and Diversity in Herbaceous Vegetation. *Nature*, v. 244, p. 310–310, 1973.

PENG, C.; ZHANG, L.; LIU, J. Developing and validating nonlinear height–diameter models for major Tree species of Ontario’s boreal forests. *Northern Journal of Applied Forestry*, v. 18, n. 3, p. 88–94, 2001.

SANQUETTA, C. R. et al. A Model Based on Environmental Factors for Diameter Distribution in Black Wattle in Brazil. *PLoS ONE*, v. 9, n. 6, p. e100093, 16 jun. 2014.

CALIBRAÇÃO E ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DE *Coffea arabica* A PARTIR DE DADOS EM GRID

Taynara Tuany Borges Valeriano¹, José Reinaldo da S. C. de Moraes², Lucas E. O. Aparecido³, Kamila Meneses⁴, Glauco de Souza Rolim⁵

¹ Doutoranda, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, taynarabvaleriano@gmail.com; ² Mestrando, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, reinaldojmoraes@gmail.com; ³ Mestranda, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, meneses.kamila@yahoo.com.br; ⁴ Doutorando, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, lucas-aparecido@outlook.com; ⁵ Dr. Prof. Glauco de Souza Rolim, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, rolim@fcav.unesp.br

RESUMO: Modelos agrometeorológicos para estimar a produtividade são aplicados no monitoramento dos cultivos, fornecendo informações para o planejamento do mercado interno e externo. Um fator limitante, são os dados de entrada que na maioria das vezes são provenientes de estações de superfície. O objetivo deste trabalho foi de calibrar o modelo de estimativa de produtividade proposto por Santos e Camargo (2006), para dados de sistemas globais em GRID, para as principais regiões cafeeiras dos Estados de São Paulo e Minas Gerais. Os sistemas utilizados foram o European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) e a National Aeronautics and Space Administration (NASA). Foi utilizado ainda no modelo, dados provenientes de estações de superfície, para fins de comparação e validação, dos modelos com os dados em GRID. A calibração dos coeficientes foi feita de acordo com o método do Gradiente Reduzido Generalizado 2 (GRG2). Dados independentes foram utilizados para a validação. O erro médio percentual absoluto (MAPE), diminuiu em relação aos modelos que utilizaram dados de superfície, indicando que a calibração dos coeficientes para os dados do ECMWF e da NASA foram eficientes. Os valores de MAPEs médios foram de 23,76 e 24,61% para as calibrações com dados do ECMWF e da NASA, respectivamente. Os testes com dados independentes confirmaram a melhoria da calibração.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem, café, sensoriamento remoto, dados em grid.

CALIBRATION AND ESTIMATION OF *Coffea arabica* YIELD FROM GRIDDED DATA

ABSTRACT: Agrometeorological models for estimating yield have been applied to monitoring crops, providing information for internal and external market planning. A limiting factor of these models is the origin of the input data, which are mostly from surface meteorological stations. The objective of this study was to estimate coffee yield in important coffee-producing regions of the Brazilian states of São Paulo and Minas Gerais using a modified agrometeorological model initially developed by Santos and Camargo (2006) with GCM provided and developed by the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) and the National Aeronautics and Space Administration (NASA). The calibration of the coefficients was done according to the Generalized Reduced Gradient 2 (GRG2) method. Independent data were used to verify the calibration. The mean absolute error (MAPE) decreased with respect to the models that used surface data, indicating that the calibration of the coefficients for ECMWF and NASA data were efficient. The mean MAPE values were 23.76 and 24.61% for the

calibrations with ECMWF and NASA data, respectively. Tests with independent data confirmed the improvement in calibration.

KEY-WORDS: modeling, coffee, remote sensing, gridded data.

INTRODUÇÃO

O café é a segunda *commodity* de maior valor no mercado mundial, perdendo apenas para o petróleo (DAMATTA; RAMALHO, 2006). O conhecimento de modelagem de cultivo agrícolas, por meio da estimativa das produtividades regionais, tornou-se uma questão estratégica para os países no planejamento de abastecimento interno e mercados internacionais (SANTOS; CAMARGO, 2006).

O modelo desenvolvido por Santos e Camargo (2006) é comumente o mais utilizado no Brasil para estimar a produtividade de café. Este modelo foi baseado no modelo desenvolvido por Camargo et al. (2003) que utilizaram dados agrometeorológicos para estimar perdas de produtividade com base em componentes fenológicos, hídricos e térmicos. Santos (2005) parametrizou os coeficientes de sensibilidade e considerou os efeitos da bienalidade produtiva.

Modelos agrometeorológicos tradicionalmente utilizam dados climáticos de estações meteorológicas de superfície, que é uma limitação, porque o Brasil não tem uma rede de estações que atende a todas as necessidades (PEREIRA et al., 2002). O uso de dados em GRID é um método para resolver este problema. Esses dados são normalmente de fácil acesso e provenientes de uma variedade de fontes realizando a estimativas e previsões dividindo a superfície e a atmosfera da Terra em uma grade tridimensional (BECHTOLD et al., 2008). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi de calibrar o modelo de estimativa de produtividade proposto por Santos e Camargo (2006), para dados em GRID para as principais regiões cafeeiras dos Estados de São Paulo e Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo de estimativa de produtividade de café desenvolvido por Santos e Camargo (2006) (YSC) é baseado em um modelo agrometeorológico para estimar a perda de produtividade (Q (%)) proposto por Camargo et al. (2003), é um modelo matemático composto por um componente fenológico e fatores de penalização, sendo um fator por penalização hídrica (fDH), outros dois por temperaturas adversas ($fTMAX$) e ($fTMIN$). Santos (2005), realizou a parametrização dos coeficientes utilizados e inseriu uma nova penalização em função da produtividade do ano anterior. Foram utilizadas neste trabalho, modificações do modelo Santos e Camargo (2006), propostas por Valeriano (2017). A estimativa de produtividade do cafeeiro foi determinada conforme as equações 1 e 2.

$$Q\% = \left[1 - \left(ky0 \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) \right) \right] [fDH] [fTMIN] [fTMAX] \quad (1)$$

$$Y_{est} = [(1 - Q\%) Y_p] \quad (2)$$

em que: $Q\%$, é a quebra relativa de produtividade; $ky0$ é um coeficiente de penalização em função da produtividade do ano anterior; Y_{aa} , é a produtividade do ano anterior ($sc\ ha^{-1}$); Y_p é a produtividade potencial ($sc\ ha^{-1}$); fDH , $fTMIN$, $fTMAX$, são fatores de

penalizações por deficiência hídrica, temperaturas mínimas e temperaturas máximas, respectivamente; e Yest, é a produtividade estimada ($sc\ ha^{-1}$).

Os locais estudados foram, Coromandel, Tiros, Monte Santo de Minas, Guaxupé e Serra do Salitre em Minas Gerais; no Estado de São Paulo foram, Franca, Cristais Paulista, Mococa, Osvaldo Cruz e Gália. Para os testes com dados independentes, foram utilizados os dados dos locais, Muzambinho, Passos e Rio Paranaíba em Minas Gerais.

As calibrações dos coeficientes do modelo para os dados de entrada do ECMWF e NASA foi realizada conforme o método de GRG2 proposto por Lasdon et al. (1978). A acurácia dos modelos foi determinada conforme erro médio percentual absoluto (MAPE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O erro médio percentual absoluto (MAPE), diminuiu em relação aos modelos que utilizaram dados de superfície, indicando que a calibração dos coeficientes para os dados do ECMWF e da NASA foram eficientes. Os valores de MAPEs médios foram de 23,76% e 24,61% para as calibrações com dados do ECMWF, da NASA respectivamente. (Figura 1). Na região oeste de São Paulo, a precisão dos modelos foi maior com MAPE <28% para ECMWF (Figura 1A) e NASA (Figura 1B). O Cerrado Mineiro foi a região com menor precisão (MAPE > 44%). Os lugares com os maiores problemas foram o Monte Santo de Minas e Serra do Salitre, tanto para ECMWF quanto NASA.

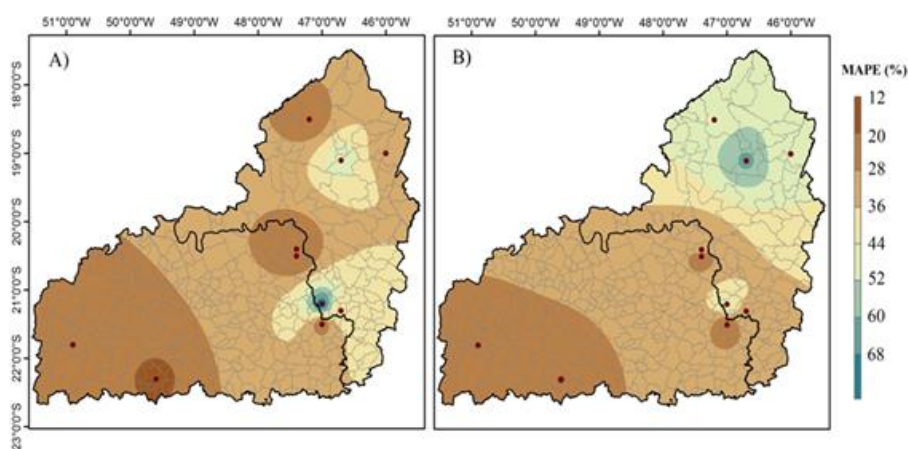


Figura 1. Interpolação dos valores de MAPE (%) na região estudada, dos modelos de produtividade do ECMWF (A) e NASA (B).

Os testes realizados para três novos locais (Muzambinho, Rio Paranaíba e Passos) confirmaram a melhora do modelo quando calibrados com os dados GCM. Os valores de MAPE foram menores para os modelos calibrados com ECMWF e dados da NASA do que o modelo calibrado com dados de superfície (Figura 2). Muzambinho respondeu mais à calibração, com um MAPE de 46% quando calibrado com dados de superfície e 16% quando calibrado com os dados da NASA. Não houve tal redução somente em Passos (MG), mas as diferenças entre os valores calibrados com a

superfície e dados GD foram apenas 3 e 9% para ECMWF e NASA, respectivamente.

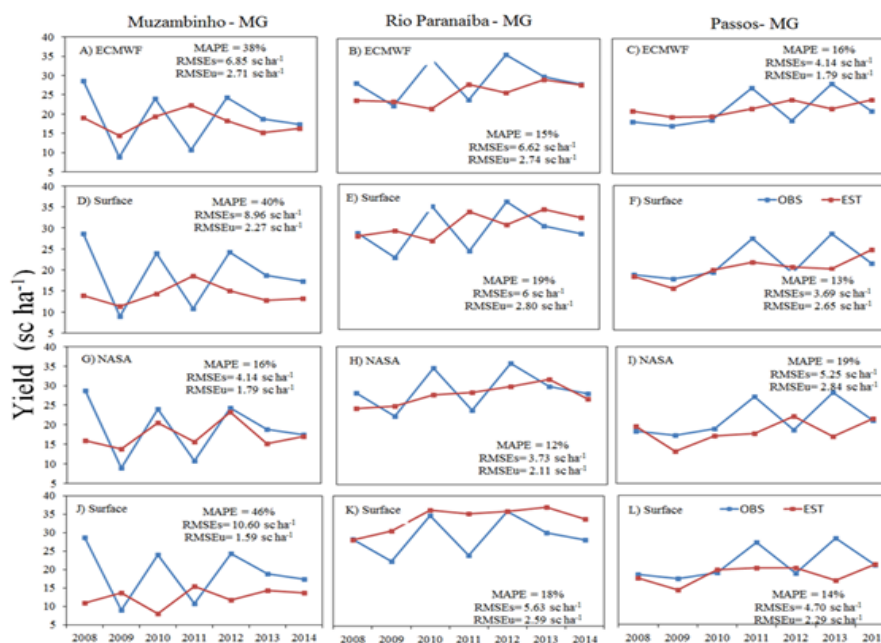


Figura 2. Comparação entre os dados observados (OBS) e estimados (EST) dos locais testados para as duas fontes de dados calibradas; Para Muzambinho: Y_{ECMWF} , Y_{SC-S} (A, D); Y_{NASA} , Y_{SC-S} (G, J); Rio Paranaíba: Y_{ECMWF} , Y_{SC-S} (B, E); Y_{NASA} , Y_{SC-S} (H, K); e PASSOS: Y_{ECMWF} , Y_{SC-S} (C, F); Y_{NASA} , Y_{SC-S} (I, L).

CONCLUSÕES

A produtividade de café para São Paulo e Minas Gerais pode ser calibrado e estimado utilizando-se os dados em GRID do ECMWF e da NASA.

REFERÊNCIAS

BECHTOLD, P.; KOHLER, M.; JUNG, T.; DOBLAS-REYES, F.; RODWELL, M. J.; VIART, F.; BALSAMO, G. Advances in simulating atmospheric variability with the ECMWF model: From synoptic to decadal time-scales. **Q.J.R. Meteorol. Soc.** v.134, p.1337-1351, 2008.

CAMARGO, M. B. P.; SANTOS, M. A.; PEDRO JUNIOR, M. J.; FAHL, J. I.; BRUNINI, O.; MEIRELES, E. J. L.; BARDIN, L. Modelo agrometeorológico de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade como subsidio à previsão de safra de café (*Coffea arabica* L.): resultados preliminares. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, Porto Seguro, 2003. **Anais...** Brasília, Embrapa Café 7576.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v.18, p.55-81, 2006.

LASDON, L., WARREN, A., JAIN, A., RATNER, M. Design and testing of a generalized reduced gradient code for nonlinear programming. **ACM Transactions on Mathematical Software**, 4, 34-50, 1978.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. (2002). Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 478p.

SANTOS, M. A.; CAMARGO, M. B. P. Calibration of an agrometeorological model for predicting coffee (*Coffea arabica* L.) productivity in Sao Paulo state, Brazil. **Bragantia**, v.65, n.1, p.173-183, 2006.

SANTOS, M.A. dos. **Parametrização de coeficientes de sensibilidade e teste de modelos agrometeorológicos de estimativa de quebra de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Campinas, 146p. Dissertação (Mestrado), Instituto Agrônômico de Campinas, APTA, 2005.

VALERIANO, T. T. B. **Produtividade de café arábica estimada a partir de dados de Modelos de Circulação Global**. Jaboticabal 92p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2017.

EQUACÕES DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DE CHUVAS INTENSAS PARA A MICRORREGIÃO DE MOSSORÓ-RN

WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS², BRENDA ALINE PEREIRA MIRANDA¹, JOSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO³, LUIZ CÉSAR DE AQUINO LEMOS FILHO⁴, BÁRBARA BEATRIZ MELO BARRA¹

¹Discente do curso de Engenharia Civil, UFERSA – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, Pau dos Ferros, RN, E-mail: barra.beatriz19@hotmail.com;brendaaline3@hotmail.com

²Professor, doutor em Manejo de Solo e Água, UFERSA – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, Pau dos Ferros, RN, E-mails: wesley.santos@ufersa.edu.br; ³Professor, doutor em Recursos Naturais, UFERSA – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, Mossoró, RN, E-mail: jespinoia@ufersa.edu.br ⁴Professor, doutor em Engenharia Agrícola, UFERSA – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, Mossoró, RN, E-mail: lcalfilho@ufersa.edu.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros das equações de intensidade, duração e frequência (IDF) das chuvas máximas médias para a Microrregião de Mossoró a partir da desagregação de chuvas diárias pela metodologia proposta pela CETESB. Foram utilizados dados pluviométricos diários dos municípios da microrregião do período de 1964 a 2013 (50 anos) disponibilizados pela EMPARN para o estudo das intensidades máximas médias de precipitação, utilizando planilhas do software Excel. De acordo com análise estatística, verificou-se a aderência dos dados de precipitação à distribuição de probabilidade de Gumbel por meio do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de probabilidade. A distribuição de Gumbel se mostrou adequada aos dados de chuvas intensas, evidenciando a variabilidade dos parâmetros com os dados de precipitações máximas diárias anuais.

PALAVRAS-CHAVE: Chuvas máximas, IDF, Gumbel.

EQUATIONS OF INTENSITY, DURATION AND FREQUENCY OF INTENSIVE RAINS FOR THE MICROREGION OF MOSSORÓ-RN

ABSTRACT: The objective of this work was to determine the parameters of the intensity, duration and frequency equations of the mean maximum rainfall - IDF for the Mossoró Microregion from the daily rainfall breakdown by the methodology proposed by CETESB. Daily rainfall data of the municipalities of the microregion in the period 1964 to 2013 (50 years) made available by EMPARN were used for the study of mean maximum precipitation intensity using excel spreadsheets. According to statistical analysis, the adherence of the precipitation data to the probability distribution of Gumbel was verified through the Kolmogorov-Smirnov test at the 5% probability level. The distribution of Gumbel was adequate to the data of intense rains, evidencing the variability of the parameters with the data of annual precipitations maximum daily.

KEY-WORDS: Maximum rainfall, IDF, Gumbel.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é importante para os estudos climáticos, pois quando ocorrida em excesso, ocasiona complicações, para os setores produtivos da sociedade tanto econômico e social (agricultura, transporte e hidrologia), causando enchentes, assoreamento dos rios, e quedas de barreiras (AMORIM et al., 2008)

O conhecimento de eventos hidrológicos extremos é um requisito em projetos de drenagem, impermeabilização além de outras obras de engenharia, seja em áreas urbanas ou rurais, pois faz com que o projetista considere os riscos existentes com a execução da obra e, associe a melhor alternativa, do ponto de vista econômico, sem deixar de considerar as questões técnicas de desempenho e segurança (SOUZA et al., 2013).

Com base nisso, o objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros das equações de intensidade, duração e frequência (IDF) das chuvas máximas médias para a Microrregião de Mossoró, a partir da desagregação de chuvas diárias em chuvas de menor duração.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a determinação das intensidades médias máximas de chuvas da Microrregião de Mossoró foram utilizados dados pluviométricos diários dos municípios (Areia Branca, Baraúna, Grossos, Mossoró e Tibau), no período de 1964 a 2013 (50 anos) disponibilizados pela (EMPARN, 2012).

Os dados foram organizados em planilhas do software Excel para obtenção das chuvas máximas diárias anuais que foram desagregadas em chuvas de diferentes durações de acordo com a metodologia proposta pela (CETESB, 1986), apresentada na Tabela 1. Essa metodologia é considerada uma alternativa para determinação das equações IDF, por meio da desagregação de dados diários obtidos de pluviômetros, para locais que não dispõem de registros de chuvas obtidos de pluviógrafos (ANA, 2011).

Tabela 1. Coeficientes de desagregação para diferentes durações de chuva
Relação entre alturas pluviométricas Coeficiente de desagregação

Relação entre alturas pluviométricas	Coeficiente de desagregação
5 min para 30min	0,34
10min para 30min	0,54
15min para 30min	0,70
20min para 30min	0,81
25min para 30min	0,91
30min para 1h	0,74
1h para 24h	0,42
2h para 24h	0,48
3h para 24h	0,54
6h para 24h	0,72
8h para 24h	0,78

10h para 24h	0,82
12h para 24h	0,85
24h para 1dia	1,14

Fonte: CETESB (1986).

Para a obtenção das curvas de intensidade-duração-frequência, foi utilizada a distribuição de probabilidade de Gumbel para análise dos dados das precipitações máximas, devido essa distribuição se ajustar satisfatoriamente às distribuições de valores extremos de grandezas hidrológicas conforme Sansigolo (2008). Para verificar a aderência da distribuição de Gumbel aos dados de precipitação diária máxima anual foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, verificou-se a tendência de melhor aderência dos dados a distribuição de Gumbel, conforme verificou-se na Tabela 2.

Tabela 2. Valores do $D_{m\acute{a}x}$ calculados ao nível de 5% de significância para os dados de precipitação máxima diária anual dos municípios da microrregião de Mossoró.

Municípios	$D_{m\acute{a}x}$ calculado
Areia Branca	0,072 ^{ns}
Baraúnas	0,103 ^{ns}
Grossos	0,080 ^{ns}
Mossoró	0,080 ^{ns}
Serra do mel	0,098 ^{ns}
Tibau	0,088 ^{ns}

^{ns}Efeito não significativo, não se rejeita a hipótese H_0 (A distribuição de Gumbel, adequa-se aos dados de intensidade máxima de chuva).

Os resultados obtidos foram semelhantes aos citados na literatura sobre as distribuições de probabilidades aplicadas a valores extremos máximos, em que a distribuição de Gumbel surge como a mais indicada e melhor ajustada (BEN-ZVI, 2009).

Os parâmetros (K, a, b e c) das equações de intensidade duração e frequência obtidos para as localidades estudadas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros das equações de intensidade duração e frequência (IDF), para os municípios da microrregião de Mossoró de 1964 a 2013 obtidos por meio do método de desagregação das chuvas.

Municípios	K	a	b	c	R ²
Areia Branca	756,311	0,216	9,778	0,741	0,986
Baraúnas	734,552	0,198	9,778	0,741	0,989

Grossos	507,354	0,209	9,778	0,741	0,987
Mossoró	752,889	0,221	9,778	0,741	0,985
Serra do mel	552,732	0,217	9,778	0,741	0,985
Tibau	653,824	0,173	9,778	0,741	0,993

De acordo com os valores dos parâmetros das equações IDF apresentados na Tabela 3, houve a tendência de b (9,778) e c (0,741) apresentarem valores constantes para todos os municípios. Essa tendência também foi observada por Oliveira et al. (2008) e Silva (2009), sendo considerado uma consequência da desagregação de chuvas diárias, ou da forma de determinação dos parâmetros, pois para dados de pluviógrafos, a mesma tendência não foi observada (CECÍLIO; PRUSKI, 2003).

CONCLUSÕES

A distribuição de Gumbel se mostrou adequada aos dados diários anuais de chuvas intensas. A equação empírica obtida pode ser usada para representar a intensidade, duração e frequência, para precipitações máximas da microrregião de Mossoró, podendo ser usada na elaboração de projetos hidráulicos.

REFERÊNCIAS

AMORIM, R. C. F.; RIBEIRO, A.; LEITE, C. C.; LEAL, B. G.; SILVA, J. B. G. Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 30, n. 1, p. 87-91, 2008.

ANA - **Agência Nacional das Águas. Hidro Web**: sistemas de informações hidrológicas. <http://hidroweb.ana.gov.br>. 10 Mar. 2011.

BEN-ZVI, A. Rainfall intensity–duration–frequency relationships derived from large partial duration series. **Journal of Hydrology**, v.367, p.104–114, 2009.

CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F. Interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.501-504, 2003.

CETESB - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. Drenagem urbana: manual de projeto. 1.ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 466p, 1986.

EMPARN - **Setor de meteorologia da emparn**: 20 anos de serviços prestados à sociedade norterriograndense, 2012.

OLIVEIRA, L. F. C.; ANTONINI, J. C. A.; FIOREZE, A. P.; SILVA, M. A. S. Métodos de estimativa de precipitação máxima para o Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.12, p.620-625, 2008.

SANSIGOLO, C. A. Distribuição de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 3, p. 341-346, 2008.

SILVA, B. M. **Chuvas intensas em localidades do estado de Pernambuco**. Recife: UFPE, 2009. 100p. Dissertação Mestrado.

SOUZA, V. A. S. DE.; NASCIMENTO, R. K. DO.; NUNES, M. L. A.; ROSA, A L D DA.; Análise de chuvas intensas por meio da desagregação de precipitações diárias de Jaru e Machadinho d'Oeste- RO, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 80-85, jan/mar de 2013.

IMPROVEMENT OF SUGARCANE YIELD THROUGH INCREASING ROOTING DEPTH AND VIGOR

Henrique Boriolo Dias¹, Paulo Cesar Sentelhas²

¹Eng. Agrônomo, Doutorando do PPG-ESA, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, henrique.bdias@yahoo.com.br; ²Engenheiro Agrônomo, Prof. Associado 3, Departamento de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, pcsentel.esalq@usp.br

ABSTRACT: Long-term simulations with APSIM-Sugarcane model for four traditional sugarcane-growing regions in Brazil were carried out to evaluate yield under different rooting depths and vigor for two contrasting soils in terms of water availability (Entisol and Oxisol). The results showed that sugarcane yield could be increased, on average, from 21.7 to 47.6 t ha⁻¹ depending on the soil type and region. However, chemical and physical soil properties need to be managed in order to achieve this potential gain.

KEY-WORDS: *Saccharum* spp.; APSIM-Sugarcane; Resilient agriculture.

AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DE APROFUNDAMENTO E MELHORIA DO VIGOR DO SISTEMA RADICULAR

RESUMO: Simulações para longas séries históricas com o modelo APSIM-Sugarcane para quatro regiões produtoras tradicionais de cana-de-açúcar no Brasil foram realizadas para avaliar a produtividade sob diferentes profundidades e vigor do sistema radicular em dois solos hidricamente contrastantes (Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho Amarelo). Os resultados mostraram que a produtividade da cana-de-açúcar poderia ser incrementada, na média, de 21,7 a 47,6 t ha⁻¹ dependendo do tipo de solo e da região. Todavia, aspectos químicos e físicos de solos necessitam ser manejados para que esse ganho potencial possa ser atingido.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp.; APSIM-Sugarcane; Agricultura resiliente.

INTRODUCTION

In Brazil, water deficit is the main cause of sugarcane yield gap (DIAS, 2016; MONTEIRO; SENTELHAS, 2017). Strategies to mitigate the sugarcane yield gap by water deficit are important to ensure present and future sugar and bioenergy requirements. Drought tolerant cultivars can minimize sugarcane yield losses under rainfed conditions (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005). In this context, process-based models can support crop-breeding programs to understand genotype-environment interactions in water-limited environments (CHAPMAN et al., 2002). For sugarcane, Inman-Bamber et al. (2012) and Singels et al. (2016) used APSIM-Sugarcane and DSSAT/CANEGRO models to assess some traits that could be improved in the sugarcane ideotypes for water-limited environments or periods during growing season, in Australia and South Africa, respectively. Among the traits evaluated, deeper and denser roots are the most promising ones for sugarcane.

Considering the importance of water deficit in sugarcane yield gap in Brazil and the high climate variability present in the main sugarcane producing regions, the aim of this study was to evaluate sugarcane yield under different root depths and vigor in four traditional sugarcane growing regions in Brazil, by simulations of APSIM-Sugarcane model for a long-term period.

MATERIAL AND METHODS

This study was developed for four traditional sugarcane-producing regions in Brazil, named Piracicaba, Ribeirão Preto and Catanduva, in the state of São Paulo, and Uberaba, in Minas Gerais. Although these locations has similar rainfall distribution patterns, they differs, at least to some extent, in terms of intensity of water stress. Weather data from 1917 to 2016 was used for Piracicaba (obtained from ESALQ/USP) and from 1980 to 2013 for other locations (obtained from INMET and CIIAGRO). Weather data when missing was filled with Brazilian Water Agency data, for rainfall, and with gridded data provided by Xavier et al. (2015), for the other variables.

Sugarcane yield simulations were carried out with APSIM-Sugarcane, properly calibrated and validated by Dias (2016) for several Brazilian conditions and cultivars. The planting was simulated in April and harvested in July, followed by four 13-month-old ratoons. The final stalk population was set as 11, 10, 9, 8 and 7 stalks m^{-2} for each successive crop in order to represent, in a simplified way, the loss of vigor in later ratoons, which can result in yield decline. From the last harvesting in November to next planting in April, the crop was followed and straw was left on the soil surface to simulate a green cane trash blanket, a common management in the assessed locations. Nitrogen was applied for obtaining maximum yield. During the entire simulation the residue, water balance and nitrogen balances were not reset. Sugarcane yield (stalks in fresh basis) for the plant cane and four ratoons together was used for comparisons.

The simulations also considered two contrasting soils in terms of water availability: an Entisol (*Neossolo Quartzarênico*) and an Oxisol (*Latossolo Vermelho Amarelo*). The soil profile data for the Entisol was obtained from RadamBrasil Project and for the Oxisol from Laclau and Laclau (2009) (Table 1). For Oxisol, the water limits was estimated through a specific pedotransfer function developed by Barros (2010). The values for root water extraction coefficient (K_L) for these two soils were generated by exponential functions of Singh et al. (2014), where the first 20 cm was considered as 0.10. The values are similar to those presented by Inman-Bamber et al. (2000). For a usual soil exploration by sugarcane roots, maximum roots depth was 75 and 60 cm for Entisol and Oxisol, respectively (called “Regular” root system) (Table 1). Sugarcane root system is concentrated in the first 60-80 cm (LACLAU; LACLAU, 2009; SMITH et al., 2005), nevertheless, it can extract water up to 3 m or more (SMITH et al., 2005). In the study of Laclau and Laclau (2009) in Piracicaba, SP, maximum roots depth was 4.70 m and 4.25 m in the rainfed and the irrigated area, respectively. Trying to represent deeper roots, an increment in the root system exploration, the maximum depth was set as 175 cm and 150 cm for Entisol and Oxisol, respectively (Table 1). In addition, to increase depth, roots were also considered more efficient to extract water by increasing the lower limit (LL) to 10% and 5% for Entisol and Oxisol, respectively, similar to Inman-Bamber et al. (2012) (Table 1). The LL for the first 20 cm was not changed to avoid confounding the root depth and vigor traits with emergence rate (INMAN-BAMBER et al., 2012) (called “Deep and vigorous” root system). The hypothetical more vigorous and deeper roots for Entisol and Oxisol could extract 0.085 mm cm^{-1} and 2.641 mm cm^{-1} of water, respectively.

Table 1. Root water extraction coefficients, soil bulk densities, saturated water contents, drained upper limits for two soils (Entisol and Oxisol) and lower limits and soil water holding capacities for the two root systems considered.

Depth (cm)	K_L^a d^{-1}	BD^b ($g\ cm^{-3}$)	SAT^c ($cm\ h^{-1}$)	DUL^d	Regular		Deep and vigorous	
					LL^e ($cm^3\ cm^{-3}$)	$SWHC^f$ (mm)	LL ($cm^3\ cm^{-3}$)	$SWHC$ (mm)
Entisol								
0-6	0.100	1.40	0.430	0.111	0.028	7.0	0.028	7.0
6-19	0.100	1.48	0.408	0.093	0.025	13.1	0.025	13.1
19-50	0.077	1.46	0.410	0.070	0.020	22.6	0.018	23.5
50-75	0.060	1.53	0.394	0.090	0.021	26.4	0.019	27.2
75-175	0.032	1.57	0.360	0.080	-	-	0.027	83.2
Oxisol								
0-20	0.100	1.370	0.493	0.478	0.382	26.3	0.382	26.3
20-40	0.079	1.350	0.500	0.489	0.401	23.8	0.381	29.2
40-60	0.067	1.150	0.574	0.520	0.337	42.1	0.320	46.0
60-100	0.051	1.130	0.581	0.549	-	-	0.387	73.4
100-150	0.032	1.120	0.585	0.500	-	-	0.223	155.0

^aRoot extraction constant; ^bSoil bulk density; ^cSaturated water content; ^dDrained upper limit (-10 kPa); ^eLower limit (-1500 kPa); ^fSoil water holding capacity

RESULTS AND DISCUSSION

The variability of sugarcane yield for all studied locations, simulated for two soils and two root systems, is presented in Figure 1. The variability is similar for all locations, despite their differences in yield levels. The sugarcane yield in Uberaba is, comparatively, slightly higher than other locations, which have similar levels. The yield increment for the Entisol was, on average, 23.5, 21.7, 25.2 and 27.7 $t\ ha^{-1}$ respectively for Catanduva, Piracicaba, Ribeirão Preto and Uberaba. For Oxisol, the increment was, on average, 38.6, 30.7, 44.4 and 47.6 $t\ ha^{-1}$ for the same sequence of locations. The relative yield gain was higher in the Oxisol because the simulations for deep and vigorous roots provided more available water than the Entisol. Comparatively, the relative yield gain for Entisol was higher in Ribeirão Preto and Uberaba than in Piracicaba and Catanduva. In the case of Oxisol, the relative yield gain for Piracicaba was slightly lower compared to other locations, which had similar relative yield gain.

The increase of roots depth also provided yield increments in the simulations carried out in Australia with APSIM-Sugarcane by Inman-Bamber (2012). Nevertheless, Singels et al. (2016) in simulations with DSSAT/CANEGRO indicated that increasing root growth rate does not necessarily leads to sucrose yield increment in South Africa conditions. According to these authors, the sink of carbon for root growth competes with stalk growth, which can reduce sucrose yield. It is important emphasize that the simulations were conducted without pest, weed, diseases and nutritional restrictions, which can also reduce sugarcane yields. Considering the nutritional aspects, both soils can limit the roots depth and exploration. It is recognize that Entisol is poor in terms of nutrients and Oxisols, in general, present limitations related to acidity in soil subsurface. These two aspects need to be addressed to explore effectively the sugarcane roots growth potential. Another aspect that needs attention is the soil compaction recently observed in several sugarcane regions caused by intense mechanization. Under

such condition, sugarcane yield increments of the same magnitude found in this study could be achieved in the Brazilian fields.

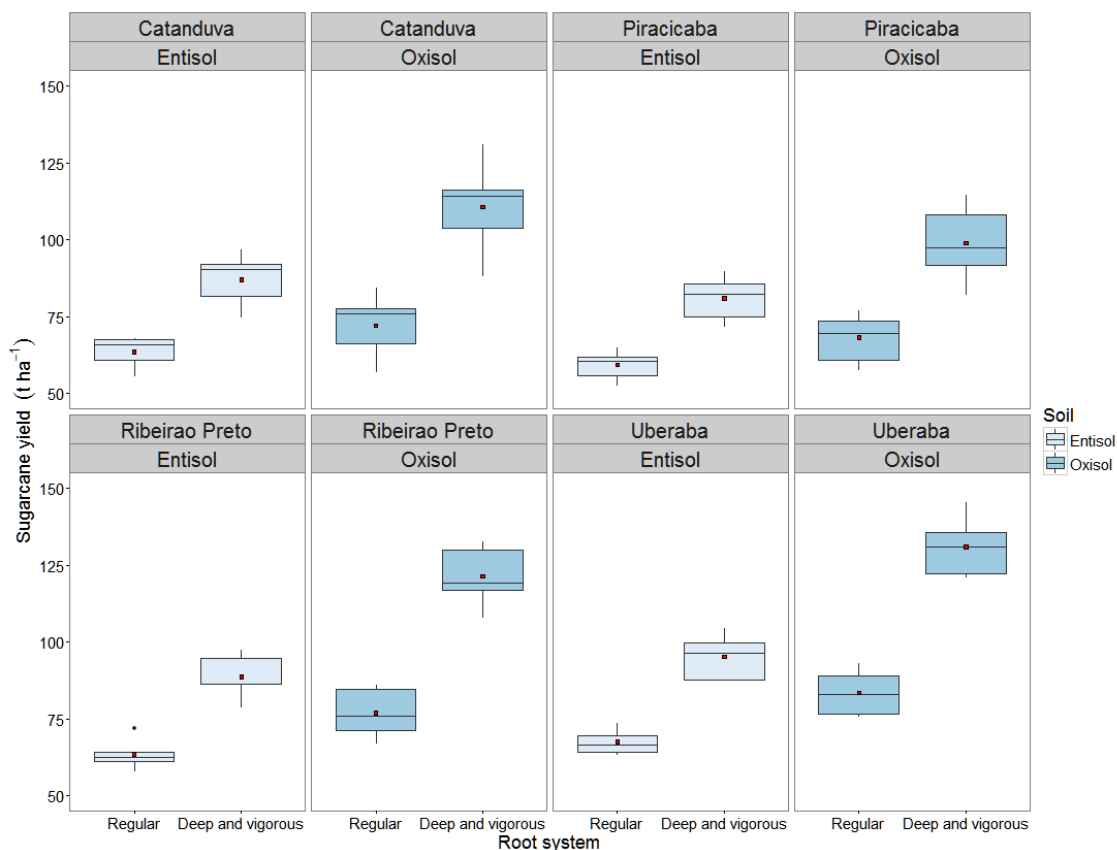


Figure 1. Sugarcane yield ($t\ ha^{-1}$) for traditional growing regions in Brazil (Catanduva, Piracicaba, Ribeirão Preto e Uberaba) for two soils with different water availability (Entisol and Oxisol) and two root systems (Regular, and Deep and vigorous) simulated by APSIM-Sugarcane model. The red squares represents the mean in the boxplot.

CONCLUSIONS

Increasing in the roots depth and vigor have a great potential to increment sugarcane yield in traditional Brazilian growing regions.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are thankful to the São Paulo Research Foundation (FAPESP) for the PhD. scholarship (grant number 2016/11170-2).

REFERENCES

BARROS, A.H.C. **Desenvolvimento de funções de pedotransferência e sua utilização em modelo agro-hidrológico.** 2010. 149p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

CHAPMAN, S.C.; COOPER, M.; HAMMER, G.L. Using crop simulation to generate genotype by environment interaction effects for sorghum in water-limited environments. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 53, p. 379–389, 2012.

DIAS, H.B. **Intercomparação de modelos de simulação da cana-de-açúcar e seu uso na avaliação da quebra de produtividade e dos impactos da irrigação em diferentes regiões do Brasil**. 2016. 162p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

INMAN-BAMBER N.G., LAKSHMANAN P., PARK S. Sugarcane for water-limited environments: theoretical assessment of suitable traits. **Field Crops Research**, v. 34, p. 95-104, 2012.

INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v. 92, p. 185–202, 2005.

INMAN-BAMBER, N.G.; ZUND, P.R.; MUCHOW, R.C. Water use efficiency and soil water availability for sugarcane. **Proceedings of the South African Sugar Technologists Association**, Mount Edgecombe, v. 22, p. 264-269, 2000.

LACLAU, P.B.; LACLAU, J.P. Growth of the whole root system for a plant crop of sugarcane under rainfed and irrigated environments in Brazil. **Field Crops Research**, v. 114, p. 351-360, 2009.

MONTEIRO, L.A.; SENTELHAS, P.C. Sugarcane yield gap – Is it possible to determine it at national level with a simple agrometeorological model? **Crop and Pasture Science**, v. 68, n. 3, p. 272-284, 2017.

SINGELS, A.; JONES, M.R.; VAN DER LAAN, M. Modelling impacts of stomatal drought sensitivity and root growth rate on sugarcane yield. In: INTERNATIONAL CROP MODELLING SYMPOSIUM, 2016, Berlin, **Proceedings...**, 2016, p. 292-293, 435p.

SMITH, D.M.; INMAN-BAMBER, N.G.; THORBURN, P.J. Growth and function of the sugarcane root system. **Field Crops Research**, v. 92, p. 169–184, 2005.

XAVIER, A.C.; KING, C.W.; SCANLON, B.R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**. n. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE BREJO GRANDE-SE

Igor Leonardo Nascimento Santos¹, Leno Gonzaga de Souza², Raimundo Rodrigues Gomes Filho³, Diego Bispo dos Santos Farias⁴, Ketylen Vieira Santos⁵

¹Mestrando em Recursos Hídricos, UFS, São Cristovão, Sergipe, igorsantos1993@gmail.com;

²Graduando em Engenharia Agrícola, UFS, São Cristovão, Sergipe, leno_120@hotmail.com; ³Professor, UFS, São Cristovão, Sergipe, rrgomesfilho@hotmail.com; ⁴Graduando em Engenharia Agrônômica, UFS, São Cristovão, Sergipe, diegotrust@gmail.com; ⁵Graduanda em Engenharia Agrícola, UFS, São Cristovão, Sergipe, ketylenvs@hotmail.com;

RESUMO: O município de Brejo Grande está localizado no extremo nordeste do estado de Sergipe, em zona de planície litorânea, junto à foz do rio São Francisco. Dispõe de uma estação meteorológica automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A evapotranspiração de referência, como uma das componentes do balanço de água, é de grande utilidade em climatologia, para a quantificação das disponibilidades hídricas regionais. Apesar da existência de diversos métodos para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), eles, no entanto, são utilizados em condições climáticas e agrônômicas muito diferentes, em função da disponibilidade de dados climáticos. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar a ET_o pelos métodos empíricos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Linacre, e compará-los com o método de Penman-Monteith, padrão da Organização das Nações Unidas (ONU), para as condições climáticas do município de Brejo Grande, no período de agosto de 2014 a maio de 2016. A correlação entre os métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Linacre e o método padrão de Penman-Monteith foi realizada com base em indicadores estatísticos. O método de Blaney-Criddle teve melhor correlação na estimativa da ET_o com o método de Penman-Monteith, em relação aos métodos de Camargo, Hargreaves-Samani e Linacre.

PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith, Equações empíricas, Dados climáticos.

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION OF BREJO GRANDE REGION

ABSTRACT: The municipality of Brejo Grande is located in the extreme northeast of the state of Sergipe, in an area of coastal plain, near the mouth of the river São Francisco. It has an automatic meteorological station, belonging to the National Institute of Meteorology (INMET). The reference evapotranspiration, as one of the components of the water balance, is of great use in climatology, for the quantification of regional water availability. Despite the existence of several methods to estimate reference evapotranspiration (ET_o), they are, however, used in very different climatic and agronomic conditions, depending on the availability of climatic data. In this context, the objective of this work was to estimate the ET_o by the empirical methods of Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle and Linacre, and to compare them with the Penman-Monteith method, standard of the United Nations, for the climatic conditions of the municipality of Brejo Grande, from August 2014 to May 2016. The correlation between the methods of Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Linacre and the standard Penman-Monteith method was performed based in statistical indicators. The Blaney-Criddle method had a better correlation in the estimation of ET_o with the

Penman-Monteith method, compared to the Camargo, Hargreaves-Samani and Linacre methods.

KEY-WORDS: Penman-Monteith, empirical equations, climatic data.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é o principal processo de perda de água para a atmosfera, acontece através da evaporação da água presente no solo e a transpiração dos tecidos vegetais simultaneamente (ALENCAR et al., 2011). Ela depende da interação dos elementos climáticos, como a radiação solar, velocidade do vento, temperatura e umidade do ar (ZANETTI et al., 2008).

De acordo com Alves Sobrinho et al. (2011), a evapotranspiração de referência (ET_o) pode ser obtida por técnicas consideradas diretas e precisas com o uso de equipamentos especiais, como lisímetros, ou também pode ser estimado usando modelos matemáticos, proporcionando resultados satisfatórios. No entanto, o uso de lisímetros de pesagem tem custos elevados (SANTOS et al., 2008), que restringe sua utilização a instituições de pesquisa, com aplicação justificável apenas para calibração regional de métodos indiretos.

Os métodos indiretos são calculados através de fórmulas preestabelecidas, como o de Camargo, Linacre, Hargreaves-Samani, Blaney Criddle, entre outros. O método considerado padrão é o de Penman-Monteith. E a escolha de qual método utilizar depende dos dados disponíveis no local de estudo (ARAÚJO et al., 2007).

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar quatro métodos empíricos para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) em relação ao método de Penman-Monteith (FAO 56) para a região de Brejo Grande, Estado de Sergipe.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados diários de temperatura, umidade, pressão, velocidade do vento e radiação solar foram obtidos em uma estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET localizada no município de Brejo Grande – SE.

Foi utilizado o software ET_oCalc para estimativa da ET_o pelos métodos de Camargo, Linacre, Hargreaves-Samani, Blaney Criddle e Penman-Monteith. Os dados climatológicos do período de agosto de 2014 a maio de 2016 foram tabulados e estimados os valores de Evapotranspiração de Referência (ET_o) pelos métodos empíricos citados a seguir.

No método de Camargo a ET_o é estimada diretamente pela seguinte equação:

$$ET_o = 0,01 * Q_o T_{med} \quad (1)$$

em que: Q_o é a radiação solar extraterrestre (tabelado em função da latitude do local e do mês), expressa em mm de evaporação equivalente, T_{med} é temperatura média do período considerado, em °C.

O método de Hargreaves-Samani foi desenvolvido para as condições climáticas de clima semiárido da Califórnia em 1985. É recomendado pela FAO (ALLEN et al., 1998) como uma opção para a estimativa de ET_o, quando há somente disponibilidade de dados de temperatura do ar. Obtiveram a seguinte equação:

$$ET_o = 0,0023 (T_{med} + 17,8) (T_{max} - T_{min})^{0,5} R_a \quad (2)$$

em que: T_{med}, T_{max} e T_{min}, em °C, representam, respectivamente, temperaturas média, máxima e mínima e R_a é a radiação solar no topo da atmosfera (mm dia⁻¹), obtida por equação ou tabelas.

O método de Blaney Criddle estima a ET_o diretamente pela seguinte equação:

$$ET_o = c [(0,457 T + 8,13)P] \quad (3)$$

em que: c é o coeficiente regional de ajuste da equação (tabelado em função do brilho solar, velocidade do vento e umidade relativa mínima); T é a temperatura média mensal, em °C e P é a percentagem mensal de horas anuais de luz solar.

O método de Linacre estima a ET_o pela equação:

$$ET_o = \frac{700 \frac{(T_{med} + 0,006 z)}{(100 - \emptyset)} + 15(T_{med} - T_d)}{(80 - T_{med})} \quad (4)$$

O método de Penman-Monteith considera que a evapotranspiração de referência incorpora os aspectos aerodinâmico e termodinâmico, inclui na sua dedução a resistência ao fluxo de calor sensível e vapor da água (FERNANDES et al., 2011). É recomendado pelo FAO como método padrão (ALLEN et al., 1998) para estimativa da ET_o , descrita pela equação:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34 U_2)} \quad (5)$$

em que: Δ é a declividade da curva de pressão de vapor de saturação, em kPa °C⁻¹; R_n é o saldo de radiação à superfície, em MJ m⁻² dia⁻¹; G é o fluxo de calor no solo, em MJ m⁻² dia⁻¹; γ é a constante psicrométrica, em kPa °C⁻¹; T é a temperatura do ar a 2 m de altura, em °C; U_2 é a velocidade do vento à altura de 2 m, em m s⁻¹; e_s é a pressão de saturação de vapor, em kPa; e_a é a pressão de vapor atual do ar, em kPa.

A correlação entre os métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Linacre e o método padrão de Penman-Monteith foi realizada com base em indicadores estatísticos, a fim de se observar a precisão dada pelo coeficiente de correlação (r) que está associado ao desvio entre valores estimados e medidos indicando o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média.

Os valores de coeficiente de correlação encontrados foram classificados de acordo com a metodologia de Hopkins (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação das correlações de acordo com coeficiente de correlação (r)

Coeficiente de correlação (r)	Classificação
0,0 – 0,1	Muito Baixa
0,1 – 0,3	Baixa
0,3 – 0,5	Moderada
0,5 – 0,7	Alta
0,7 – 0,9	Muito alta
0,9 – 1,0	Quase perfeita

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 podem ser observadas as relações entre os valores calculados pelos métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Linacre, respectivamente, com os valores obtidos pelo método padrão de Penman-Monteith, para o município de Brejo Grande no período de agosto de 2014 a maio de 2016.

A

B

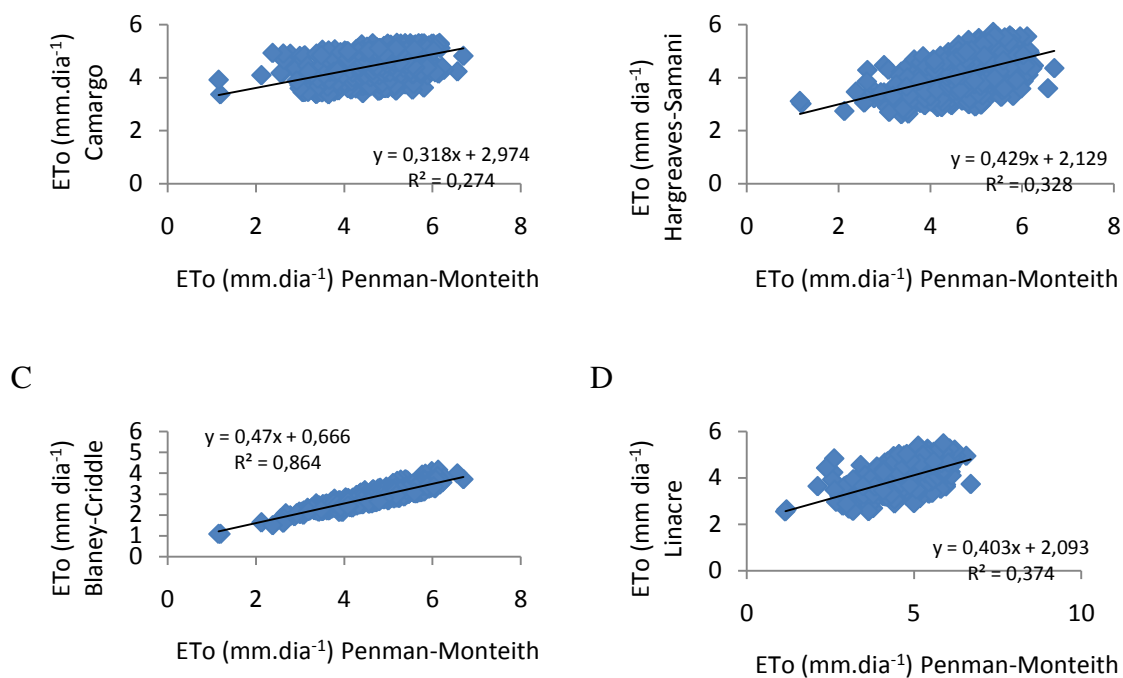


Figura 1. Relação entre os valores calculados pelo método de Camargo (A), Hargreaves-Samani (B), Blaney-Criddle (C) e Linacre (D) com os valores obtidos pelo método de Penman-Monteith para o município de Brejo Grande no período de agosto de 2014 a maio de 2016.

Os valores do coeficiente de correlação foram iguais a 0,52; 0,57; 0,93 e 0,61 para os métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Linacre, respectivamente, e de acordo com a metodologia de Hopkins foram classificados como alta correlação para os métodos de Camargo, Hargreaves-Samani e Linacre, sendo classificado como quase perfeito o método de Blaney-Criddle para o município de Brejo Grande.

Batista et al. (2007) compararam os métodos de Penman 63, FAO-Penman corrigido, FAO radiação, Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani com o método padrão Penman-Monteith para a região de Canindé do São Francisco – SE. Verificaram que os métodos de Blaney-Criddle e FAO radiação apresentaram melhores ajustes com o método de Penman-Monteith, resultados semelhantes aos obtidos para Brejo Grande-SE.

CONCLUSÕES

Os métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle e Linacre apresentaram correlação satisfatória com o método de Penman-Monteith, porém o melhor ajuste foi obtido com o método de Blaney-Criddle.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, L. P.; SEDIYAMA, G. C.; WANDERLEY, H. S.; ALMEIDA, T. S.; DELGADO, R. C. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades no norte de Minas Gerais. *Revista Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.19, n.5, p.437-449, 2011.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO: Rome, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVES SOBRINHO, T.; RODRIGUES, D. B. B.; OLIVEIRA, P. T. S. de; REBUCCI, L. C. S.; PERTUSSATTI, C. A. Estimativa da evapotranspiração de referência através de redes neurais artificiais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Santa Maria, v.26, n.2, p.197-203, 2011.

ARAÚJO, F. W.; COSTA, A. A. S; SANTOS, A. E. dos. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Boa Vista-RR. *Caatinga* (Mossoró, Brasil), v.20, n.4, p.84-88, 2007.

BATISTA, W. R. M.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A. G. Determinação e comparação entre métodos de estimativas de evapotranspiração de referência para região de Canindé do São Francisco-SE. *Revista da FAPESSE*. v.3, n.2, p.71-76, 2007.

FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; TAKAY, B. Y. Avaliação do método Penman-Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba - MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.15, n.3, p.270-276, 2011.

SANTOS, F. X. dos; RODRIGUES, J. J. V.; MONTENEGRO, A. A. de A.; MOURA, R. F. de. Desempenho de lisímetro de pesagem hidráulica de baixo custo no semi-árido nordestino. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.1, p.115-124, 2008.

ZANETTI, S. S.; SOUZA, E. F; CARVALHO, D. F. de; BERNARDO, S. Estimação da evapotranspiração de referência no Estado do Rio de Janeiro usando redes neurais artificiais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.12, n.2, p.174-180, 2008.

ANÁLISE DO ÍNDICE DE MARTONNE PARA O RIO GRANDE DO NORTE ATRAVÉS DA KRIGAGEM UNIVERSAL

Italo Venceslau Britto¹, Paulo Sérgio Lucio², Rafaela Gomes dos Santos³, Felipe Jeferson de Medeiros⁴, Wellingson Farias de Oliveira⁵

¹ Graduando em Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, itavb@outlook.com; ² Docente, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, pslucio@ccet.ufrn.br; ³ Graduanda em Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, gomesrafa1320@gmail.com; ⁴ Graduando em Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, felipetkd_@hotmail.com; ⁵ Graduando em Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, wellingson_farias@hotmail.com.

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho analisar espacialmente o Índice de Aridez de Martonne (MIA) para quantificar a seca no Estado do Rio Grande do Norte, utilizando a técnica geoestatística da krigagem universal e a estatística clássica. Os dados utilizados no estudo foram dados de precipitação e temperatura, onde a precipitação foi proveniente do banco de dados de Neves et al (2011) e a temperatura estimada através do programa computacional Estima T. As técnicas de geoestatística e estatísticas clássica foram desenvolvidas no software R. Observou-se na distribuição espacial, segundo a classificação do índice, que as localidades mais próximas ao centro do estado apontaram umidade abaixo do normal, as situadas mais ao litoral leste apresentaram umidade acima do normal, e nas demais regiões foram classificadas como úmido.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Aridez, Krigagem Universal, Rio Grande do Norte.

ANALYSIS OF THE MARTONNE INDEX FOR RIO GRANDE DO NORTE THROUGH UNIVERSAL KRIGAGEM

ABSTRACT: The objective of this work was to analyze the Martonne Aridity Index (MIA) to quantify drought in the state of Rio Grande do Norte, using the geostatistics technique of universal kriging and classical statistics. The data used in the study were data of precipitation and temperature, where the precipitation came from the database of Neves et al (2011) and the temperature estimated through the computational program Estima T. The techniques of geostatistics and classical statistics were developed in the software R. The spatial distribution according to the classification of the index was that the localities closest to the center of the state indicated below-normal humidity, those located more to the east coast showed more than normal humidity, and in the other regions were classified as humid.

KEY-WORDS: Index of Aridity, Universal Kriging, Rio Grande do Norte.

INTRODUÇÃO

O Estado do Nordeste com maior proporção de área semiárida é o Rio Grande do Norte (RN), com 93,4% dos 53.077 km² da sua área total (Neves et al, 2011). No que diz respeito aos aspectos físico-ambientais apresenta as características de regiões próximas ao equador, com temperaturas elevadas durante todo o ano, baixas amplitudes térmicas, forte insolação e altas taxas de evaporação. A semiaridez destaca-se pela acentuada variabilidade espacial e temporal da pluviometria, taxas negativas de balanço hídrico, predominância de solos cristalinos de baixa profundidade e reduzida capacidade de retenção de água (ANA, 2006).

A seca é um fenômeno natural desastroso, que tem um impacto significativo nas esferas socioeconômicas, agrícolas e ambiental. Difere de outros desastres naturais por seu processo se dar de forma lenta e ter seu início e fim de difícil determinação. Por ser um processo lento, frequentemente a seca não atrai a atenção da comunidade, persistindo seu impacto mesmo depois do término do evento. No entanto, todos os estudos relacionam as secas com situações de escassez de água, resultado de precipitação insuficiente, elevada evapotranspiração e demasiada exploração dos recursos hídricos ou de uma combinação destes parâmetros (Fernandes et al, 2009).

Com isso, o propósito deste trabalho foi analisar espacialmente o Índice de Aridez de Martonne (MIA) para quantificar a seca no Estado do Rio Grande do Norte, utilizando a técnica geoestatística da krigagem universal e a estatística clássica.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação são provenientes do mesmo banco de dados de Neves et al (2011), já a temperatura foi estimada através do programa computacional Estima T, que gerou a série da temperatura para as 86 localidades do estudo. As técnicas de geoestatísticas e de estatísticas clássica foram dadas pelo software R. Os dados foram organizados em três colunas, contendo componente x (longitude) e y (latitude) das localidades onde retirou-se os dados, e z (MIA) calculado a partir das variáveis.

Uma tentativa empírica simples para estabelecer uma medida quantitativa da relação de temperatura e precipitação foi o Índice de Aridez de Martonne, desenvolvido por Martonne (1926).

Esse índice pode ser calculado através da equação 1:

$$MIA = (P/(T+10)) \quad (1)$$

onde:

P = precipitação anual (mm);

T = temperatura média anual (°C).

Martonne (1926) tem servido como um conceito de tentativas mais sofisticadas para relacionar temperatura e precipitação. O MIA tem a vantagem óbvia de mostrar a transição de uma área para outra, mas pode logicamente ser combatido por causa de sua natureza empírica. Apesar disso, ele serve como uma ferramenta discreta, útil em ilustrar a transição lenta entre ambientes áridos, semiáridos e úmidos. A Tabela 1 descreve a classificação do índice.

MIA	Classificação
>60	Umidade acima do normal
60 a 30	Úmido
30 a 20	Umidade abaixo no normal
20 a 15	Semi-árido
15 a 5	Árido
5 a 0	Extremamente árido

Tabela 1: Classificação do Índice de Aridez de Martonne (MIA).

Utilizou-se o semivariograma para determinar a dependência das variáveis aleatórias regionalizadas locais, levando em consideração à auto correlação em função da distância e da direção delas. A krigagem ordinária e universal foi empregada como método univariado de inferência espacial usa a dependência no espaço expressa no semivariograma entre amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição da área de estudo, sem tendência e com variância mínima, tornando-se um ótimo estimador. A utilização da krigagem possibilitou o cálculo de uma medida do erro de estimação para cada valor e de um intervalo de confiança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do índice MIA estão apresentados na Tabela 2, sendo estes os resultados da estatística descritiva para os anos de 1963 a 2006, onde os valores limites encontrados ficaram entre 27 e 81.

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
27.00	34.00	38.00	39.88	42.00	81.00

Tabela 2: Estatística descritiva.

Na Figura 1 a seguir representa a localização dos postos onde foram obtidas as variáveis em estudo e a distribuição da homogeneidade destas. Observa-se que a mesorregião do Agreste Potiguar (azul) em sua maioria apresentou características semelhantes, o Leste Potiguar (vermelho) também, já o Oeste Potiguar e o Central Potiguar mostraram bastante variação em suas características.

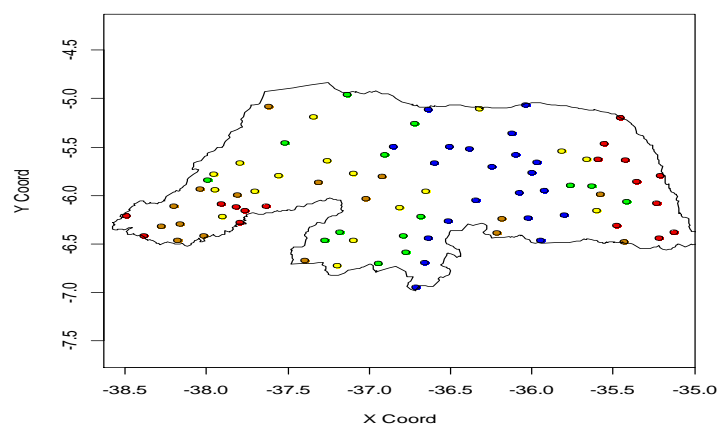


Figura 1: Postos de coletas de dados e suas respectivas homogeneidades.

Com base nas semivariâncias experimentais obtidas, ajustou-se o modelo exponencial (Figura 2). Observou-se que o modelo que melhor se adequou foi o exponencial, onde apresentou um efeito pepita (C_0) aproximadamente 0.01 em seu desenvolvimento, a sua contribuição (C_1) foi de 0.06, patamar (C) e alcance (a) foram de aproximadamente 0.07.

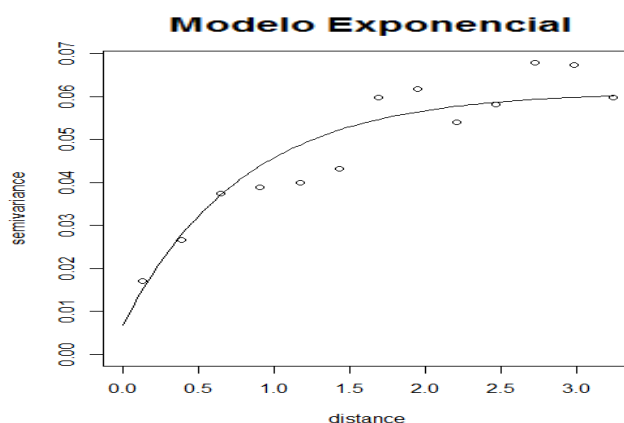


Figura 2: Variograma do índice MIA.

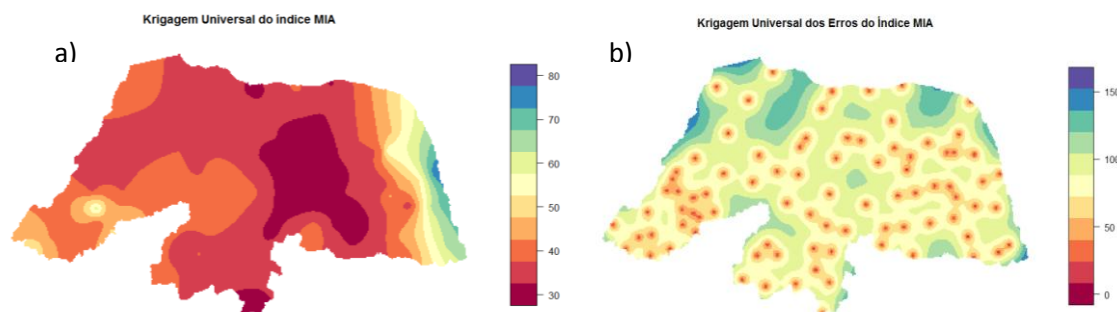


Figura 3: (a) distribuição espacial do Índice de Aridez de Marttone pela krigagem universal; (b) erro associado a krigagem universal.

Ao analisar interpolação dos dados por krigagem universal (Figura 3 a) do índice MIA, atribuindo assim o índice para quantificação da seca, observou-se que os dois métodos apresentaram distribuições espaciais condizem com o mapa da homogeneidade apresentado anteriormente, onde verificou-se que as regiões do litoral leste do estado apresentaram umidade acima do normal; próximo ao centro do estado umidade abaixo do normal; e a região oeste foi classificada como úmida e úmida acima do normal.

Por fim, fez-se a medida do erro de estimação para o modelo de krigagem universal (Figura 3 b), onde foi verificado que os maiores valores de erros estão situados nos extremos do estado, regiões essas que não têm postos de observações de dados, ou seja, o erro superestimou o do índice nessa região. Contudo, esses altos

valores de erros nos extremos do RN podem também estar associados a grande variação da variável precipitação inserido no índice.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o método estatístico da krigagem universal representou bem a aplicação deste índice quantificador de seca, mas ainda sim seria possível melhorar a distribuição espacial da krigagem, diminuindo desta forma o erro, tendo como base uma melhor distribuição de dados observados. Com base na Figura 3, verifica-se que as regiões mais afastadas do litoral leste do estado do Rio Grande do Norte é onde a umidade apresenta os menores valores, em especial o centro leste do estado; localidades afastadas destas regiões de grande umidade que também apresentam altos valores de umidade estão associadas a regiões de alta topografia, como por exemplo: a serra de Martins, situada no extremo oeste do estado, “na tromba do elefante”.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água: alternativas de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais**. Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos; Consórcio Engecorp/Projotec/Geoambiente/Riverside Technology. Brasília: ANA, SPR, 2006. 80p.

FERNANDES, S. D. et al. **Índices para a Quantificação da Seca**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Arroz e Feijão, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos 244. ISSN 1678-9644 dezembro, 2009.

NEVES, J. A., MELO, S. B. e SAMPAIO, E. V. S. B. **Análise pluviométrica do Rio Grande do Norte – período: 1963-2009**. Natal: EMPARN, 2011. 71p. (Série Documentos, nº 39).

MARTONNE, E. de. Aréisme et indice aridite. **Comptes Rendus de L'Académie des Sciencies**, Paris, v. 182, p.1396-1398, 1926.

ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE PREENCHIMENTO DE FALHAS EM SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS DE PETROLINA-PE

Allan Rodrigues Silva¹, Thalyta Soares dos Santos², José Francisco da Cruz Neto³, João Pedro Alves de Souza Santos⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Doutor em Ciências Climáticas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, allansilva.r@gmail.com

²Pesquisadora DCR/FACEPE/CNPq, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,

³Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE

⁴Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: Diversos estudos esbarram no baixo nível de qualidade e quantidade dos conjuntos de dados e, dependendo do nível de inconsistência podem inviabilizar determinadas pesquisas. Este trabalho tem como objetivo comparar dois métodos de preenchimento de falhas aplicadas para banco de dados de precipitação no município de Petrolina – PE. Para tanto foi utilizado séries históricas de precipitação total anual do conjunto de dados do INMET e APAC no período entre 1994 e 2016. O método aplicado foi de ponderação regional (MPR) e regressão linear (MRL). E um método de consistência da Dupla Massa. Os melhores resultados foram alcançados pela regressão linear com somatório do erro médio absoluto de 17,48 contra 63,16 da ponderação regional.

PALAVRAS-CHAVE: Parâmetros estatísticos; ponderação regional; regressão linear.

COMPARISONS OF GAP-FILLING METHODS IN PETROLINA-PE

ABSTRACT: This work aims to compare two fault - filling methods applied to precipitation database in the municipality of Petrolina - PE. For that, historical series of total annual precipitation of the INMET and APAC dataset were used in the period between 1994 and 2016. The applied method was regional weighting (MPR) and linear regression (MRL). It's a Double Mass consistency method. The best results were achieved by linear regression with a sum of the mean absolute error of 17.48 versus 63.16 of the regional weighting.

KEY-WORDS: Statistical parameters; regional ponderation; regression linear.

INTRODUÇÃO

Atualmente a agrometeorologia vem ganhando cada vez mais destaque no dia a dia das pessoas. Principalmente à agroindústria, setor de grande importância econômica, ambiental e social. Nesta perspectiva, muitos são os estudos que utilizam os parâmetros meteorológicos e influência sobre todos os estágios da cadeia de produção agrícola.

Entretanto, para que tais pesquisas se realizem, devem ser embasadas em um minucioso e completo banco de dados, de fontes fidedignas e de maior tempo de registro possível. Contudo, um dos problemas recorrentes são as falhas e lacunas encontradas nas séries temporais, ocasionadas por diversos fatores tais como problemas mecânicos (ou elétrico no sensor), falta de coleta de dados por parte do operador, até mesmo por animais ou vandalismo (ANA, 2012).

Desta forma, acredita-se que as primeiras observações a serem feitas antes da elaboração de uma pesquisa é a escolha de um bom banco de dados com menores falhas. Posteriormente, caso haja necessidade, procurar preencher as falhas e verificar a

sua consistência (OLIVEIRA et al., 2010; FISCH et al., 2007). Assim, o objetivo deste trabalho é comparar dois métodos para preenchimento de falhas na série de dados pluviométricos anuais do município de Petrolina – PE.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo utilizou a rede de dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e da Agencia Pernambucana de Águas e Clima - APAC. As séries obtidas por esses órgãos podem conter vários tipos de erros e o intuito é utilizar técnicas de preenchimento de falhas e analisar a consistência verificando coerência e se são isentos de erros sistemáticos.

Foi selecionado as séries temporais de 07 estações pluviométricas para aplicação das metodologias. As estações estão inseridas na mesorregião do Sertão do São Francisco Pernambucano, no Sudeste Piauiense e no Vale São-Franciscano da Bahia (Erro! Fonte de referência não encontrada.). Na Erro! Fonte de referência não encontrada. encontram-se as estações selecionadas, sua identificação, os municípios, as coordenadas geográficas e a distância entre as estações.

Definiu-se um período de amostragem igual para todas as estações, de forma contínua e sem falha (períodos entre 1994 – 2016). Essas informações serviram de base para os cálculos de estimativa anual da estação com falhas.

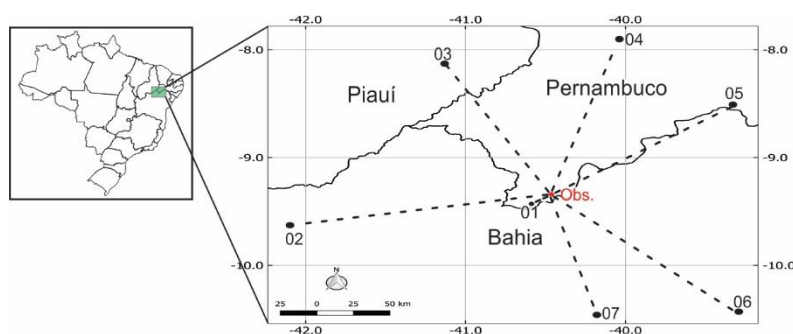


Figura 6. Localização dos pontos pluviométricos utilizados.

As distancias entre a estação a ser corrigida e os postos vizinhos variam entre 124 e 180 km, com exceção do posto da APAC que se encontra no mesmo município a 5 km. Segundo Fisch et al. (2007) quanto mais próximos fisicamente ficarem os dados analisados, mais representativos serão os resultados. As técnicas empregadas no preenchimento de falhas foram: método de ponderação regional e método de regressão linear, descrito por Tucci (2001).

O método de ponderação regional [MPR] (Equação 1) é um método simplificado onde as falhas são preenchidas através de uma ponderação com base nos dados de pelo menos três postos vizinhos, que devem ser de regiões climatológicas semelhantes à do ponto de estudo e ter uma série de no mínimo 10 anos.

$$Y = \frac{1}{n} \left[\frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} + \dots + \frac{x_n}{x_{mn}} \right] \times y_m \quad \text{Equação 1}$$

onde, Y é a variável do posto a ser corrigido; y_m é a média da estação Y; x_{m1} , x_{m2} , x_{m3} são as precipitações médias nas estações circunvizinhas; x_1 , x_2 , x_3 as precipitações

correspondentes com ano que se deseja preencher, observadas nas estações vizinhas, n números de pontos vizinhos utilizados no cálculo (Tucci, 2001).

TABELA 5 – ESTAÇÕES PLUVIÔMETROS EMPREGADAS NO ESTUDO.

Estação	Empresa	Município	Lat.	Lon.	Alt.	Distância
Obs.	INMET	Petrolina/PE	-9.38	-40.48	370.46	0
P1	APAC	Petrolina/PE	-9.39	-40.5	370.30	5
P2	INMET	Remanso/BA	-9.63	-42.1	400.51	180
P3	INMET	Paulistana/PI	-8.13	-41.13	374.22	155
P4	INMET	Ouricuri/PE	-7.9	-40.04	459.28	170
P5	INMET	Cabrobó/PE	-8.51	-39.33	341.46	159
P6	INMET	Monte Santo/BA	-10.43	-39.29	464.60	174
P7	INMET	Sr. Do Bonfim/BA	-10.46	-40.18	558.24	124

Outro procedimento utilizado é a regressão linear (MRL) método mais aprimorado que constitui-se em aplicar as regressões linear simples ou múltipla (Equação 2). Na regressão simples, as precipitações do ponto com falhas e de um posto vizinho são correlacionadas. Enquanto na regressão múltipla, as informações da estação com falhas e correlacionada com vários pontos vizinhos, através da seguinte equação:

$$y_c = a_0 \cdot x_{1_i} + a_1 \cdot x_{2_i} + \dots + a_{n-1} \cdot x_{n_i} + a_n \quad \text{Equação 2}$$

onde n é número de postos considerados, a_0, a_1, \dots, a_n são os coeficientes a serem estimados e $x_{1_i}, x_{2_i}, \dots, x_{n_i}$ as observações correspondentes registradas nos pontos vizinhos. Geralmente esses métodos são utilizados para dados mensais ou anuais, não sendo recomendado para aplicação de séries diárias, devido à grande variação espacial e temporal da precipitação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Iniciou-se com a verificação da condição climatológica semelhante do posto com falha e os vizinhos mais próximos. Assim, decidiu-se excluir da análise os postos P6 e P7 por não apresentarem condição climáticas semelhante. Ademais, foi verificada as menores correlações, sugerindo que não houve associação estatisticamente significativa entre o posto Obs (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Tabela 6. Correlação entre os postos pluviométricos

Pontos correlacionados	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
com Obs							
r	0,989	0,983	0,741	0,936	0,956	0,551	0,572
p-valor	0	0	0,005	0	0	0,062*	0,051*

* não significativo p-valor>0,05.

Com a seleção de apenas cinco estações significativamente correlacionada aplicou-se o MPR e MRL. Verificou-se, para técnica MPR, que os totais anuais atingiram valores discrepantes do real, da ordem de -177,55 a 125,70 mm. E um erro médio absoluto 63,15 mm (17%) para todo período em análise.

Com relação ao método MRL, os valores totais anuais médios de precipitação oscilaram entre -39,11 a 64.10 mm. O total de erros somados, ao final da simulação, foi de 402,06 mm, o que representa um erro médio absoluto de 17,48 mm (5%) ao longo dos 23 anos analisados (

Tabela 7 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**)

TABELA 7. Resultados do preenchimento de falhas por meio das técnicas de regressão linear e ponderação regional.

Médias anuais de precipitação		MPR		MRL	
Ano	Real	Prev.	Erro	Prev.	Erro
1994	487,5	387,26	100,24	423,39	64,11
1995	670,6	608,09	62,51	706,81	-36,21
1996	537,1	529,64	7,46	524,06	13,04
1997	462,1	510,50	-48,40	439,57	22,53
1998	211,8	325,54	-113,74	250,91	-39,11
1999	595,2	531,98	63,22	564,06	31,14
2000	637,3	552,40	84,90	639,32	-2,02
2001	327,6	409,59	-81,99	321,92	5,68
2002	421,2	411,27	9,93	423,71	-2,51
2003	375,5	389,05	-13,55	372,42	3,08
2004	691,4	565,70	125,70	696,53	-5,13
2005	408,9	496,91	-88,01	416,26	-7,36
2006	370,3	421,67	-51,37	364,73	5,57
2007	376	422,93	-46,93	383,85	-7,85
2008	649	542,26	106,74	627,89	21,11
2009	747,7	724,33	23,37	763,24	-15,54
2010	419,5	442,61	-23,11	406,58	12,92
2011	282,9	460,45	-177,55	308,10	-25,20
2012	141,1	159,92	-18,82	153,39	-12,29
2013	334,4	330,39	4,01	353,62	-19,22
2014	480,7	381,34	99,36	496,86	-16,16
2015	175,1	237,91	-62,81	153,25	21,85
2016	354,4	315,53	38,87	366,82	-12,42
			Σ 1452,57		Σ 402,06
Erro médio absoluto			63,16		17,48

A Figura 2 apresenta as curvas das duplas massas para os dois métodos utilizado. Para ambas, observa-se uma consistência dos valores preditos em relação aos valores observados, verificando a homogeneidade dos métodos utilizados.

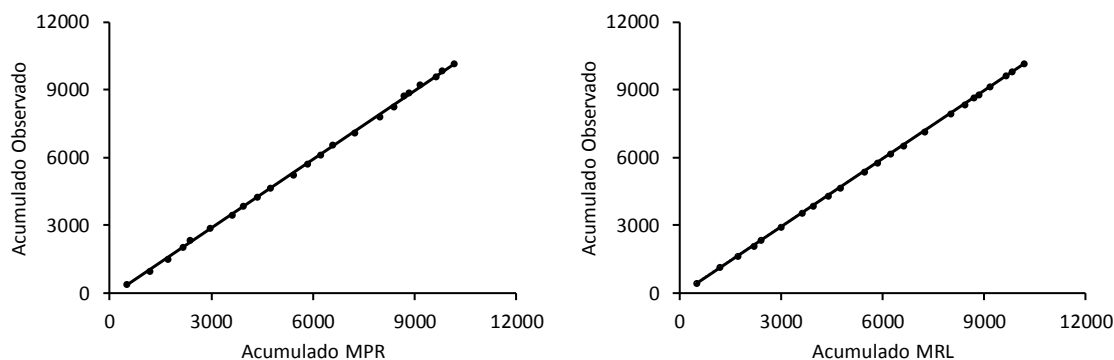


FIGURA 2. Comportamento da Curva de Dupla Massa nos métodos

CONCLUSÕES

De maneira geral, os métodos apresentaram resultados significativos, de forma que, a diferença entre o valor real e o valor estimado raramente superou o desvio padrão. As estimativas geradas de ambos os métodos tiveram bons resultados no preenchimento de falhas. Porém, o melhor desempenho foi visto no método de regressão linear (MRL) que proporcionou menores erros e, conseqüentemente, os melhores ajustes.

O resultado para ambos os métodos ajustados fez-se com que alguns postos colaboraram negativamente e outras de forma positiva, no preenchimento da falha, possivelmente, por causa do efeito regional da distribuição das chuvas nos postos selecionados. Por fim, a análise da consistência revelou que os resultados gerados são coerentes e isentos de desvios sistemáticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal pelo apoio técnico-científico.

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas / Orientações para Operação de Estações Hidrométricas; **Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica**. -- Brasília: ANA, SGH, 52 p, 2012.

FISCH, GILBERTO et al. Variabilidade espacial da chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 4, p. 583-590, 2007.

OLIVEIRA, LUIZ FC et al. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1186-1192, 2010.

TUCCI, CARLOS E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2 ed. In: ABRH coleção de recursos hídricos. UFRGS, 2001.

AVALIAÇÃO DE MODELOS DE RADIAÇÃO DE ONDA LONGA ATMOSFÉRICA PARA O MUNICÍPIO DE PETROLINA- PE

Maria do Rosário Alves Patriota¹
Bernardo Barbosa da Silva²

¹Mestranda em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, E-mail: rosariopatriota@hotmail.com

² Professor da Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, E-mail: bbdasilva.ufpe@gmail.com

RESUMO A radiação da onda longa atmosférica tem uma importância considerável nos estudos meteorológicos, bem como no aquecimento global. Por estar ligada aos gases atmosféricos e à temperatura do ar. Este artigo tem como objetivo avaliar o desempenho de doze modelos para a estimativa da radiação de onda longa atmosférica em Petrolina - PE. Os dados meteorológicos utilizados neste estudo foram adquiridos a partir da rede de dados do Sistema de Organização de Dados Ambientais. Neste estudo, foram utilizados os dados de temperatura do ar, umidade relativa, radiação global e radiação atmosférica de onda longa, para os modelos avaliados. Os cálculos dos dados foram processados por minutos, por hora e diariamente. A avaliação dos modelos e a comparação dos resultados estimados e medidos da radiação de onda longa atmosférica foram realizadas usando os métodos estatísticos do Erro Médio Quadrado (RMSE), Erro Absoluto Médio (MAE) e Erro Médio Relativo (PMRE). O coeficiente de correlação de Pearson (r) e o coeficiente de determinação (D) também foram aplicados. Os modelos que tiveram excelentes resultados foram Brunt (1932), Brutsaert (1975) Prata (1996), Berdahl e Martin (1984), Berger et al 1984) e Angstron (1918), uma vez que apresentaram um bom desempenho, devido aos valores menores RMSE, MAE e PMRE. **PALAVRAS- CHAVE:** equações de onda longa, desempenho, estimativa.

EVALUATION OF LONG ATMOSPHERIC WAVE RADIATION MODELS FOR THE MUNICIPALITY OF PETROLINA

ABSTRACT The atmospheric longwave radiation has considerable importance in meteorological studies as well in the global warming. Because it is connected to the atmospheric gases and temperature of the air. This paper has a purpose to evaluate the performance of twelve models for the estimation of the atmospheric longwave radiation in Petrolina - PE. The meteorological data used in this study were acquired from the data network of the Environmental Data Organization System. In this study, the data of air temperature, relative humidity, global radiation and atmospheric longwave radiation, were used for the models evaluated. The calculations of data were processed for minutes, hourly and daily. The evaluation of the models and the comparison of the estimated and measured results of atmospheric longwave radiation was performed by using the statistical methods of the Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE) and Percent Mean Relative Error (PMRE). The Pearson correlation coefficient (r) and the coefficient of determination (D) were also applied. The models that had an excellent results were Brunt (1932), Brutsaert (1975) Prata (1996), Berdahl and Martin (1984), Berger et al 1984) and Angstron (1918), since they presented good performance, due the lowest values of RMSE, MAE and PMRE.

KEY-WORDS: Long wave equations, performance, estimation.

INTRODUÇÃO

A radiação de onda longa atmosférica é de suma importância em estudos meteorológicos, bem como aqueles envolvendo o aquecimento global. Pois, está ligada aos gases atmosféricos e, portanto, a temperatura do ar. Seu fluxo é elemento de fundamental importância na troca radiativa ao nível da superfície. Segundo Aguilar et al (2015) a Radiação de Onda Longa Atmosférica - OLAtm é de extrema importância para estudo envolvendo mudanças climáticas por estar atrelada a mudanças na temperatura do ar, bem como um importante componente nos modelos de previsão do tempo.

Pai e Escobedo (2015) destacam que na agricultura a relevância da OLAtm consiste na sua relação com o consumo hídrico de culturas. Por ser de natureza térmica sua magnitude está relacionada com a quantidade de água que passa da fase líquida em lagos, no solo e nas plantas para a fase gasosa na atmosfera. A determinação de sua magnitude, sua variabilidade temporal e sua modelagem são importantes para estudos envolvendo mudanças climáticas. Conforme evidencia Querino (2016), por ser um componente crítico no fluxo de energia global, alteração no comportamento médio da OLAtm sobre diferentes biomas, pode estar vinculada a mudanças de clima.

Conforme Vilani et al. (2010) os fluxos de superfície e as estimativas OLAtm podem auxiliar na calibração dos Modelos de Circulação Geral da Atmosfera (MCGAs), pois estes requerem parametrizações realísticas de muitos processos de superfície, como a partição de energia. A medição da OLAtm é de relativa complexidade, por ser de natureza térmica sua medida é afetada pela temperatura do próprio aparelho de medição, fato que obriga a efetuar correções na sua medida.

Conforme Aguilar et al. (2015) existe uma crescente necessidade em várias áreas da pesquisa para se ter medidas contínuas de OLAtm. Com isso, faz-se necessário a busca de alternativas para estimativa dessa componente com precisão. Para tanto, tem sido desenvolvido trabalhos na área da modelagem com o objetivo de gerar equações que estimem esta componente. Conforme Prata (1996) métodos empíricos e analíticos estimam a radiação a partir de valores de temperatura do ar e da pressão de vapor ou ponto orvalho, medidas no nível do abrigo.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de doze modelos para a estimativa de radiação de onda longa atmosférica no município de Petrolina.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da Área de Estudo: Localização e características climáticas e geográficas

A pesquisa foi realizada para o município de Petrolina, localizado no interior do estado de Pernambuco, que apresenta como coordenadas geográficas: latitude 09° 23' 55" S e longitude: 40° 30' 03" W, com uma altitude de 376m. Situa-se na microrregião de Petrolina e na mesorregião do São Francisco. Possui uma extensão territorial de 4 561,872 km², distante 712 km a oeste de Recife, capital pernambucana.



Figura1. Mapa do estado de Pernambuco com a localização do município de Petrolina **Fonte:** <https://pt.wikipedia.org/wiki/Petrolina>

De acordo com a classificação climática de Koppen – Geiger o clima de Petrolina é classificado como semiárido quente do tipo BSw_h, com regime de chuvas de primavera-verão. Este clima caracteriza-se pela insuficiência e irregularidade de chuvas, bem como a forte evaporação devido as altas temperaturas.

A temperatura média anual é de 26,3 °C, possuindo verões quentes e úmidos e invernos secos. Novembro é o mês com o maior valor de temperatura média 28,2 °C bem como, maior temperatura média máxima 34 °C, enquanto julho é o mês mais frio 24,1 °C e, ao mesmo tempo, com a menor temperatura média mínima 19,5 °C. A insolação média é de 2 860 horas anuais, com umidade relativa média do ar de 58%.

A vegetação nativa e dominante do município é a Caatinga, que é composta por espécies hiperxerófilas, com a forte presença de arbustos com galhos retorcidos e com raízes profundas. As espécies em abundância são os cactos, caroá, angico, juazeiro, mandacaru e xique-xique (PERNAMBUCO, 2012).

Os solos de Petrolina nos patamares compridos e baixas vertentes do relevo suave ondulado ocorrem os Planossolos, mal drenados, com fertilidade natural média e problemas de sais. Nos topos e altas vertentes do relevo ondulado os tipos de solo são Podzólicos, drenados apresentam fertilidade natural média, bem como os solos Litólicos, rasos pedregosos e fertilidade natural média (EMBRAPA, 1999).

Obtenção dos Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados neste estudo foram adquiridos da rede de dados do Sistema de Organização de Dados Ambientais- SONDA. Esta rede de dados nasceu de um projeto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para implementação de infraestrutura física e de recursos humanos destinada a levantar e melhorar a base de dados dos recursos de energia solar e eólica no Brasil.

Os sensores existentes em cada estação determinam quais variáveis são medidas em cada caso. Antes de disponibilizados, os dados das estações SONDA passam por processo de validação com o objetivo de endossar sua confiabilidade. A validação sinaliza onde pode ou não haver suspeita de incorreção através de códigos numéricos com 4 dígitos armazenados em arquivos próprios. Cada dado possui um código sinalizador que o qualifica e cada arquivo de dados possui seu arquivo de validação correspondente, os dados em si não são modificados.

Os dados meteorológicos são disponibilizados de minuto a minuto, neste estudo estão sendo utilizados os dados de temperatura do ar, umidade relativa, radiação global e radiação de onda longa atmosférica, os quais são usados nos modelos de radiação de

onda longa atmosférica que estão sendo avaliados. Os cálculos foram feitos minuto a minuto e também para a média horária e diária.



Figura 2. Vista do rastreador solar da estação meteorológica de Petrolina, com os três rastreadores solares: o pirgeômetro, o piranômetro e o pireliômetro.

Fonte: Sistema de Organização de Dados Ambientais

Cobertura do Céu: Índice Claridade Kt

Com o intuito de atingir o melhor resultado na avaliação dos modelos de radiação de onda longa atmosférica, já que a maioria dos modelos desenvolvidos só tem validade para condições de céu claro, foram selecionados, para o período estudado, os dias de céu claro, parcialmente nublado e nublado, através do índice de claridade.

A cobertura do céu pode ser expressa em termos do índice de transmissividade atmosférica (NKEMDIRIM,1972), determinada pelo índice de claridade (Kt) definido como a razão entre a radiação solar global incidente (R_g) em $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$ e a irradiação no topo da atmosfera (R_o) dada em $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$.

A equação usada foi a de Iquibal (1983) que assume a forma:

$$Kt = \frac{R_g}{R_o} \quad (1)$$

A classificação da cobertura do céu (KT) foi feita de acordo com o trabalho desenvolvido por Dallacor et al. (2004) que, no intervalo de $0 \leq KT \leq 0,3$ foi definido como céu nublado, entre $0,3 \leq KT \leq 0,65$ como céu parcialmente nublado e entre $0,65 \leq KT \leq 1$ como céu limpo.

A radiação global incidente (R_o) no topo da atmosfera em ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$) foi calculada pela equação (2). Que depende da latitude (φ), da correção da excentricidade da órbita terrestre (dr) (Eq. 3), da declinação solar (δ) (Eq. 4) e do ângulo horário (h) (Eq. 5).

$$R_o = 3.6 * dr * \left(\frac{\pi}{180} * h * \sin\varphi * \sin\delta + \cos\varphi * \cos\delta * \senh \right) \quad (2)$$

$$dr = 1 + 0.033 * \left(\frac{360 * dn}{365} \right) \quad (3)$$

Onde,

dn é o dia de ordem do ano.

$$\delta = 23,45 * \sin\left(\frac{360}{365} * (dn + 284)\right) \quad (4)$$

$$h = \cos^{-1} * (-tg\varphi * tg\delta) \quad (5)$$

Estimativa dos Parâmetros Micrometeorológicos

Pressão de vapor da água

A pressão de vapor de água utilizada em alguns dos modelos para estimar a radiação de onda longa atmosférica, foi calculada em função da umidade do ar e da pressão de vapor de saturação.

De acordo com Radel et al. (2015) a atmosfera é um sistema complexo e ao mesmo tempo dinâmico, o vapor de água, que é considerado um dos principais gases absorvedores e emissores da radiação de onda longa atmosférica, torna-se peça fundamental no balanço radiativo da Terra.

A pressão de vapor de água (*ea*) e a pressão de saturação do vapor de água (*es*) em mb, são expressas pelas equações desenvolvidas por Wright (1982) com a temperatura em °C:

$$es = A + B * Ta + C * Ta^2 + D * Ta^3 + E * Ta^4 + F * Ta^5 \quad (6)$$

Onde: A = 6.105, B = 4.44*10⁻¹, C = 1.434 *10⁻², D = 2.623 *10⁻⁴, E = 2.953 *10⁻⁶
F = 2.559 * 10⁻⁸

$$ea = \frac{UR * es}{100} \quad (7)$$

Onde, UR é a umidade relativa do ar.

Estimativa da Radiação de Onda Longa Atmosférica

A equação geral para o cálculo da radiação de onda longa atmosférica é dada pela equação de Stefan-Boltzmann que considera a emissividade do ar e a temperatura absoluta: $\varepsilon = \sigma * \epsilon * Ta^4$

Onde: $\sigma = 5.67 * 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$ é a constante de Stefan- Boltzmann e ϵ é a emissividade do ar.

Neste estudo foram estudados e avaliados 12 modelos para a estimativa da radiação de onda longa atmosférica, conforme explicitados na Tabela 1.

Tabela 1. Modelos de estimativa da radiação de onda longa atmosférica e seus respectivos autores.

Modelos	Autor
$\varepsilon = 9 * 10^{-6} * Ta^6$	SWINBANK 1963
$\varepsilon = 0.065 * \sqrt{ea} + 0.52 * 5.67 * 10^{-8} * Ta^4$	BRUNT 1932
$\varepsilon = 1.24 * \frac{ea^{1/7}}{Ta} * 5.67 * 10^{-8} * Ta^4$	BRUTSAERT 1975
$\varepsilon = (1 - 0.26 * \exp(-7.77 * 10^{-4} * (273 - Ta)^2 * 5.67 * 10^{-8} * Ta))$	IDSO E JACSON 1969
$\varepsilon = 0.7 + 5.95 * 10^{-5} * \left(ea * \exp\left(\frac{1500}{Ta}\right)\right) + 5.67 * 10^{-8} * Ta^4$	IDSO 1981
$\varepsilon = (1 - (1 + \xi) * \exp\left[-(1.2 * 3 * \xi)^{\frac{1}{2}}\right])$	PRATA 1996
$\varepsilon = 9.2 * 10^{-6} * Ta^2 * 5.67 * 10^{-8} * Ta^4$	ZILLMAN 1972
$\varepsilon = 0.56 + 0.059 * ea^{\frac{1}{2}} * 5.67 * 10^{-8} * Ta^4$	BERDAHL EMARTIN 198

$$\varepsilon = (0.746 + 0.0066 * ea) * 5.67 * 10^{-8} * Ta^4$$

EFIMOSA 1961

$$\varepsilon = 1.18 * \left(\frac{ea^{\frac{1}{7}}}{Ta} \right) 5.67 * 10^{-8} * Ta^4$$

LOMMER et al. 2007

$$\varepsilon = 0.66 + 0.04 * ea^{\frac{1}{2}} * 5.67 * 10^{-8} * Ta^4$$

BERGER et al. 1984

$$\varepsilon = (0.82 - (0.25 * 10^{-0.168*ea}) * 5.67 * 10^{-8} * Ta^4$$

ANGSTRON 1918

Análise Estatística dos Dados

A avaliação dos modelos para a análise e comparação dos resultados estimados e medidos da radiação de onda longa atmosférica foi realizada através dos métodos estatísticos das equações da Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE), Equação do Erro Médio Absoluto (MAE) e Equação do Erro Percentual Relativo Médio (PMRE). Aplicaram-se também o coeficiente de correlação de Pearson – r e o coeficiente de determinação- D , que indicam o grau de correlação entre os valores medidos e estimados (Tabela 2).

Tabela 2. Critérios estatísticos para a avaliação do desempenho dos modelos de radiação de onda longa atmosférica analisados. Onde os sufixos P_i e O_i representam, respectivamente, a radiação estimada e medida.

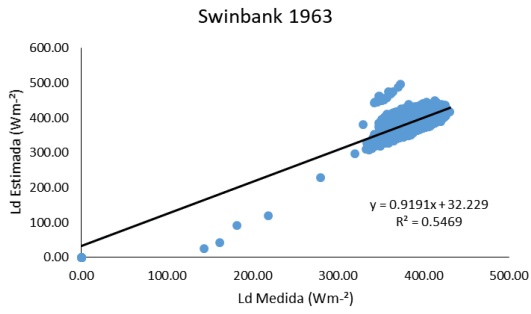
Descrição	Sigla	Equação
Erro Quadrático Médio	RMSE	$\sqrt{\frac{\sum(P_i - O_i)^2}{n}}$
Erro Médio Absoluto	MAE	$\frac{\sum P_i - O_i }{n}$
Erro Percentual Relativo Médio	PMRE	$\frac{100}{n} \sum \left \frac{P_i - O_i}{O_i} \right $

RESULTADOS E DISCUSSÃO

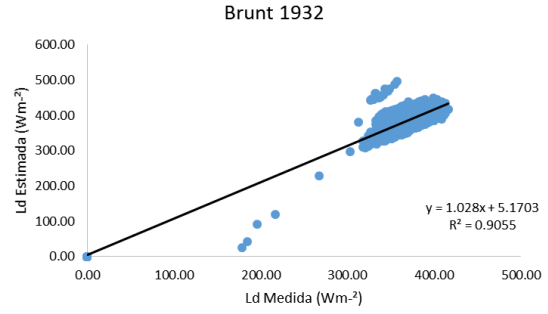
Os dados necessários para o cálculo da radiação da onda longa atmosférica nos doze modelos avaliados incluíram a temperatura do ar próximo a superfície e a pressão de vapor da água. A regressão linear dos mínimos quadrados obtida entre fluxos de radiação de onda longa atmosféricos estimados e os fluxos medidos para as condições de céu claro, parcialmente nublado e nublado, são apresentados na Figura 3.

a)

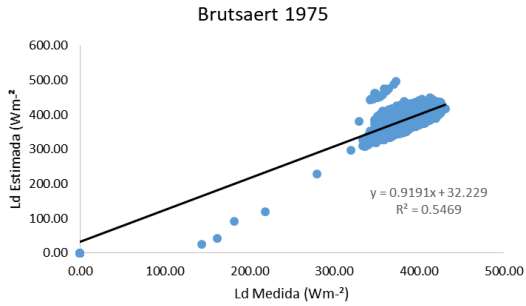
b)



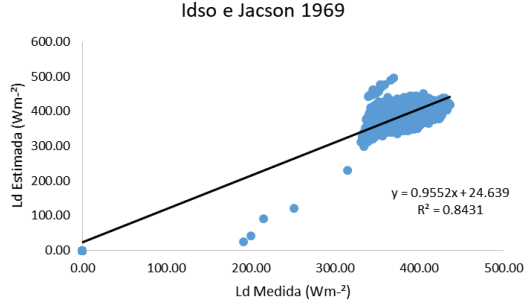
c)



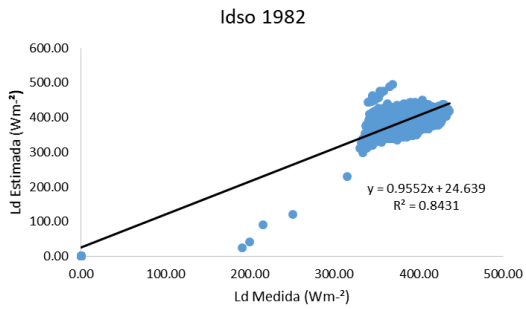
d)



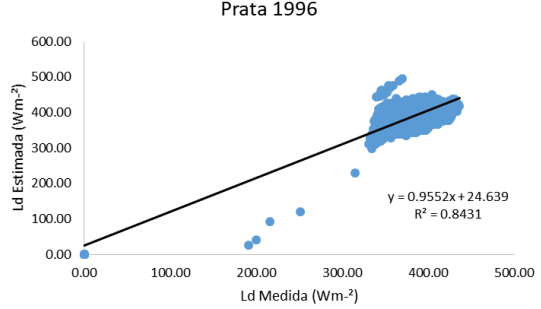
e)



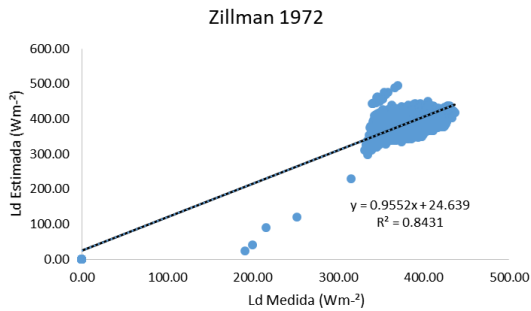
f)



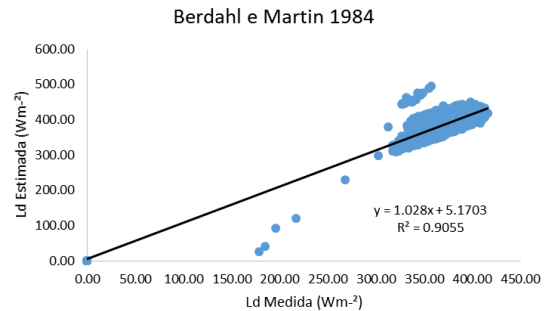
g)



h)



i)



J)

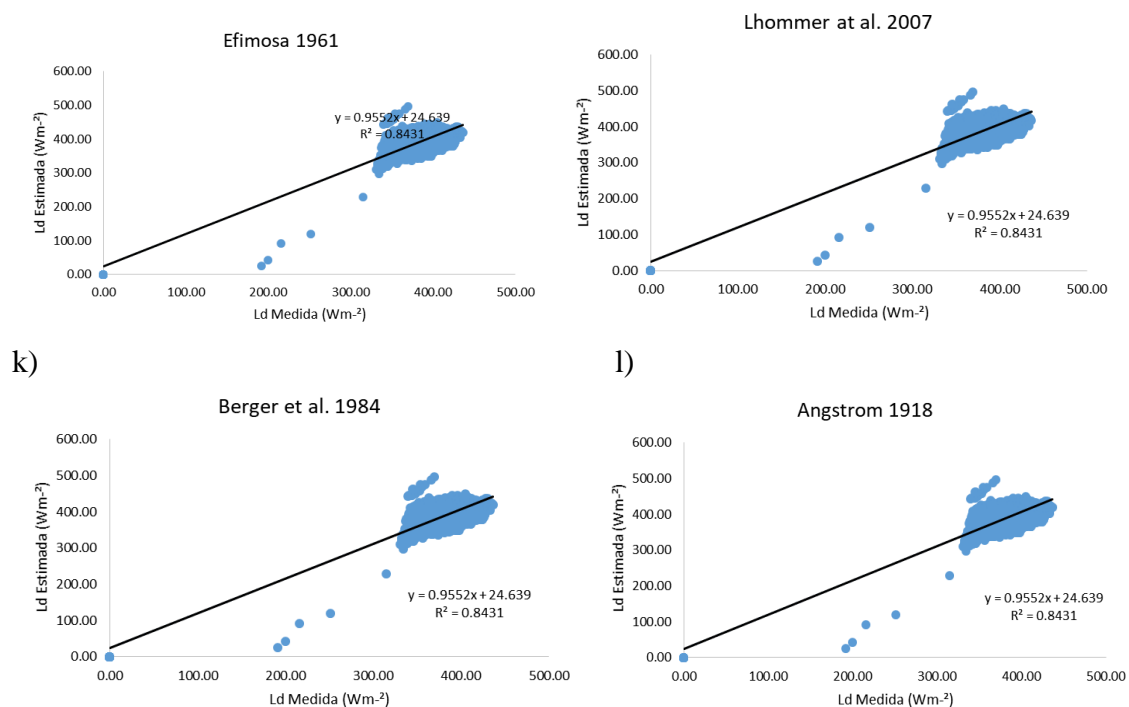


Figura 3. Comparações entre os fluxos de radiação de onda longa atmosférica estimados e os fluxos de radiação de onda longa atmosférica medidos.

As equações de Swinbank (1963), Idso e Jacson (1969) e Zillman 1972 que utilizam unicamente temperatura do ar, não empregam a pressão de vapor como uma medida do efeito de humidade no comprimento do caminho atmosférico.

Conforme evidenciado na Figura 3 os modelos que mais se aproximaram dos dados medidos da radiação de onda longa atmosférica, conforme o coeficiente de determinação e o coeficiente de correlação de Pearson, foram as equações de Prata (1996), Brunt (1932), Idso (1982) e Berdahl e Martin (1984).

Tabela 3. Estatísticas comparativas para o desempenho dos doze modelos do cálculo da radiação de ondas longas atmosféricas em comparação com os dados medidos em Petrolina.

Modelos	RMSE (Wm ⁻²)	MAE (Wm ⁻²)	PMRE (%)	r
SWINBANK 1963	31.54	24.34	6.32	0.88
BRUNT 1932	23.78	16.99	4.36	0.95
BRUTSAERT 1975	18.36	14.30	3.75	0.74
IDSO E JACSON 1969	32.43	25.68	6.73	0.87
IDSO 1981	22.66	19.24	5.25	0.95
PRATA 1996	18.97	14.45	3.83	0.95

ZILLMAN 1972	30.23	23.42	6.10	0.88
BERDAHL E MARTIN 1984	20.53	14.26	3.70	0.95
EFIMOSA 1961	25.27	22.00	5.94	0.95
LOMMER ET AL 2007	26.71	20.05	5.09	0.95
BERGER ET AL 1984	20.37	15.26	4.03	0.94
ANGSTROM 1918	24.76	18.41	4.78	0.92

A Tabela 3 mostra as estatísticas comparativas para o desempenho dos modelos do cálculo das doze equações para estimativa da radiação de ondas longas atmosféricas, com os dados medidos da rede SONDA para o município de Petrolina. Em geral, essas parametrizações, que utilizam pressão de vapor e temperatura do ar para obter a emissividade atmosférica, tem as melhores pontuações durante o dia. Os melhores resultados, que resultaram em menores RMSE, MAE e PMRE, foram obtidos pelas equações de Brunt (1932), Brutsaert (1975) Prata (1996), Berdahl e Martin (1984), Berger et al (1984) e Angstrom (1918).

Os resultados com os maiores RMSE, MAE e PMRE foram apresentados pelos modelos de Swinbank (1963) e Zillman (1972) respectivamente. As equações de Brunt (1932), Idso (1982), Prata (1996), Berdahl e Martin (1984), Efimosa (1961) e Lhommer et al. (2007) apresentaram os maiores coeficiente de correlação ($r = 0,95$), mostrando a forte correlação entre os valores calculados e medidos.

O resultado encontrado nesta pesquisa irá contribuir para uma melhor compreensão do orçamento energia de superfície no município de Petrolina e pode resultar em uma melhor caracterização da evapotranspiração para muitas aplicações na agricultura, biologia, ecologia, climatologia e hidrologia (CHOI et al., 2008).

Estas equações podem ser usadas como ferramentas de pesquisa para ajudar a melhorar a compreensão atual da fisiologia básica de crescimento e desenvolvimento das culturas, e como ferramentas de apoio à decisão para ajudar a otimizar estratégias de culturas e manejo do solo, sendo de fundamental importância para o aprimoramento e manejo das atividades agrícolas desenvolvidas em Petrolina.

CONCLUSÕES

Portanto, os doze modelos avaliados para o município de Petrolina se adaptaram bem as características micrometeorológicas, apresentando resultados satisfatórios.

Contudo os modelos que se destacaram com ótimos resultados a partir da análise estatística sendo os mesmos indicados para as medições da radiação de onda longa atmosférica foram os de Brunt (1932), Brutsaert (1975) Prata (1996), Berdahl e Martin (1984), Berger et al. (1984) e Angstrom (1918), pois apresentaram bom desempenho, o que resultou no menor RMSE, MAE e PMRE.

REFERÊNCIAS

ÅNGSTROM, A. A study of the radiation of the atmosphere. **Smithsonian Miscellaneous Collection**, v. 65, p. 1-159, 1918.

AGUILAR, J. L.C.; GENTLE, A. R.; SMITH, G. B.; CHEN, D. A method to measure total atmospheric long-wave down-welling radiation using a low cost infrared thermometer tilted to the vertical. **Energy**, 81, p. 233 - 244, 2015.

BRUNT, D. Notes on radiation in the atmosphere. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, v. 58, n. 247, p. 389-418, 1932.

BRUTSAERT, W. On a derivable formula for long-wave radiation from clear skies. **Water Resources Research**, v. 11, n. 5, p. 742-744, 1975.

BERDAHL, P., MARTIN, M. Emissivity of clear skies. **Solar Energy**, v. 32, p. 663-664, 1984.

BERGER, X., BURIOT, D., GARNIER, F. About the equivalent radiative temperature for clear skies. **Solar Energy**, v. 32, p. 725-733, 1984.

BANCO DE DADOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO (BDE). Perfil do Municípios 2011. Recife, 2012.

CHOI, M., JACOBS, JM, KUSTAS, Avaliação do WP de claro e nublado parametrizações céu para a radiação diária subsidência longwave sobre diferentes superfícies de terra na Flórida, EUA. **Geophysical Research Letters**. V 35, L20402, doi: 10.1029 / 2008GL035731, 2008.

DALLACORT, R., RICIERI, R. P., SILVA, S. L., FREITAS, P. S. L., SILVA, F. F. Análise do comportamento de um actinógrafo bimetálico (R. Fuess-Berlin-Steglitz) em diferentes tipos de cobertura do céu. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.26, n.4, p.413-419, 2004.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.

EFIMOVA, N. A. On methods of calculating monthly values of net longwave radiation (in Russian), **Meteorol. Hidrol.**, v. 10, p. 28- 33, 1961.

IQBAL, M. **An Indroduction to Solar Radiation**. Vancouver: AP., 1983. 389 p.

IDSO, S. B.. 1981. A set of equations for full spectrum and 8 to 14 μm and 10.5 to 12.5 μm thermal radiation from cloudless skies. **Water Resources Research**, v. 17, n. 2, p. 295-304, 1981.

LHOMME, J. P., VACHER, J. J., ROCHETEAU, A. Estimating downward longwave radiation on the Andean altiplano. **Agricultural and Forest Meteorology**. 2007, vol. 145, p. 139-148.

PAI, E. D.; ESCOBEDO, J. F. Estimativa da radiação atmosférica em função dos índices radiométricos Kt e Kd para Batucatu- SP. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 30, n.2, p.172-179, 2015.

PRATA, A. J. A new long-wave formula for estimating downward clear-sky radiation at the surface. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 122, n. 533, Part A, p. 1127-1151, 1996.

QUERINO, C. A. S. **Estimativa da radiação de onda longa atmosférica horária no estado de mato grosso**. 2016 (Tese de Doutorado em Física Ambiental) Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de Física, Pós-Graduação em Física Ambiental, 56 p. 2016.

RADEL, G.; SHINE, K. P.; PTASHNIK, I. V. Global Radiative and Climate Effect of the Water Vapour Continuum at Visible and Near-Infrared Wavelengths. **Q. J. R. Meteorol. Society**, 141, p. 727 - 738, 2015.

SWINBANK, W. C. Long-wave radiation from clear skies. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**. United Kingdom, 1964, vol. 90, Issue 386, p. 488–493.

VILANI, M.T.; SANCHES, L.; PINHEIRO, M.R.; PINTO JUNIOR, O. B. Estimativa da radiação de onda longa incidente em uma floresta semidecídua tropical da Bacia Amazônica. **Revista Ciência e Natura**. Santa Maria-RS, v. 32 n.1, P. 65 - 81, 2010.

WRIGHT, J. L. New evapotranspiration crop coefficients. **Journal of the Irrigation and Drainage**, New York, v. 108, n. 1, p. 57-75, 1982.

ZILLMAN, J. W. A study of some aspects of the radiation and heat budgets of the Southern Hemisphere oceans. **Meteor. Stud.** n° 26, Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia, p. 562. 1972.

ANÁLISE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E ÍNDICE DE SECA IPN NO RIO GRANDE DO NORTE

Gomes, R. Dos S¹; Medeiros, F. J. De², Britto, I. V. ², Oliveira, W. F. de ², Lúcio, P. S ³
¹Graduanda em Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, gomesrafa1320@gmail.com; ²Graduando em Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte ; ³Professor do Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte

RESUMO: A aplicação de ferramentas geoestatísticas como a Krigagem Universal, para aproximar e interpolar as variáveis meteorológicas é importante para avaliar a distribuição espacial sobre qualquer região, por isso neste trabalho buscou-se realizar uma análise espacial da precipitação pluvial e do índice de porcentagem de precipitação normal, como indicador de seca. E após a aplicação da Krigagem conclui-se que é possível melhorar a distribuição espacial das variáveis significativamente quando procedimentos geoestatísticos corretos são aplicados, e o procedimento correto para ambas as variáveis apresentadas nesse estudo é a interpolação por Krigagem Universal e que utilizando o IPN para as escalas temporais de dias, semanas e meses, é possível avaliar com antecedência a evolução da seca no estado do Rio Grande do Norte.

PALAVRAS-CHAVE: Krigagem, geoestatística, interpolação, precipitação e índices de seca.

SPACE ANALYSIS OF RAINFALL PRECIPITATION AND IPN INDEX OF DROUGHT IN RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT: The application of geostatistical tools such as Universal Kriging to approximate and interpolate the meteorological variables is important to evaluate the spatial distribution over any region, so in this work we sought to perform a spatial analysis of the rainfall and the percentage index of Normal precipitation as an indicator of drought. After the Kriging application, it is concluded that it is possible to improve the spatial distribution of the variables significantly when correct geostatistical procedures are applied, and the correct procedure for both variables presented in this study is the Universal Kriging interpolation and that using the IPN for the Temporal scales of days, weeks and months, it is possible to evaluate in advance the evolution of drought in the state of Rio Grande do Norte.

KEY-WORDS: Kriging, geostatistics, interpolation, precipitation and dry indexes.

INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Norte, cerca de 91% do seu território está inserido no polígono da seca, isso quer dizer que o clima predominante neste estado é o semiárido, que apresenta como característica principal uma irregular distribuição temporal e espacial das chuvas.

O índice de porcentagem de precipitação normal, é um índice de aplicação meteorológica baseado apenas na precipitação, que consiste em um simples cálculo efetivo para comparação entre uma única região ou estação. Esse índice pode ser calculado em diversas escalas de tempo, como semanas, décadas, meses, sazonal e anual. Esse índice é amplamente utilizado como índice de seca, uma vez que pode ser

calculada, mesmo para as áreas com reduzida disponibilidade de informação meteorológica. Quando se realiza o mapeamento de uma variável climática a partir de estações de superfície tem-se a problemática de generalizar o resultado para uma área a partir de amostras pontuais. A precipitação apresenta certo grau de dependência espacial, desta forma a geoestatística ou teoria das variáveis regionalizadas é uma alternativa na análise amostral, pois permite definir o raio de dependência entre os exemplares.

O objetivo desse trabalho é aplicar ferramentas geoestatísticas como a Krigagem Universal, para aproximar e interpolar a precipitação média do acumulado anual e o índice de porcentagem de precipitação normal no estado do Rio Grande do Norte com base nas combinações lineares da variável regionalizada realizando de uma análise espacial da precipitação pluvial e do índice de porcentagem de precipitação normal, como indicador de seca.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foram utilizados dados anuais de precipitação média no período de 1963 a 2006 de 85 postos pluviométricos dos 93 utilizado por Neves et al, (2011) pertencentes a SUDENE/DNOCS/DNAEE/EMPARN, e de 5 estações meteorológicas do INMET, e distribuídos em 83 municípios, nas 19 microrregiões do Estado.

O cálculo do índice de porcentagem de precipitação normal (IPN) é feito dividindo a precipitação atual pela precipitação normal (a recomendação da Organização Mundial de Meteorologia considera uma média de 30 anos) e multiplicando por 100, para obter o resultado em porcentagem conforme mostra na equação 1. Tem como grandes vantagens a simplicidade e a facilidade de determinação e a existência de dados disponíveis na maioria das estações.

$$IPN = \left(\frac{\text{Precipitação atual}}{\text{Precipitação normal}} \right) \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

A Tabela 1 apresenta a classificação do IPN proposta por Cunha (2008), considerando-se que para precipitações pluviais médias anuais iguais ou superiores a 85% da precipitação pluvial normal, é assumido que não ocorrem eventos de seca.

Tabela 1. Classificação dos índices de porcentagem de precipitação normal (IPN), quanto a severidade da seca adaptado pelo autor.

IPN (%)	Classe de Severidade
IPN ≥ 110	Normal
85 ≤ IPN < 110	Próxima do Normal
75 ≤ IPN < 85	Seca Moderada
50 ≤ IPN < 75	Seca Severa
IPN < 50	Seca Extrema

A ferramenta básica para utilizarmos a krigagem é o semivariograma, pois permite analisar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado. As propriedades típicas de um variograma analisadas foram: alcance (a), efeito pepita (C₀),

variância estrutural (C) e patamar ($C_0 + C$). Para o variograma, num primeiro momento, obtém-se um gráfico que relaciona a variação das variâncias à diferentes intervalos de tempo analisados. Esse gráfico é denominado variograma experimental, e foi obtido utilizando a equação 2 (SILVA et al., 2011). Tanto a modelagem geoestatística quanto a estatística descritiva foi realizada com uso do software R versão 3.3.1, que é um ambiente de software livre para computação estatística e geração de gráficos (disponível em <http://www.r-project.org/>).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estimou-se dois modelos semivariográficos para analisar a variação das variâncias às diferentes variáveis regionalizadas. Um procedimento bastante comum (mas não o mais preciso) para estimativa de parâmetros do modelo geoestatístico é ajustar uma curva ao variograma empírico. O modelo ajustado para a precipitação média do acumulado anual foi o gaussiano com parâmetros $C = 0,07$ (patamar) e $\phi = 0,61$, efeito pepita $C_0 = 0,02$ e amplitude de 1,055, enquanto que o modelo ajustado para o índice de porcentagem de precipitação foi o exponencial com parâmetros $C = 0,08$ (patamar) e $\phi = 0,26$, efeito pepita $C_0 = 0,03$ e amplitude de 0,811. Ambos os modelos indicam moderada dependência espacial dos fenômenos analisados ($25\% \leq IDE \leq 75\%$). Consecutivamente, os parâmetros do semivariograma subsidiaram a elaboração da distribuição espacial da precipitação e do INP, por meio do método de interpolação geoestatístico de krigagem Universal.

A Krigagem Universal (UK) é o método para os casos em que o processo estocástico não é estacionário, ou seja, o processo apresenta uma tendência, diferente da Krigagem Ordinária, onde o processo não apresenta tendência.

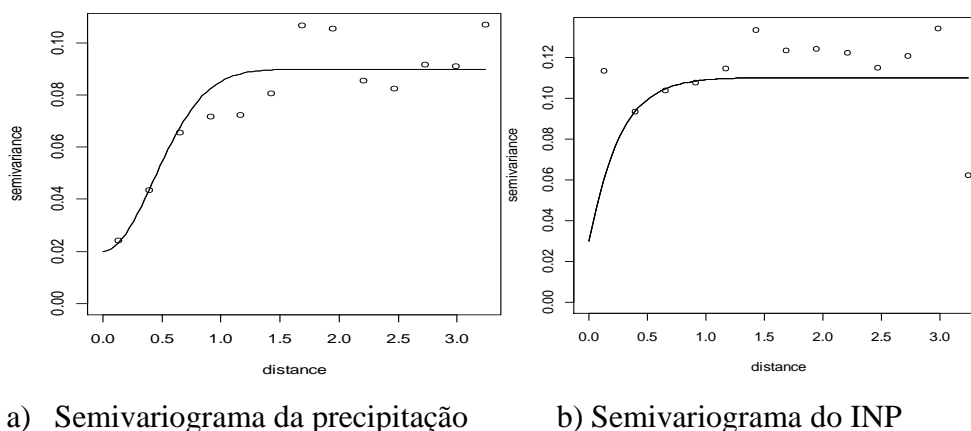


Figura 2. Modelos dos Semivariogramas ajustados

A Krigagem Universal (UK) é o método para os casos em que o processo estocástico não é estacionário, ou seja, o processo apresenta uma tendência, diferente da Krigagem Ordinária, onde o processo não apresenta tendência.

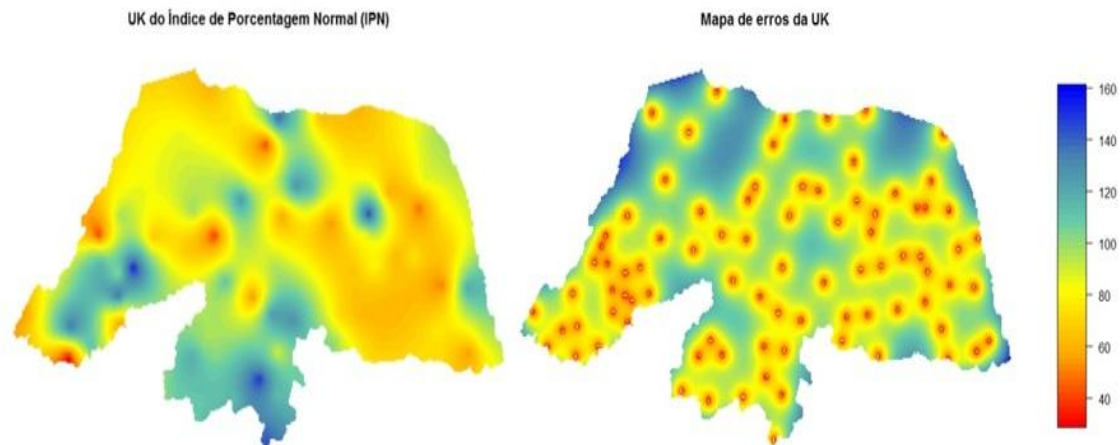


Figura 3. Krigagens Universal e Ordinária do IPN e os erros de predição associados as interpolações, respectivamente sobre o Rio Grande do Norte.

A Figura 3, nos mostra o desempenho do interpolador UK para o índice de porcentagem de precipitação normal (INP) e analisando o mapa de erros, podemos notar, de acordo com a escala, que os erros estão mais intensos sobre as localidades que não há observações. E também podemos concluir de acordo com o mapa de Krigagem Universal, e a Tabela 1 de classificação do IPN que o litoral leste do estado do Rio Grande do Norte enfrenta uma seca variando de moderada a severa, na região agreste a seca varia de severa a extrema e no Seridó e demais regiões, a classe de severidade da seca apresenta-se próxima ao normal a normal.

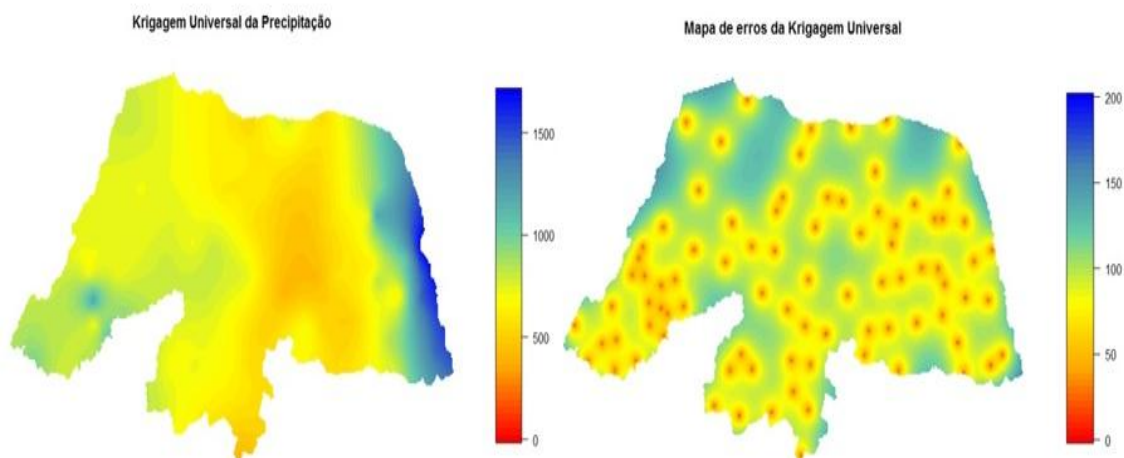


Figura 4. Krigagens Universal e os erros de predição associados as interpolações, sobre o Rio Grande do Norte.

Com base na figura 3 e 4 verificamos que na faixa de transição entre o agreste e o litoral do Rio Grande do Norte, região onde a precipitação média do acumulado anual é aproximadamente 1000 mm apresentou uma redução de precipitação no ano de 2006 (último ano da série), ou seja, precipitou abaixo do normal e de acordo com a tabela 1 da classificação da classe de severidade do índice de porcentagem de precipitação normal representa uma transição de próximo ao normal a seca moderada.

CONCLUSÕES

Conclui-se que é possível melhorar a distribuição espacial das variáveis significativamente quando procedimentos geoestatísticos corretos são aplicados, e o procedimento correto para ambas as variáveis apresentadas nesse estudo é a interpolação por Krigagem Universal e que utilizando o IPN para as escalas temporais de dias, semanas e meses, é possível avaliar com antecedência a evolução da seca no estado do Rio Grande do Norte.

REFERÊNCIAS

CUNHA, R. L. A. **Definição de cenários de referência para avaliação dos impactos das secas.** 2008. 147f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

NEVES, J. A., MELO, S. B. e SAMPAIO, E. V. S. B. **Análise pluviométrica do Rio Grande do Norte – período: 1963-2009.** Natal: EMPARN, 2011. 71p. (Série Documentos, n° 39).

SILVA, A. F.; QUARTEZANI, W. Z.; ZIMBACK, C. R. L; LANDIM, P.M. B. **Aplicação da geoestatística em a ciências agrárias.** Botucatu: FEPAF, 2011. 136 p.

USO DE TÉCNICAS GEOESTATÍSTICAS PARA OBTENÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Wezer Lismar Miranda¹, Ananda Kelly de Abreu Mariano², Aline Cassia Fernandes², Paulo Henrique Fernandes Figueiredo³, Luiz Gonsaga de Carvalho⁴

¹Professor Universitário, Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações-MG, prof.wezer.miranda@unincor.edu.br; ²Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações-MG, anandakelly12.ak@gmail.com, alinefernandesc96@gmail.com; ³Pós-graduando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, paulo.engagricola@gmail.com; ⁴Professor Associado, Depto. de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, lgonsaga@deg.ufla.br

RESUMO: O conhecimento acerca do regime pluviométrico em uma dada localidade é essencial para a concepção de projetos de conservação do solo e da água. Como há locais cujo acesso a esta informação é limitado, a interpolação dos dados observados no entorno é uma alternativa que se tem mostrado eficaz. Assim, objetivou-se com o presente trabalho, realizar um comparativo entre dados pluviométricos estimados por interpolação e observados no município de Lavras-MG. Os dados de precipitação foram obtidos em estações meteorológicas localizadas nos municípios de Barbacena, Lavras, Machado e São Lourenço, sul de Minas e São Simão-SP. Foram selecionados dados mensais de precipitação acumulada das estações de estudo provenientes do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), compreendidos entre os anos de 2012 e 2016. Analisou-se três séries de dados diferentes, sendo uma composta pela média mensal total dos 5 anos de observação; outra pela média dos meses com maior índice de precipitação; e a terceira composta pela média dos meses com menor índice de precipitação. Obteve-se os valores estimados de 6,75; 319,58; e 110,22 mm para os meses secos, chuvosos, e a média mensal total, respectivamente. E observou-se que a variação dos valores estimados com relação aos observados foi de 338,31%, 17,64% e 5,88%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: precipitação, interpolação, inverso do quadrado da distância

USE OF GEOSTATISTICAL TECHNIQUES FOR OBTAINING PLUVIOMETRIC DATA

ABSTRACT: The knowledge about the pluviometric regime in a given locality is essential for the design of soil and water conservation projects. As there are places where access to this information is limited, the interpolation of the data observed in the environment is an alternative that has proved effective. Thus, the objective of this work was to compare rainfall data estimated by interpolation and observed in the city of Lavras-MG. Precipitation data were obtained from meteorological stations located in the municipalities of Barbacena, Lavras, Machado and São Lourenço, in south of Minas Gerais and São Simão, São Paulo. Monthly data of accumulated precipitation of the study stations from the National Institute of Meteorology (INMET) database between the years of 2012 and 2016 were selected. Three different data series were analyzed, one of them being the total monthly average Of the 5 years of observation; Another by the average of the months with the highest rainfall index; And the third composed by the average of the months with the lowest precipitation index. The estimated values of 6.75; 319.58; And 110.22 mm for the dry, rainy months, and the total monthly average,

respectively. And it was observed that the variation of the estimated values in relation to those observed was 338.31%, 17.64% and 5.88%, respectively.

KEY-WORDS: precipitation, interpolation, inverse square distance

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é um problema ambiental que causa perda de solo e nutrientes, diminuição de produtividade, poluição e assoreamento de corpos d'água, entre outros. Diante disso o conhecimento acerca do regime pluviométrico em uma bacia hidrográfica serve como base para projetos de diferentes usos de água, tornando-se fator indispensável para um gerenciamento adequado dos recursos hídricos (Santos et al., 2009). Com o uso de estações meteorológicas é possível compor séries de dados pluviométricos, porém essas séries podem apresentar falhas, humanas ou técnicas. Além disso, é possível não haver dados disponíveis em determinadas localidades de interesse. Nesse contexto, diversas abordagens matemáticas, estatísticas e geoestatísticas, têm sido usadas para a interpolação de dados de precipitação (Bargaoui e Chebbi, 2009). A interpolação de dados pluviométricos distribuídos no espaço é uma alternativa que se tem mostrado eficaz para obtenção desses dados. Segundo Lima et al. (2014), o interesse da análise geoestatística não se limita à obtenção de um modelo de semivariograma e seus parâmetros, desejando-se também predizer valores em pontos não amostrados. Assim, objetivou-se com o presente trabalho estimar os dados pluviométricos para o município de Lavras-MG, utilizando-se do método de interpolação do Inverso do Quadrado da Distância (IQD) e compará-los ao observado em campo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando-se de dados observados nas Estações Climatológicas Principais, pertencentes a rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As estações estão localizadas nos municípios de Barbacena, Lavras, Machado e São Lourenço, no estado de Minas Gerais e São Simão no estado de São Paulo. A área de estudo limitou-se a região do sul de Minas Gerais e a divisa com o estado de São Paulo.

Foram utilizados dados mensais de precipitação acumulada provenientes do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP-INMET), compreendidos entre os anos de 2012 e 2016.

O estudo foi realizado considerando-se três séries de dados diferentes nas quais uma das séries é composta pela média mensal total dos 5 anos de observação; uma pela média dos meses com maior índice de precipitação acumulada; e uma terceira série composta pela média dos meses com menor índice de precipitação acumulada.

Para as três séries buscou-se gerar uma distribuição espacial da precipitação, com os dados observados em Barbacena, Machado, São Lourenço e São Simão capaz de estimar valores desse elemento para a estação climatológica localizada em Lavras-MG.

Foi utilizado o método de interpolação Inverso do Quadrado da Distância (IQD), para se obter os valores estimados entre as estações.

Os valores estimados de precipitação foram comparados com os valores observados e discutidos em termos de variação percentual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Figura 1, nota-se que o valor de interpolação obtido para a série de valor médio mensal de todo o período analisado, para a localidade de Lavras-MG, foi de 110,22 mm. Entretanto, o valor observado para o mesmo período foi de 104,10 mm, assim, verifica-se que a diferença percentual entre o valor estimado e o observado foi de 5,88%.

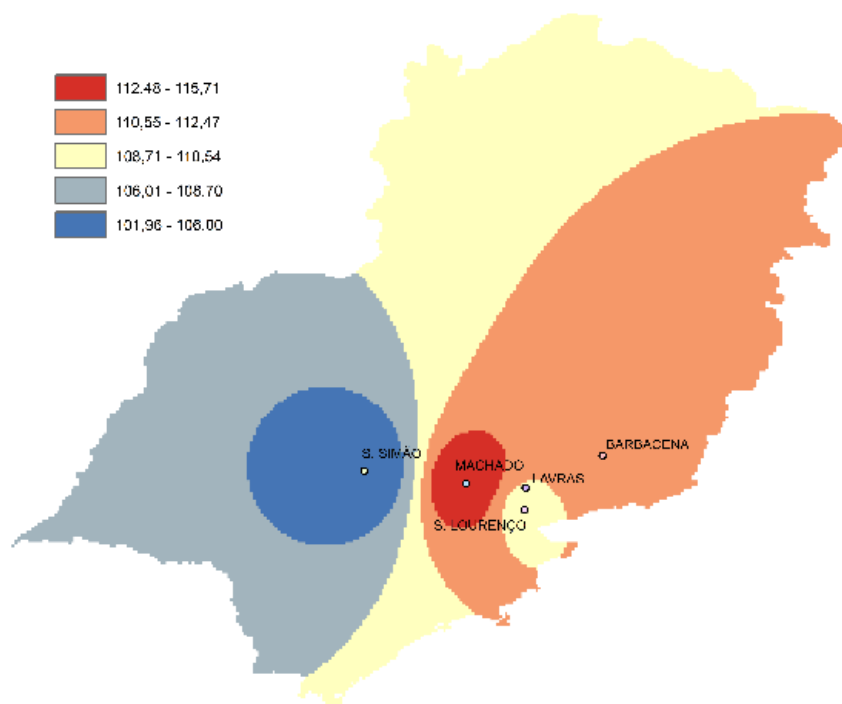


Figura 1. Mapa de interpolação dos valores de precipitação média mensal para o período de 2012 a 2016, na a região de Lavras-MG.

Nota-se que a diferença entre os valores estimados e observados foi pequena para o período avaliado. Inferiores inclusive aos observados por Mello et al. (2003) que para uma análise semelhante com estações meteorológicas localizadas no estado de São Paulo obteve erros máximos próximos a 50%.

Já na Figura 2, observa-se que o valor estimado da precipitação média dos meses mais chuvosos, para a localidade em estudo, pelo método do IQD foi de 319,58 mm. No entanto, o valor observado para a mesma localidade e mesmo período avaliado foi de 388 mm.

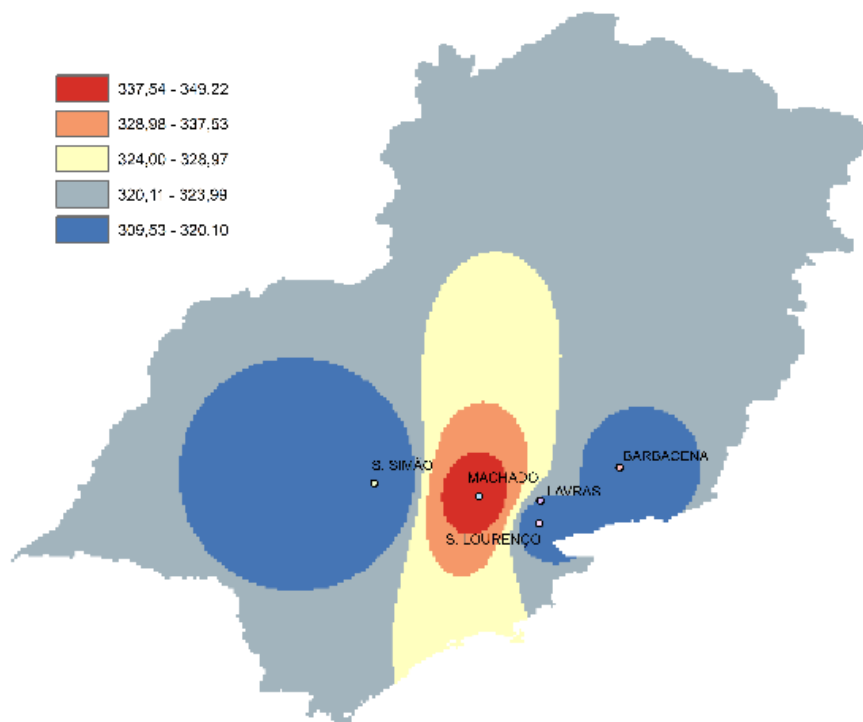


Figura 2. Mapa de interpolação dos valores de precipitação para os meses mais chuvosos observados entre os anos de 2012 à 2016, na a região de Lavras-MG.

Nota-se para esse período e série analisados que a variação percentual entre o valor estimado e o valor observado foi de 17,63%. Diferentemente, dos resultados obtidos para a série da média mensal dos valores de precipitação observados ao longo do período, os valores obtidos para os meses mais chuvosos não foram tão próximos.

Essa diferença mais acentuada pode ser explicada pelo número e disposição espacial das estações utilizadas para se realizar a estimativa para a localidade de estudo, uma vez que nesse mapa o município de Lavras ficou em uma zona limítrofe de transição entre regimes de precipitação.

Na Figura 3 mostra-se o mapa de distribuição espacial da precipitação média mínima para os meses mais secos do ano.

Com a Figura 3, pode-se notar que o valor estimado foi de 6,75 mm. Entretanto, o valor observado para o mesmo período foi de 1,54 mm, assim, verifica-se que a diferença percentual entre o valor estimado e o observado foi de 338,31%. Essa diferença pode ter ocorrido em virtude da pequena lâmina coletada nos pluviômetros, o que limita a possibilidade de distinguir adequadamente a diferença entre precipitação pluvial e orvalho, por exemplo.

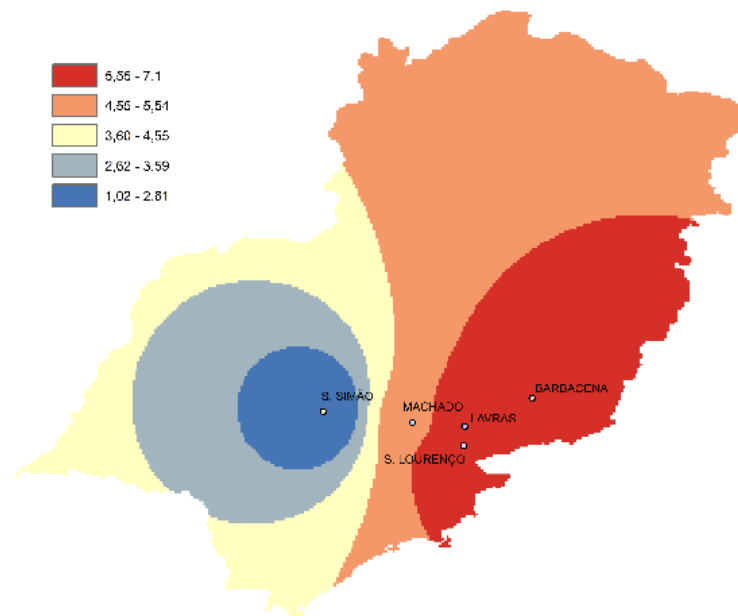


Figura 3. Mapa de interpolação dos valores de precipitação para os meses do período seco observados de 2012 à 2016, para a região de Lavras-MG.

CONCLUSÕES

Foi possível estimar os dados de precipitação para o município de Lavras-MG utilizando o método de interpolação Inverso do Quadrado da Distância (IQD). A estimativa realizada para os valores de precipitação média mensal foi a que mais se aproximou aos valores observados. O uso das ferramentas geoestatísticas aplicadas no presente estudo mostraram bom nível de adequação para a obtenção de dados pluviométricos em regiões onde não há registros dos mesmos.

REFERÊNCIAS

- BARGAOUI, Z. K.; CHEBBI, A. Comparison of two kriging interpolation methods applied to spatiotemporal rainfall. **Journal of Hydrology**, v.365, n. 1-2, p. 56-73, 2009.
- LIMA, G. C.; et al. Variabilidade de atributos do solo sob pastagens e mata atlântica na escala de microbacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.5, p.517–526, 2014.
- MELLO, C. R.; et al. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da Equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 925-933, 2003.
- SANTOS, G. G. et al. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.899-905, 2009.

RELAÇÃO ENTRE ESTERILIDADE DE ESPIGUETAS E TEMPERATURA MÁXIMA DO AR EM ARROZ IRRIGADO

Silvio Steinmetz¹, Alexandre N. Deibler²

¹Doutor, Pesquisador do Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, E-mails: silvio.steinmetz@embrapa.br; ²Doutor, Professor da Universidade da Região da Campanha (URCAMP), Bagé, RS; E-mail: adeibler@hotmail.com

RESUMO: Devido à grande importância da produção de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul, há preocupação sobre a influência de altas temperaturas, atuais e futuras, na produtividade da cultura. Temperaturas do ar acima de 35°C, nas fases mais sensíveis da planta, afetam a produtividade de grãos, via esterilidade de espiguetas (EE). O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de altas temperaturas na EE em três subperíodos da fase reprodutiva de duas cultivares de arroz irrigado. O experimento de campo foi realizado na área da Estação Experimental Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, durante três anos agrícolas. Implantaram-se seis épocas de semeadura, em cada ano agrícola, entre o início de outubro e meados de dezembro. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. As adubações de base e em cobertura foram feitas para uma alta expectativa de resposta à adubação e os demais tratamentos culturais seguiram as recomendações da SOSBAI. Dez plantas de cada cultivar foram marcadas, em uma repetição, e tiveram o desenvolvimento acompanhado durante todo o ciclo. A esterilidade de espiguetas, em porcentagem, foi obtida pela relação entre o número de grãos vazios e o número total de grãos de dez panículas coletadas em cada parcela. Os resultados indicaram uma relação linear inversa entre a esterilidade de espiguetas (EE) e a temperatura máxima do ar (Tx), não tendo sido observada relação entre a EE e o número de dias com Tx maior ou igual a 35 °C.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa* L., alta temperatura, fases críticas da planta.

RELATIONSHIP BETWEEN SPIKELET STERILITY AND MAXIMUM AIR TEMPERATURE IN PADDY RICE

ABSTRACT: Due to the great importance of irrigated rice production in the State of Rio Grande do Sul, there is concern about the influence of high temperatures, current and future, on the crop yield. Air temperatures higher than 35°C, during the most sensitive stages of the plant, can affect spikelet sterility (SS) and, consequently, grain yield. The objective of this work was to evaluate the influence of high temperatures on SS in three sub-periods of the reproductive phase of two paddy rice cultivars. Field experiments were carried out, during three crop seasons, at the Lowland Experimental Station (ETB) of Embrapa Temperate Climate Center, located at Capão do Leão, State of Rio Grande do Sul, Brazil. Six seeding dates, from early October to mid-December, were used in each crop season. The experimental design was randomized blocks with four repetitions. The base and topdressing fertilizations were made for a high yield expectation, and other cultural practices followed the recommendations of the SOSBAI. Ten plants of each cultivar, in one repetition, were tagged for growth stage determination during the crop cycle. The spikelet sterility, in percentage, was obtained by the relationship between the number of empty grains and the total number of grains of ten panicles collected in each plot. The results indicated an inverse linear relationship between spikelet sterility (SS) and the maximum air temperature (Tx), but no

relationship was observed between SS and the number of days with Tx greater than or equal to 35°C.

KEY-WORDS: *Oryza sativa* L., high air temperature, critical plant stages.

INTRODUÇÃO

Embora os níveis de produtividade do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul (RS), maior produtor nacional de arroz, sejam relativamente altos (acima de 7 t ha⁻¹) tem aumentado a preocupação dos diversos segmentos do setor orizícola sobre a influência das altas temperaturas na produtividade da cultura. A razão disso é a ocorrência, em alguns anos, de fortes ondas de calor durante o verão, quando a maioria das lavouras encontra-se no período reprodutivo, o mais sensível às altas temperaturas (YOSHIDA, 1981; KRISHNAN et al., 2011). De acordo com Yoshida (1981), alta esterilidade de espiguetas pode ocorrer com temperaturas acima de 35°C na floração, a fase mais sensível da planta. A segunda fase mais sensível ocorre em torno de nove dias antes da floração. Esterilidade de espiguetas devido a altas temperaturas também ocorreu em todas as catorze cultivares avaliadas por Prasad et al. (2006), mas houve diferenças acentuadas entre as cultivares consideradas como tolerantes e aquelas altamente sensíveis. Mota et al. (1999) mostraram que, no RS, durante o verão, a probabilidade de ocorrência de dias com temperatura máxima do ar (Tx) igual ou superior a 35°C ($T_x \geq 35^\circ\text{C}$), varia com a região produtora. A indagação que se faz é se, no futuro, essa probabilidade de $T_x \geq 35^\circ\text{C}$ não poderá aumentar em função do aquecimento global (IPCC, 2014), contribuindo para diminuir a produtividade de grãos em função do aumento de esterilidade de espiguetas. Em função do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da temperatura máxima do ar na esterilidade de espiguetas em três subperíodos da fase reprodutiva de duas cultivares de arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi realizado em área da Estação Experimental Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, durante três anos agrícolas (2004/05, 2005/06 e 2006/07).

Implantaram-se seis épocas de semeadura em cada ano agrícola entre o início de outubro e meados de dezembro. Das doze cultivares ou linhagens utilizadas em cada safra agrícola, foram consideradas para este trabalho duas cultivares de arroz irrigado sendo uma de ciclo precoce (BRS Querência) e uma de ciclo médio (BRS 7 – Taim). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. As adubações de base e em cobertura, e os demais tratos culturais seguiram as recomendações da SOSBAI (2003).

Dez plantas (colmo principal) de cada cultivar foram marcadas, em uma repetição, e tiveram o desenvolvimento acompanhado durante todo o ciclo, caracterizando-se cada estágio de acordo com a escala proposta por Counce, Keisling e Mitchell (2000). O estágio R1 (diferenciação da panícula) foi determinado pelo método descrito por Steinmetz et al. (2009). A partir das observações, realizadas três vezes por semana, foram obtidas as datas médias de cada estágio, que foram usadas para definir os três sub-períodos utilizados neste trabalho.

Foram coletadas dez panículas por parcela e determinados o número de grãos cheios e vazios. A esterilidade de espiguetas foi obtida pela relação, em porcentagem, do número de grãos vazios em relação ao número total de grãos.

As temperaturas máximas diárias do ar (°C) foram obtidas na Estação Agroclimatológica de Capão do Leão, RS, mantida através do Convênio EMBRAPA/UFPel/INMET.

Os resultados apresentados referem-se aos valores médios obtidos nas seis épocas de semeadura em cada safra.

As regressões lineares entre a esterilidade de espiguetas com a temperatura máxima do ar (Tx) e com o número de dias em que $T_x \geq 35^\circ\text{C}$ consideraram os dados obtidos nas seis épocas de semeadura, nas três safras agrícolas, para as duas cultivares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 indica que, na safra 2006/07, as temperaturas máximas diárias do ar (Tx) foram mais altas para os três subperíodos, nas duas cultivares, do que nas duas safras anteriores. Por outro lado, os valores extremos de temperaturas máximas diárias do ar (Tx) foram de $26,1^\circ\text{C}$ e $30,0^\circ\text{C}$, respectivamente, na safra 2004/05, no subperíodo R4-R8 da cultivar BRS 7 – Taim, e na safra 2006/07, no subperíodo R2-R4 da cultivar BRS Querência (Tabela 1).

Na média geral, a Tx foi mais alta ($29,4^\circ\text{C}$) no subperíodo R1-R2 do que nos subperíodos R2-R4 ($28,8^\circ\text{C}$) e R4-R8 ($27,9^\circ\text{C}$) (Tabela 1). A provável explicação para isso é que o subperíodo R1-R2 deve ter ocorrido durante o período mais quente do ano (verão) enquanto que o R4-R8, por exemplo, deve ter ocorrido mais para o fim do verão, ou mesmo no início do outono para as semeaduras mais tardias.

O número de dias (ND) com $T_x \geq 35^\circ\text{C}$ foi relativamente baixo nas três safras e nos três subperíodos das duas cultivares. A média geral foi de 1,1 dia no subperíodo R1-R2 e de 0,7 dia nos subperíodos R2-R4 e R4-R8 (Tabela 1).

Os valores extremos de esterilidade de espiguetas (EE) foram de 40,5%, na safra 2005/06, e 15,9%, na safra 2006/07, ambos para a cultivar BRS 7 – Taim. Por outro lado, os índices de EE foram mais baixos na safra 2006/07, quando comparados com as duas safras anteriores (Tabela 1). A EE média das duas safras, para as duas cultivares (30,0%), foi ligeiramente acima do valor médio (24,8%) obtido por Prasad et al. (2006), em condições de casa de vegetação, para catorze cultivares, em Gainesville, na Flórida, EUA.

A representação gráfica das equações de regressão linear entre Tx e EE, para os três subperíodos (Figura 1) indica que a EE diminuiu com o aumento de temperatura.

Tabela 1. Esterilidade de espiguetas das cultivares BRS Querência (ciclo precoce) e BRS 7 - Taim (ciclo médio) e ocorrência de temperaturas máximas do ar durante três subperíodos de desenvolvimento da planta de arroz, em três safras agrícolas, em Capão do Leão, RS.

Cultivar	Safra	R1 - R2		R2 - R4		R4 - R8		Esterilidade de espiguetas (%)
		Tx	ND	Tx	ND	Tx	ND	
BRS Querência	2004/05	29,4	0,7	28,6	0,3	27,7	1,0	31,3
	2005/06	29,3	2,0	28,5	0,4	28,1	0,2	33,6
	2006/07	29,7	0,8	30,0	1,2	29,5	1,0	23,1
	Média	29,5	1,1	29,1	0,6	28,4	0,8	29,3
BRS 7 -Taim	2004/05	29,2	0,8	27,5	0,8	26,1	0,4	35,5
	2005/06	28,8	1,2	27,7	0,2	26,5	0,2	40,5
	2006/07	29,6	1,0	29,9	1,2	29,1	1,2	15,9
	Média	29,2	1,0	28,4	0,7	27,3	0,6	30,6
Média Geral		29,4	1,1	28,8	0,7	27,9	0,7	30,0

R1-R2: da diferenciação da panícula à formação do colar da folha bandeira (emborrachamento); R2-R4: do emborrachamento ao início da floração (antese); R4-R8: da antese à maturidade de um grão isolado; Tx: Temperatura máxima média do ar (°C); ND: Número médio de dias com Tx maior ou igual a 35°C.

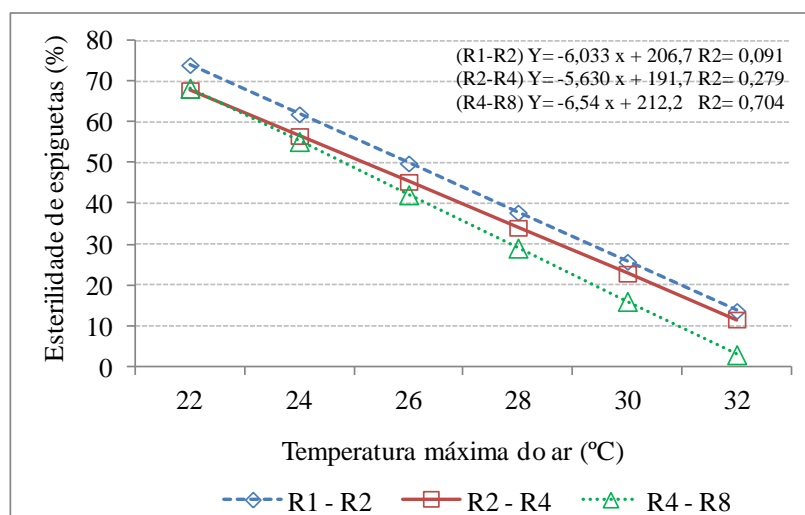


Figura 1. Representação gráfica das equações de regressão linear entre a temperatura máxima do ar e a esterilidade de espiguetas, durante três subperíodos de desenvolvimento da planta de arroz irrigado, em Capão do Leão, RS.

Resultados semelhantes foram relatados por Yoshida (1981), para uma das três cultivares estudadas, para a faixa de temperatura em torno de 26 e 30°C, que é semelhante à faixa de Tx ocorrida neste estudo (Tabela 1). Em geral, situação inversa ocorre quando a Tx é maior que 35°C, ou seja, a EE aumenta com valores crescentes de Tx (YOSHIDA, 1981; MATSUI et al, 2001).

Em função do baixo número médio de dias (ND) com $T_x \geq 35^\circ\text{C}$ e da pouca variabilidade ocorrida durante as três safras, não foi possível estabelecer a relação dessa variável com a esterilidade de espiguetas (EE).

CONCLUSÕES

- há uma relação linear inversa entre a temperatura máxima do ar (Tx) e a esterilidade de espiguetas (EE), ou seja, valores crescentes de Tx acarretam decréscimos de EE para os três subperíodos de desenvolvimento da planta estudados;
- em decorrência do baixo número médio de dias (ND) com $T_x \geq 35^\circ\text{C}$ e da pouca variabilidade ocorrida durante os experimentos, não foi possível estabelecer relação dessa variável com a esterilidade de espiguetas (EE).

REFERÊNCIAS

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, n.2, p. 436-443, 2000.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE- IPCC. Climate change 2014: Synthesis report. Disponível: <http://www.ipcc.ch> Consultado em 3 abr. 2017.

KRISHNAN, P. et al. **High temperature effects on rice growth, yield, and grain quality.** . In: Donald L. Sparks, editor: *Advances in Agronomy*, Vol. 111, Burlington:

Academic Press, 2011, p. 87-206. Disponível em: <http://www.elsevier.com> Acesso 15 out. 2016.

MATSUI , T., OMASA, K., HORIE, T. The difference in sterility due to high temperatures during the flowering period among Japonica-rice varieties. **Plant Prod. Sci.** 4 (2): p. 90-93, 2001.

MOTA, F.S. da., ROSSKOFF, J.L. da C., SILVA, J. B. da. Probabilidade de ocorrência de dias com temperaturas iguais ou superiores a 35°C no florescimento do arroz no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.147-149, 1999.

PRASAD, P.V.V., et al. Species, ecotype and cultivar differences in spikelet fertility and harvest index of rice in response to high temperatures stress. **Field Crop Research**, 95, p. 398-411, 2006. Disponível em: www.sciencedirect.com Acesso 30 out. 2016.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Balneário Camboriú; 2003. 126p.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.

ALTURA DE PLANTAS E PERÍODO DE CONTROLE DE BUVA (*Conyza*) EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS AGROMETEOROLÓGICAS

Edson G. Kochinski¹; Rodrigo Y. Tsukahara²; José Prestes Neto³; Antonio. do N. Oliveira⁴; Juscelino I. de Oliveira Junior⁵

¹ Eng. Agr., Pesquisador, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR, giovanni@fundacaoabc.org.br

² Eng. Agr., Coordenador de Pesquisa, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR

³ Eng. Agr., Pesquisador, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR

⁴ Meteorologista, Pesquisador, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR

⁵ Eng. da Computação, Pesquisador, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi caracterizar a temperatura basal da buva (*Conyza spp*), bem como propor algoritmos que possibilitem o planejamento e monitoramento da altura, e um controle mais efetivo da planta daninha. Foram conduzidos dois estudos observacionais em Ponta Grossa – PR, no qual o crescimento da buva foi avaliado no período de verão – primavera (2015) e outono – primavera (2016), com infestação natural da planta daninha. A altura das plantas foi determinada a partir do colo da mesma até a última folha não desenvolvida, em média a cada 11 dias. Os dados agrometeorológicos foram coletados em condição padrão. A temperatura basal para cálculo dos graus-dias acumulados (GDA) foi estimada através do método do menor desvio padrão. Para a variável altura de plantas, foram ajustados os parâmetros dos modelos exponencial e logístico, em função dos graus-dias acumulados após a emergência. A temperatura basal de 0°C apresentou relação direta com o período de tempo correspondente entre a emergência e 15 cm de altura, $p < 0,0001$, com ajuste $R^2 = 0,80$ e $REQM = 9,4$. Dois algoritmos com base em graus-dia acumulado, data de emergência, altura de plantas e data de avaliação, são propostos para a estimativa da altura e período de controle da buva.

PALAVRAS-CHAVE: Graus-dia acumulado, modelagem, ecofisiologia.

PLANT HEIGHT AND BUFFER CONTROL PERIOD (*Conyza*) IN THE FUNCTION OF AGROMETEOROLOGICAL VARIABLES

ABSTRACT: The objective of the present work was to characterize the basal temperature of the buva (*Conyza spp*), as well as to propose algorithms that allow the planning and monitoring of height, and a more effective control of the weed. Two observational studies were conducted in Ponta Grossa - PR, in which the growth of the buva was evaluated in the period of summer - spring (2015) and autumn - spring (2016), with natural weed infestation. The height of the plants was determined from the neck of the same to the last undeveloped leaf, on average every 11 days. Agrometeorological data were collected in standard condition. The basal temperature for calculating the accumulated degrees-days (GDA) was estimated using the least standard deviation method. For the plant height variable, the parameters of the exponential and logistic models were adjusted, as a function of the accumulated degrees-days after the emergency. The basal temperature of 0°C presented a direct relation with the corresponding period of time between emergence and 15 cm of height, $p < 0.0001$, with $R^2 = 0.80$ and $RMSE = 9.4$. Two algorithms based on cumulative day-degrees, emergency date, plant height and evaluation date, are proposed for the estimation of height and burial period.

KEY-WORDS: Accumulated degree days, modeling, ecophysiology.

INTRODUÇÃO

A buva (*Conyza*spp) demonstra elevado potencial competitivo, sendo capaz de reduzir a produtividade de culturas mesmo em baixas densidades de infestação. Patel et al. (2010) simulou a infestação da buva antes da semeadura da soja (39 e 81 dias anterior a semeadura), onde densidades inferiores a 0,5 plantas m² justificam o controle químico, independente da produtividade, preço da saca e custo do tratamento adotado para controle.

A combinação de fatores como a adoção de sistemas que utilizam o baixo revolvimento do solo, possibilidade de uso do glyphosate em qualquer estágio de desenvolvimento da planta daninha, aumentou a pressão de seleção exercida por esse herbicida e, conseqüentemente, o risco de aparecimento de ervas resistentes (NEVE et al., 2003).

Soares et al. (2017) relatam o crescimento e desenvolvimento de *Conyza bonariensis* tendo como base graus-dia acumulado, possibilitando o uso de modelos matemáticos, na estimativa da duração dos estádios iniciais de desenvolvimento da espécie, quando a mesma é mais sensível ao controle químico.

O critério de graus-dia possibilita a obtenção de uma relação linear entre o desenvolvimento vegetal e o acréscimo da temperatura (BRUNINI et al., 1976). O conhecimento das exigências térmicas, associado à fenologia da planta, pode ser utilizado como estratégia de planejamento, monitoramento e controle de plantas daninhas (GADIOLI et al., 2000; SOARES et al., 2017). Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar a temperatura basal da buva, bem como propor algoritmos que possibilitem o planejamento e monitoramento da altura de controle da planta daninha.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois estudos observacionais foram conduzidos no Campo Demonstrativo e Experimental da Fundação ABC, localizado no município de Ponta Grossa-PR, sobre um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, clima Cfb segundo a classificação de Köppen, precipitação média anual entre 1600 a 1800 mm e temperatura média anual de 16 a 18 °C. O crescimento de biótipos de buva (*Conyza spp*) resistente ao glifosato foram avaliados nas seguintes condições: verão / primavera entre fevereiro a outubro de 2015 em 27 plantas (avaliações n = 290) e outono / primavera de maio a dezembro de 2016 em 37 plantas (avaliações n = 549), em média de 13 medidas de altura, totalizando 64 plantas com 839 observações, em área com infestação natural de buva, em sistema de plantio direto estabelecido.

A altura das plantas foi determinada a partir do colo da mesma até a última folha não desenvolvida, em média a cada 11 dias. Segundo Constantin et al. (2013), plantas de buva com altura superior a 15 cm no momento da aplicação do herbicida, as opções de controle se tornam mais restritas, dificultando o manejo da planta daninha.

Para o monitoramento das condições do ambiente durante o período de desenvolvimento da buva, foram instalados sensores de temperatura e umidade relativa do ar (RotronicHygroClip S3), piranômetro para a determinação da radiação solar global (Licor LI- 200X), velocidade e direção do vento a 2,0 m de altura (Young) e pluviômetro (Decagon ECRN- 100), instalados de acordo com as normas da OMM.

Quanto a estimativa da temperatura basal, foram estudadas 64 plantas em diferentes datas de emergência, através da metodologia proposta por Arnold, (1959) e o

cálculo dos graus-dia entre a emergência da planta a altura de 15 cm, segundo Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007).

De posse dos dados de altura de plantas ao longo do período experimental, foram ajustados os parâmetros dos modelos exponencial e logístico, em função dos graus-dias acumulados após a emergência de plantas. Os dados da variável resposta foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, para determinar a normalidade dos erros. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de regressão linear múltipla. Os erros das variáveis respostas que não atenderam às pressuposições básicas foram transformados pelo método de Box- Cox. Todas as análises foram realizadas através do software JMP®, Version 10 Pro (SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento fenológico da buva no que se refere à contagem de tempo em graus-dia acumulado (GDA), por meio da equação linear de primeiro grau (Figura 1A), apresentou um ajuste adequado. O valor de temperatura basal obtido pelo método do menor desvio padrão foi de 0°C $p < 0,0001$ com ajuste $R^2 = 0,99$ e REQM=0,2 (Figura 1B). Os graus-dias acumulados apresentaram relação direta com o período de tempo correspondente entre a emergência e 15 cm de altura plantas $p < 0,0001$, com ajuste $R^2 = 0,80$ e REQM = 9,4 (Figura 1A).

A temperatura basal é a temperatura mínima necessária para o crescimento da planta, sob a qual o crescimento é paralisado ou drasticamente reduzido. Utilizando métodos diferentes, Soares et al. (2017) ao estudar o desenvolvimento fenológico da emergência até a senescência de *Conyza bonariensis* usou como temperatura basal 8,4°C.

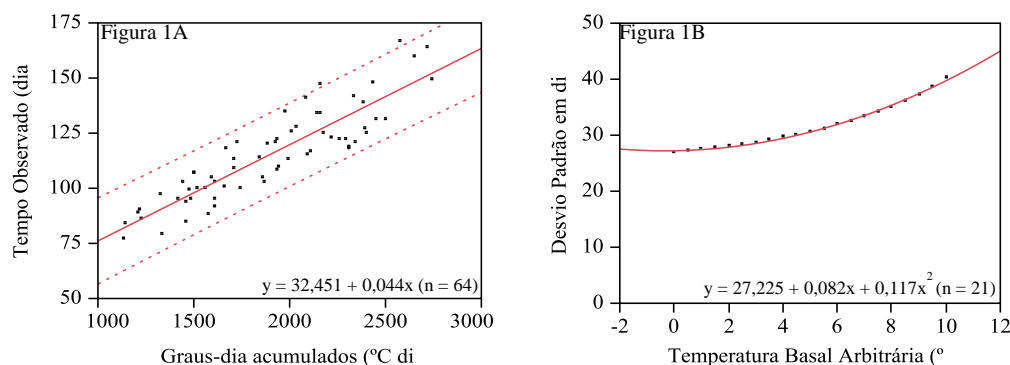


Figura 1. Validação do modelo linear entre o tempo em dias para atingir 15 cm de altura e graus dias acumulados (Figura 1A). Representação esquemática do procedimento estatístico utilizado para determinação da temperatura mínima basal pelo método de menor desvio padrão (Figura 1B). Média de dois ambientes, nas safras 2015 e 2016, em Ponta Grossa – PR.

Dois algoritmos para a estimativa da altura da buva foram propostos, sendo um para fins de planejamento e outro para monitoramento. O primeiro algoritmo leva em consideração a data de emergência da buva (dia Juliano) e graus-dia acumulado a partir desta data, $p < 0,0001$ com $R^2 = 0,80$ e REQM=1,28 (Figura 2A), possibilitando o planejamento do produtor quanto ao manejo da planta daninha, tendo como exemplo qual área deverá ser priorizada no manejo.

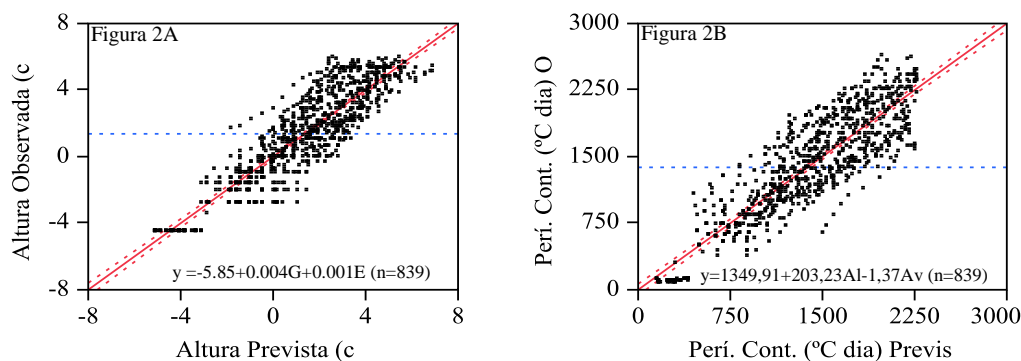


Figura 2. Estimativa da altura da buva, obtida a partir de regressão linear múltipla (Figura 2A), com as variáveis independentes graus-dia acumulados (G) e data emergência da planta (E = dia Juliano), no período entre emergência a 15 cm de altura (dados transformados = $[(\text{Altura da buva}^{0,2}) - 1]/0,134$; $[(G^{0,6}) - 1]/0,044$; $[(E^{1,2}) - 1]/3,182$). Estimativa do período controle da buva, obtida a partir de regressão linear múltipla (Figura 2B), com as variáveis independentes altura da buva (Al = cm) e data avaliação da altura da planta (Av = dia Juliano), no período entre emergência a 15 cm de altura (dados transformados = $[(\text{Período Cont.}^{0,6}) - 1]/0,053$; $[(Al^{0,2}) - 1]/0,134$; $[(Av^{1,2}) - 1]/3,472$). Média de dois ambientes, nas safras 2015 e 2016, em Ponta Grossa – PR.

O segundo algoritmo considera a data da avaliação (dia Juliano) e altura atual da buva, tendo como resposta do modelo o tempo que falta para planta em questão atingir o limite de controle (15 cm de altura) $p < 0,0001$ com $R^2 = 0,78$ e $REQM = 291,88$ (Figura 2 B), o modelo tem como resposta quanto de tempo (GDA) ainda restam para realizar o controle da buva.

A temperatura do ar interfere de maneira decisiva no crescimento da buva, estando também associada à época de convivência e cultivo das plantas. Temperaturas elevadas ou mesmo baixas (ocorrência de geadas), associadas a estresse hídrico resultam na diminuição do acúmulo de fitomassa, em função da paralisação do crescimento das plantas, evidenciando desta forma, a importância das condições agrometeorológicas favoráveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009). Isso explica o desenvolvimento inicial lento das plantas de buva que se desenvolvem nos meses mais frios e secos do ano, a medida que o verão se aproxima as temperaturas aumentam além da distribuição das precipitações favorecendo o crescimento da buva.

CONCLUSÕES

A temperatura basal = 0, foi a que apresentou melhor ajuste ($R^2 = 0,8$) às condições de crescimento no período entre emergência e 15 cm de altura.

Através da observação da data de emergência da buva e dos graus dias acumulados até o período em questão, foi possível a estimativa da altura de plantas e do período restante para o controle da buva.

No entanto, deve-se salientar que outras variáveis agrometeorológicas também contribuem para o crescimento da buva (radiação solar, precipitação, fotoperíodo, características físico-químicas do solo e rotação de cultivos).

REFERÊNCIAS

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 74, p. 430-445, 1959.

BRUNINI, O.; LISBÃO, R. S.; BERNARDI, J. B. Temperatura-base para alface "Witthe Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v.35, p. 214-219, 1976.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA R. S. Jr.; OLIVEIRA A.M.N.; Editores. **Buva: Fundamentos e recomendações para manejo**. Curitiba - PR: Omnipax, p. 104, 2013.

GADIOLI, J. L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agrícola**, v.57, n.3, p.377-383, 2000.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, p. 531, 2006.

NEVE, P. et al. Simulating evolution of glyphosate resistance in *Lolium rigidum* I: population genetics of a rare resistance trait. **Weed Res.**, v. 43, p. 404-417, 2003.

PATEL, F.; TREZZI, M.M.; MIOTO JR., E.; DEBASTIANI, F., Nivel de dano econômico da buva (*Conyzabonariensis*) na cultura da soja. In:27º CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Ribeirão Preto, SP: **Anais**, 2010. p. 1670-1673.

SOARES, D.J. et al. Growth and development of *Conyzabonariensis* based on days or thermal units. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 1, p.45-53, 2017.

PEREIRA, R. A.; ANGELOCCI, R. L.; SENTELHAS, C. P. **Meteorologia Agrícola**. LCE 306, p. 130-134, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TESTE DE SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA, PARA A VALIDAÇÃO DA PREVISÃO DO TEMPO PARA O ESTADO DE ALAGOAS

Fernanda Liz Lima de ARAUJO¹, Rosiberto Salustiano da SILVA JUNIOR², Dhiego Rafael Farias LUNA³, Hugo Cainã Ferreira MONTEIRO⁴

¹Aluna de Graduação, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, fernanda.araujo@icat.ufal.br;
²Professor, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, rosiberto@icat.ufal.br; ³Aluno de Graduação, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, dhiego.luna@icat.ufal.br; ⁴Aluno de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, hugo_caina@hotmail.com.

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi comparar os dados meteorológicos obtidos por seis estações meteorológicas automáticas como os dados de previsão do modelo WRF, instalados no nordeste brasileiro. Os dados meteorológicos avaliados em um período diário foram: Temperatura, umidade relativa do ar (UR), ponto de orvalho, pressão atmosférica, velocidade do vento (VV), direção do vento (DV), radiação solar e precipitação. Os dados das respectivas estações meteorológicas foram comparados por meio de análise estatística, utilizando o teste de hipótese (também conhecido como t-student). Os resultados deste teste mostram que a pressão, UR, e o ponto de orvalho apresentaram uma melhor correlação. Por outro lado, a radiação e a precipitação, apresentaram os valores mais baixos de uniformidade.

PALAVRAS-CHAVE: Estação meteorológica, variáveis meteorológicas, t-student.

STATISTICAL SIGNIFICANCE TEST FOR THE VALIDATION OF TIME FORECAST FOR THE STATE OF ALAGOAS

ABSTRACT: The objective of this work was to compare the meteorological data obtained by six automatic meteorological stations, such as WRF model prediction data, installed in the Brazilian northeast. The meteorological data evaluated in a daily period were: Temperature, relative air humidity (RH), dew point, atmospheric pressure, wind speed (VV), wind direction (DV), solar radiation and precipitation. Data from the respective meteorological stations were compared using statistical analysis using the hypothesis test (also known as t-student). The results of this test show that the pressure, RH, and dew point presented a better correlation. On the other hand, radiation and precipitation presented the lowest values of uniformity.

KEY-WORDS: Meteorological station, meteorological variables, t-student.

INTRODUÇÃO

Os eventos meteorológicos afetam diretamente a produção agrícola, a agricultura é a atividade que mais depende das condições climáticas visando isso os estudos desta área tornam-se cada vez mais detalhados buscando melhorar o aproveitamento da terra usada para o plantio. Existe uma grande necessidade de aumentar a produção evitando a perda da lavoura para isso é necessária a observação climática da região visando a melhor época para o plantio e melhor produto a ser cultivado em determinada região.

As mudanças climáticas no nordeste brasileiro causam períodos de seca (onde o solo fica seco e prejudica a germinação e o desenvolvimento da planta) prolongados o

que pode prejudicar a produção agrícola, o que é para muitos agricultores que tem a plantação como a única fonte de renda tornando essencial a previsão do tempo para que com base nisso possam saber quando irá chover na lavoura, quando irão poder plantar novamente sem o risco de perder a safra e a quantidade de chuva que poderão coletar em seus reservatórios.(SANTOS E CAMARGO, 2006)

O trabalho tem como objetivo comparar os dados da previsão do tempo aos da observação utilizando ferramentas estatísticas, para determinar a proximidade dos valores obtidos. Os dados de observação foram fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) coletados nas estações de Maceió, Arapiraca, Coruripe, São Luiz do Quitunde, Palmeira dos índios e Pão de Açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O estado de Alagoas está situado na região Nordeste do Brasil (NEB), entre -9°34'59" de latitude sul e -39°25'0" de longitude oeste. É localizado no leste da região Nordeste e tem como limites Pernambuco, Sergipe, Bahia e o Oceano Atlântico. Ocupa uma área de 27.778,506 km².



Figura 1. Localização de Alagoas na região nordeste do Brasil.

Fonte: tudo-e-geografia.com

O Nordeste apresenta clima semiárido e possui uma vegetação que se adapta a climas secos e sobrevive a quantidades de água reduzida, em cerca de 50% do seu território. Estudos sobre o clima indicam que fenômenos do tipo El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e circulação geral da atmosfera seriam os responsáveis pela ocorrência de baixos totais pluviométricos. (BARROS, 2012).

Para análise dos resultados foi utilizado o teste de hipóteses (também conhecido como teste de significância), que tem como base rejeitar ou não rejeitar uma hipótese estatística com base no resultado da amostra utilizada.



Figura 2. Estações meteorológicas automáticas que foram utilizadas no estudo do estado de alagoas.

Fonte: Site do INMET.

O valor do coeficiente não garante que as variáveis estejam realmente correlacionadas. Por isso é necessário que haja um teste estatístico para comprovar o grau real de ligação entre as variáveis. (MENEZES et al, 2012.)

Foi aplicado o teste t, de Student, com os seguintes valores do parâmetro t:

$$t = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Equação (1)

A partir da equação 1 foi extraído o coeficiente de correlação crítico (r_c), que é um valor para o qual aceita ou não a hipótese estatística, r_c é dado por:

$$r_c = \sqrt{\frac{t^2}{(N-2) + t^2}}$$

Equação (2)

N= Numero da amostra

Quando N for igual a 18 (dias de dados utilizados), o teste t terá que obter o resultado igual a 2,13, e r_c ser igual a 0,47 para 95% de significância podendo ocorrer um erro de 5% onde será considerado $\alpha=0,05$. Sendo o grau de liberdade $N-2=16$.

Sendo assim considerado que realmente há uma correlação de 95% nos dados que apresentarem para r um valor igual ou superior a 0,47.

Os dados utilizados para a validação das previsões foram obtidos através do site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), coletados por hora e tratados no Excel.

A previsão do tempo foi realizada como o modelo atmosférico WRF (*Weather Research Forecasting*), e configurado com três domínios: D01 América do Sul com 80km de resolução e 81x81 pontos em x e y, D02 Nordeste Brasileiro com 20km de resolução e 81x81 pontos em x e y, e D03 Estados de Alagoas com 5km de resolução e 81x81 pontos em x e y. Todos os domínios foram configurados com 31 níveis verticais e com topo em 50mb. Foram feitas previsões com 72h de duração e analisada todas as primeiras 24h diárias, para avaliar a precisão do modelo.

Para as análises estatísticas, buscou-se verificar a habilidade do modelo atmosférico WRF, prever as primeiras 24h, utilizando média, desvio-padrão, coeficiente de correlação, e teste de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na tabela 1, pode-se avaliar que os melhores coeficientes de correlação foram obtidos para as variáveis pressão atmosférica, temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e umidade relativa do ar. As variáveis direção do vento e precipitação se destacaram negativamente no comparativo feito para o coeficiente de correlação de Pearson. Porém as demais variáveis foram bem representadas pelo modelo atmosférico.

Tabela 1. Valores de correlação das variáveis meteorológicas nas cidades observadas.

Variáveis	Correlação							
	T	UR	P.de orvalho	Pressão	VV	DV	Radiação	Precipitação
Maceió	0,71	0,65	0,91	0,88	0,65	0,17	0,63	0,31
S.L do Quitunde	0,78	0,71	0,88	0,88	0,65	0,07	0,65	0,29
Coruripe	0,76	0,69	0,85	0,94	0,64	0,02	0,75	0,07
Arapiraca	0,84	0,82	0,80	0,90	0,41	0,00	0,01	-0,04
P. dos Índios	0,90	0,86	0,82	0,90	0,38	0,10	0,71	-0,02
Pão de Açúcar	0,89	0,82	0,83	0,92	0,65	0,05	0,80	0,35

Já com o auxílio da tabela 2, foi possível notar que todas as variáveis tiveram 95% de grau de significância, com exceção das variáveis direção do vento e precipitação, especialmente para as cidades de Coruripe, Arapiraca e Palmeiras dos Índios, que tiveram as hipóteses rejeitadas.

Tabela 2. Índices estatísticos para análise da concordância entre as variáveis estudadas.

Variáveis	Teste de significância							
	T	UR	P.de orvalho	Pressão	VV	DV	Radiação	Precipitação
Maceió	4,03*	3,42*	3,79*	8,79*	3,42*	0,69	3,24*	0,31
S.L do Quitunde	4,98*	4,03*	7,56*	7,66*	3,42*	0,28	3,42*	1,2
Coruripe	4,67*	3,81*	6,64*	11,14*	3,33*	0,08	4,53*	0,31
Arapiraca	6,19*	5,73*	5,37*	8,27*	1,79	0,02	0,04	-0,19
P. dos Índios	8,25*	6,74*	5,90*	8,56*	1,64	0,40	4,03*	-0,08
Pão de Açúcar	7,80*	5,73*	5,99*	9,83*	3,42	-0,24	5,33*	1,53

*95% de significância

Avaliando a dispersão dos pontos do comparativo feito entre a previsão e medições, para a variável temperatura do ar, apesar de apresentar um coeficiente de correlação moderado (de 0,40 a 0,69) apresentou uma proximidade entre os valores da previsão e observação. A previsão obteve um resultado equivalente a observação nos casos de máximas nas regiões de Maceió que apresentou a máxima de 28,04°C na EMA e 27,26°C na previsão no dia 08, Arapiraca apresentou a máxima de 27,79°C na EMA e 27,05°C na previsão no dia 07 e Pão de Açúcar apresentou a máxima de 31,18°C na EMA e 29,78°C na previsão no dia 07 e em casos de mínima obtivemos equivalência em Coruripe com mínima de 26,15°C na EMA e 25,42°C na previsão no dia 13. Os resultados da previsão encontrados nessas regiões se aproximaram dos resultados obtidos pela observação.

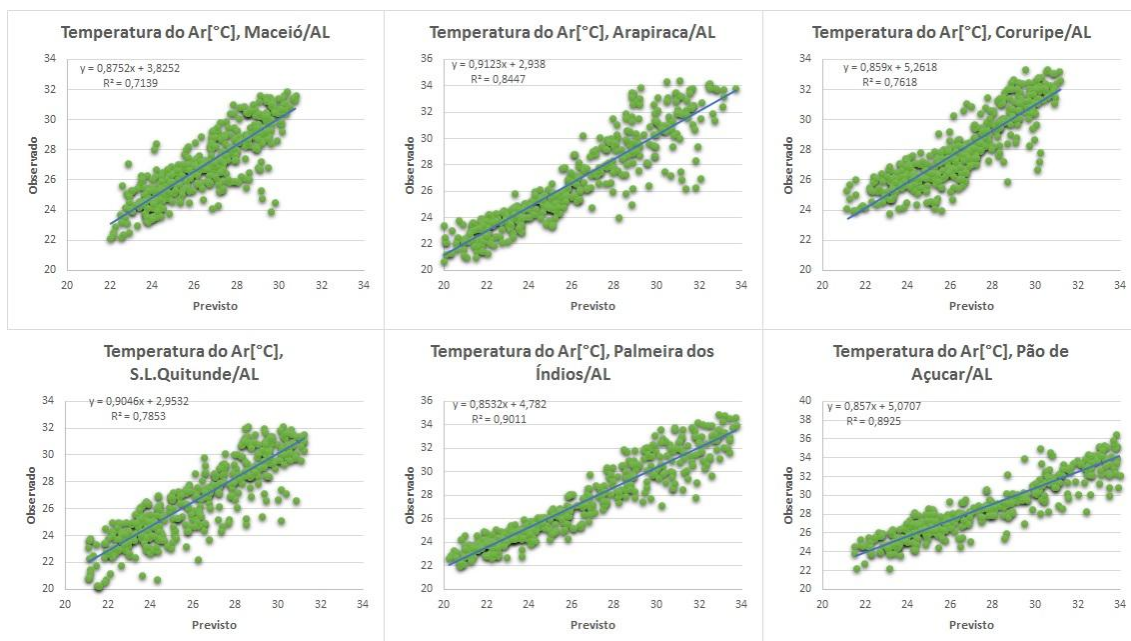


Figura 3. Relação entre a Temperatura observada na EMA e no modelo de previsão.

Já para a variável UR (umidade relativa) e o ponto de orvalho, apresentaram um coeficiente de correlação alto em todas as cidades analisadas, verifica-se na tabela 2 que em todos os dados há 95% de significância em ambas variáveis. A UR apresentou uma equivalência nas máximas de São Luiz do Quitunde de 86,17% na EMA e 75,28% na previsão no dia 12 e Coruripe com máxima de 81,50% na EMA e 84,72% na previsão no dia 13, e mínima em Maceió de 19,27% na EMA e 18,99% na previsão no dia 10 e Coruripe com mínima de 60,43% na EMA e 65,60% na previsão no dia 10. No ponto de orvalho as máximas equivalentes ocorreram em Coruripe de 23,63°C na EMA e 22,77°C na previsão no dia 17 e mínima em Maceió de 19,27°C na EMA e 18,89°C na previsão no dia 10, em São Luiz do Quitunde 20,16°C na EMA e 19,76°C na previsão no dia 10, em Coruripe 19,68°C na EMA e 19,09°C na previsão no dia 10, em Arapiraca 11,08°C na EMA e 17,55°C na previsão no dia 10, em Palmeira dos Índios 18,58°C na EMA e 17,05°C na previsão no dia 10 e Pão de Açúcar 17,44°C na EMA e 17,81°C na previsão no dia 10.

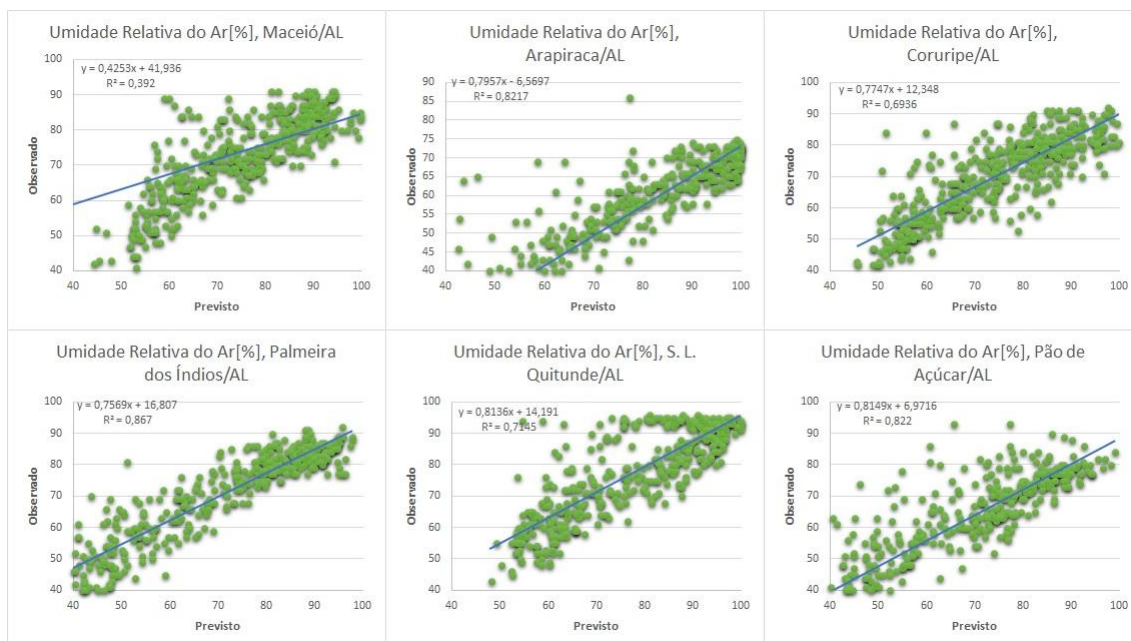


Figura 4. Relação entre a umidade relativa do ar observada na EMA e no modelo de previsão.

Observou-se que o acumulado de chuva equivalente para a cidade de Maceió, registrou 28,60mm acumulado na EMA e 29,53 na previsão do modelo para a mesma localidade. Pode-se verificar na figura 4 que a previsão superestimou a quantidade de precipitação, obtendo sempre valores acima dos obtidos na EMA. Os dias em que a previsão se aproximou do acerto foram nos dias 03, 04, 09 e 10, apresentando dados parecidos com o observado.

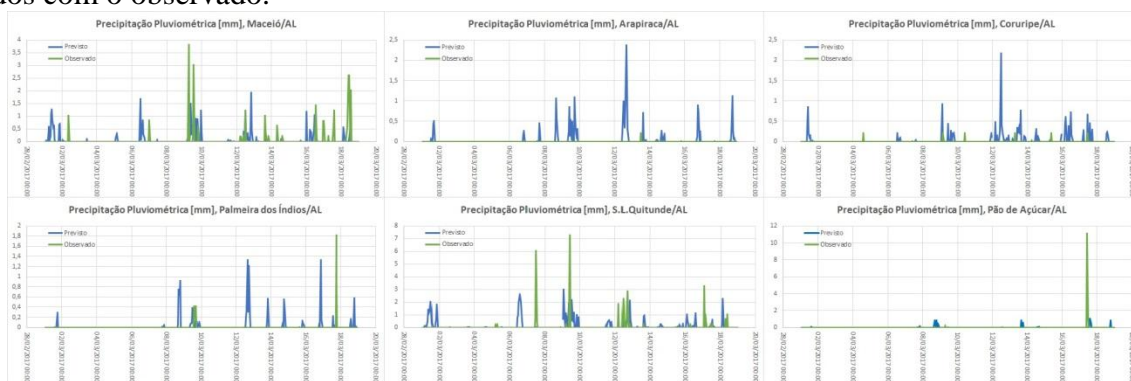


Figura 5. Relação entre a precipitação observada na EMA e no modelo de previsão.

Com relação a direção predominante do vento, todas as estações e previsões, apresentaram para as cidades analisadas, a direção do vento variando entre L e SE. Vale destacar que o modelo atmosférico conseguiu representar a direção do vento para todas as localidades, ver figura 6.

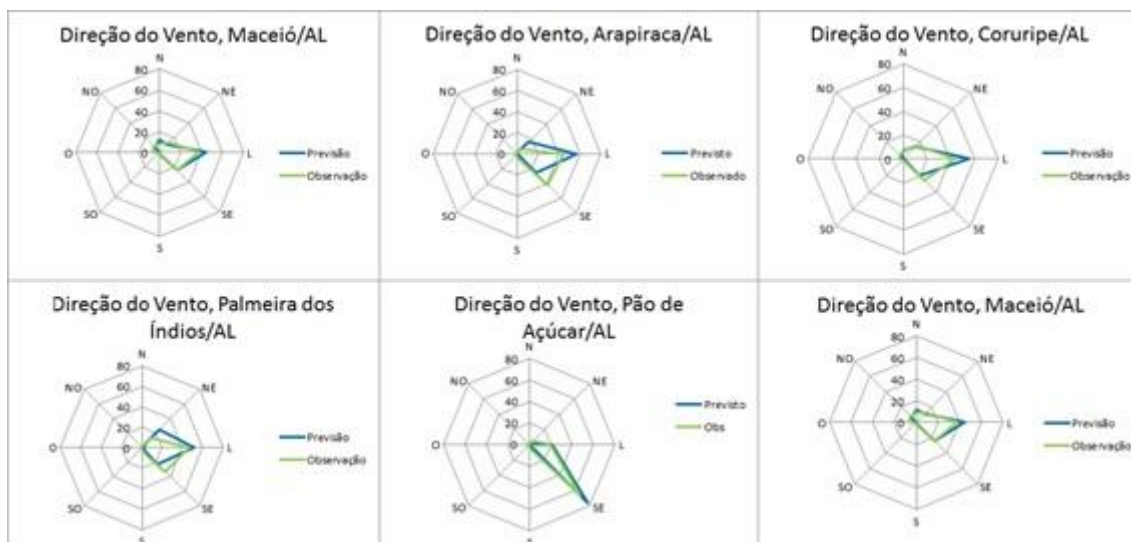


Figura 6. Direção do vento observada na EMA e no modelo de previsão.

Na direção do vento tivemos predominância entre L e SE, como se pode observar no gráfico da figura 7 a previsão acompanhou bem os resultados de observação.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos em comparação entre a EMA e o modelo atmosférico de previsão permitiram obter tais resultados:

-As variáveis meteorológicas temperatura, radiação e ponto de orvalho, apresentam uma boa correlação.

-As variáveis meteorológicas precipitação e radiação obtiveram valores de menor correlação.

-O modelo atmosférico conseguiu representar a direção predominante do vento. Pois assim como os dados observados, obtiveram a direção predominante de L e SE.

REFERÊNCIAS

SANTOS, M. A.; CAMARGO, M. B. P. **Parametrização de modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade do cafeeiro nas condições do estado de São Paulo.** Campinas, SP, v.65, n.1, p.173-183, 2006.

BARROS, A. H. C. et al; **Climatologia do estado de Alagoas.** Dados eletrônicos. Recife: Embrapa Solos, 2012.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. **Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro.** Revista Brasileira Meteorologia, v.17, p.1-10, 2002.

MENEZES, H.E.A. et al; **Comparação entre dados de precipitação da reanálise do NCEP/NCAR e da precipitação observada para a zona de convergência secundária do atlântico sul.** Juazeiro – BA: Universidade Federal do Vale do São Francisco-UNIVASF, 2012.

PERÍODO DE PROTEÇÃO DE FUNGICIDAS NA CULTURA DA SOJA EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS

José Prestes Neto¹, Rodrigo Y. Tsukahara², Edson G. Kochinski³ Antonio do N. Oliveira⁴; Juscelino I. de Oliveira Junior⁵

¹Eng. Agr., Pesquisador, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR,
jose.neto@fundacaoabc.org.br;

²Eng. Agr., Coordenador de Pesquisa, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR;

³Eng. Agr., Pesquisador, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR;

⁴ Meteorologista, Pesquisador, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR;

⁵ Eng. da Computação, Pesquisador, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do ambiente sobre o período de proteção de fungicidas para controle de ferrugem asiática da soja e propor um modelo matemático para auxiliar no processo de tomada de decisão quanto a reaplicação do fungicida. Foram conduzidos 8 experimentos de campo em Castro-PR, com o objetivo de expressar um maior número de ambientes, utilizando o delineamento de blocos casualizados, disposto em 8 tratamentos com 4 repetições. Os tratamentos, compostos por uma testemunha (sem aplicação de fungicida), controle padrão calendarizado, e 3 fungicidas em dois momentos do estágio fenológico da soja (em R1 e R3). Foram realizadas avaliações de severidade de ferrugem asiática a partir do dia da aplicação e estimado através de modelos não lineares a curva de progresso da doença, onde foi possível realizar a estimativa do final do período de residual. Através da utilização de regressão linear múltipla, foi possível estabelecer um modelo de estimativa do fim do período de proteção do fungicida com um ajuste altamente significativo, onde levou-se em consideração o número de dias com radiação maior ou igual a 22 MJ.m⁻².dia⁻¹ e o fungicida aplicado.

PALAVRAS-CHAVE: *Phakopsora pachyrhizie*, radiação solar, modelagem agrometeorológica.

PERIOD OF PROTECTION OF FUNGICIDES IN THE CULTURE OF SOYBEAN UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of the environment on the fungicide protection period to control soybean Asian rust and to propose a mathematical model to aid in the decision making process regarding the reapplication of the fungicide. Eight field experiments were conducted in Castro-PR, with the purpose of expressing a larger number of environments, using a randomized block design, arranged in 8 treatments with 4 replicates. The treatments, consisting of a control (without fungicide application), standardized control, and 3 fungicides at two stages of the soybean phenological stage (in R1 and R3). Asian rust severity assessments were performed from the day of application and the disease progress curve was estimated using nonlinear models, where it was possible to estimate the end of the residual period. By using multiple linear regression, it was possible to establish a model of the end of the protection period of the fungicide with a highly significant adjustment, where the number of days with radiation greater than or equal to 22 MJ.m⁻².day⁻¹ and the applied fungicide.

KEY-WORDS: *Phakopsora pachyrhizie*, solar radiation, agrometeorological modelling.

INTRODUÇÃO

Quando se aplica um fungicida para o controle de determinado patógeno a característica mais desejável para esse produto é que o mesmo apresente maior persistência possível no interior da planta. Entretanto um dos fatores que mais contribui a isso é a condição atmosférica observada a partir do momento da aplicação bem como o potencial de controle do ingrediente ativo. Sendo assim, quanto maior o período residual desse fungicida, maior será a janela de proteção apresentada pelo mesmo, proporcionando assim maior flexibilidade operacional, econômica e ambiental (GOULART, 1998).

Outro ponto a ser levado em consideração é o patógeno que está sendo controlado, como a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizie*) que possui um alto potencial de infecção se as condições ambientais forem favoráveis (ALVES, 2016). Dessa forma a decisão de se entrar ou não pulverizando um talhão é extremamente delicada pois os 3 fatores mencionados (fungicida, ambiente e patógeno) estão estritamente relacionados com o período residual final de um determinado fungicida.

Uma maneira de contribuir nesse sentido é utilizando modelos agrometeorológicos como uma ferramenta de suporte a decisão (AMORIM et al., 2011), ou seja, estimar através das variáveis agrometeorológicas quantos dias um determinado fungicida tende a permanecer de forma eficiente numa determinada planta.

O objetivo deste trabalho foi estimar o período residual dos principais fungicidas utilizados atualmente pelos produtores da região e modelar esse período através de variáveis agrometeorológicas, a fim de desenvolver uma ferramenta de suporte a decisão.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos, denominados ambientes, foram implantados durante a safra de 2015/2016, na fazenda Stella Alba, em Castro-PR (24°47'30.01"S, 49°56'16.88"O, 1016 m) cujo clima é do tipo Cfb segundo a classificação climática de Köppen. Com 4 épocas de semeadura (21/10/2015, 09/11/2015, 19/11/2015 e 08/12/2015) e dois genótipos (NA5909 RG e M5917 IPRO), cada experimento foi delineado em blocos ao acaso, tendo 8 tratamentos conforme descritos a seguir: 1) Testemunha sem controle; 2) Controle padrão calendarizado; 3) AZOXISTROBINA(300g i.a.) + BENZOINDIFLUPIR (150g i.a.) no estágio fenológico R1 (CÂMARA, 2006); 4)TRIFLOXISTROBINA (150g i.a.) + PROTIOCONAZOL (175g i.a.) em R1; 5)PICOXISTROBINA (200g i.a.) + CIPROCONAZOLE (80g i.a.) em R1; 6) AZOXISTROBINA (300g i.a.) + BENZOINDIFLUPIR (150g i.a.) em R3; 7)TRIFLOXISTROBINA (150g i.a.) + PROTIOCONAZOL (175g i.a.) em R3; 8)PICOXISTROBINA (200g i.a.) + CIPROCONAZOLE (80g i.a.) em R3.

O sistema de plantio direto estabelecido, a rotação aveia/milho/trigo/soja, o espaçamento entre linhas de 0,4m, a população inicial de 30 plantas m² e a unidade experimental de 14 m² (7 linhas de 5 metros) foram critérios obedecidos em todos os ambientes. Os tratos culturais foram realizados conforme recomendações técnicas. Todas as pulverizações foram realizadas com equipamento costal acoplado a ampola de CO₂, equipado com pontas modelo ADI 110015, volume de calda 150 L ha⁻¹.

Após a aplicação dos tratamentos foram realizadas avaliações visuais, 2 vezes por semana, de incidência e severidade de ferrugem asiática da soja, segundo escala diagramática proposta por Godoy et al., (2006), em esquema de amostragem sistemática em 5 pontos por parcela. Posteriormente realizou-se com os dados destas avaliações a estimativa do residual de fungicidas através de modelos não lineares da curva de progresso da doença (AMORIM et al., 2011). O critério utilizado para determinar o fim

do residual nos tratamentos com fungicida foi quando a severidade atingiu 2% comparado ao dia da aplicação (DAA) dentro da curva estimada.

Os dados agrometeorológicos foram obtidos através de uma estação agrometeorológica automática, composta por sensores de temperatura e umidade relativa do ar (Rotronic®, Hicroclip2), radiação solar global (Licor®, Li-200) velocidade e direção do vento a 2 metros de altura (Young®, 03002), precipitação pluviométrica (Pessl®, captação de 206 cm⁻² e resolução de 0,254mm), pressão atmosférica (Pessl®) e duração do período de molhamento foliar (Pessl®). A plataforma de dados foi programada para realizar leituras em todos os sensores em intervalos de 10 segundos, registrar dados, mínimos, médios, máximos, totais e instantâneos em intervalos de 15 minutos (ASAE, 2004) e transmitir via GPRS em intervalos de 60 minutos. Os registros agrometeorológicos foram sumarizados, o que permitiu a formação de 161 variáveis agrometeorológicas derivadas entre o período do dia da aplicação até o final estimado do residual de cada tratamento. Todas as análises foram realizadas através do software JMP®, Version 10 Pro (SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa a ser realizada foi a definição da data fim do período de proteção (residual). Segundo Amorim et al., (2011), a curva de progresso a doença é a melhor maneira de se representar uma epidemia, sendo usualmente expressa pela plotagem da proporção da doença versus o tempo, onde através dela as interações entre patógeno, hospedeiro e ambiente podem ser caracterizadas, além de estratégias de controle, a possibilidade de prever níveis futuros e desenvolver simulações.

O critério adotado foi de que o final do residual seria quando a curva de progresso da doença atingisse 2% de severidade comparado ao dia da aplicação do fungicida. Dessa forma, os modelos não-lineares representaram de forma satisfatória as curvas de progresso da ferrugem, com bons ajustes. Sendo possível determinar a data fim do residual do fungicida conforme a Tabela 01.

Com os dados de início (data da aplicação) e final de residual (estimado) foi possível correlacionar as variáveis agrometeorológicas a um determinado fungicida possuir diferentes níveis de persistência na planta. Dentre as 161 variáveis agrometeorológicas analisadas, a que apresentou o maior nível de correlação foi a radiação solar. Este fato pode ser explicado devido a correlação inversa da radiação solar coma germinação de uredósporos de ferrugem asiática, ou seja, quanto maior o tempo de permanência em altas radiações, menor será a sua germinação, fato esse comprovado em estudo realizado por Isard, et. al (2006) e Lima (2009).

Tabela 1. Dias do período residual obtidos através da estimativa da curva de progresso da doença ferrugem asiática da soja para os tratamentos avaliados, quando a curva apresentou severidade $\geq 2\%$ comparada à severidade do dia da aplicação. Resultados obtidos para os oito ambientes, na safra 2014/2015, em Castro, PR.

Ambiente	Semeadura	Cultivar	Tratamento 3 residual (dias)	Tratamento 4 residual (dias)	Tratamento 5 residual (dias)	Tratamento 6 residual (dias)	Tratamento 7 residual (dias)	Tratamento 8 residual (dias)
1	21/10/2015	M 5917 IPRO	36	42	42	23	27	18
2	21/10/2015	NA 5909 RG	39	36	38	24	27	18
3	09/11/2015	M 5917 IPRO	28	28	27	20	26	14
4	09/11/2015	NA 5909 RG	19	29	29	24	23	14
5	19/11/2015	M 5917 IPRO	17	13	15	11	19	7
6	19/11/2015	NA 5909 RG	26	20	18	16	22	8

7	08/12/2015	M 5917 IPRO	19	17	12	-*	-	-
8	08/12/2015	NA 5909 RG	20	20	19	-	-	-

*Não foi possível estimar a curva de progresso da doença devido à alta incidência nas aplicações em estágio fenológico R3 na última época de semeadura.

A segunda etapa foi propor um algoritmo baseado nos 161 parâmetros agrometeorológicos, com auxílio de modelos lineares múltiplos, ferramenta que permite implementação em sistemas de suporte a decisão (ARAUJO et al., 2011; TSUKAHARA et al., 2015). A escolha das variáveis independentes baseou-se na facilidade de obtenção das variáveis agrometeorológicas e nos valores de resultantes do teste parcial F e do parâmetro REQM da análise de regressão pelo método Stepwise. Dessa forma, com os dados obtidos foi possível propor um modelo, levando em consideração o fungicida utilizado, e a variável derivada Número de Dias com Radiação Solar maior ou igual a 22 MJ.m².dia⁻¹ (Figura 1), sendo uma variável de fácil obtenção com o suporte de estações agrometeorológicas automáticas, resultando em melhores estimativas do residual final (dias), com valores de R² = 0,81 e de REQM = 2,81 dias.

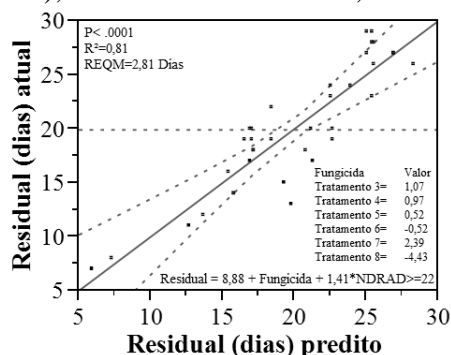


Figura 1. Estimativa do residual de fungicidas, em dias, obtido a partir de regressão linear múltipla, com as variáveis independentes número de dias com radiação solar global ≥ 22 MJ m⁻² (NDRAD ≥ 22) e o fungicida, no período entre a data de aplicação e a data estimada de final de residual. (—) Linha contínua preta, valores preditos. (- -) Linha pontilhada cinza, intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Média de oito ambientes, na safra 2014/2015, em Castro, PR.

Em regiões edafoclimáticas semelhantes, as informações sobre o período residual e das condições meteorológicas podem auxiliar o agricultor a dimensionar a sua capacidade de pulverização, ou mesmo a decidir sobre contratação de serviços terceirizados. Da mesma forma, a inserção dos algoritmos propostos em modelos regionais de previsão do tempo pode auxiliar o planejamento semanal da operação bem como servir como uma ferramenta de auxílio ao assistente técnico.

CONCLUSÕES

A metodologia para estimativa do final de residual foi eficiente comparado à ocorrência da doença nas testemunhas dos experimentos, tendo residuais variando entre 7 e 42 dias. Foi possível gerar um algoritmo para estimativa do residual baseando no fungicida aplicado e o número de dias com radiação maior ou igual a 22 MJ.m².dia⁻¹. Para implementação do modelo em um sistema de suporte a decisão faz-se necessário a ampliação da base de dados (mais opções de fungicidas e maior número de ambientes), bem como passar pelo processo de validação do mesmo.

REFERÊNCIAS

ALVES, V. M. **Fungicidas protetores no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura**. 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2016.

AMORIM, L., REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. 4 ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. 704 p.

ARAÚJO, M.A.; SOUZA, J.L.M. de; TSUKAHARA, R.Y. Modelos agrometeorológicos na estimativa da produtividade da cultura da soja na região de Ponta Grossa, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.33, p.23- 31, 2011.

CÂMARA, G.M. de S. Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v.5, p.63- 66, 2006.

GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Diagramatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, p.63-68, 2006.

GOULART, A.C.P. **Avaliação do efeito residual de alguns fungicidas no controle de doenças dos órgãos aéreos do trigo**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 25p. (EMBRAPA-CPAO. Boletim de Pesquisa, 5).

ISARD, S. A., DUFAULT, N. S., MILES, M. R., HARTMAN, G. L., RUSSO, J. M., DE WOLF, E. D., AND MOREL, W. The effect of solar irradiance on the mortality of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores. **Plant Disease**, St. Paul, v. 90, p. 941-945, 2006.

LIMA, M.A. **Dinâmica temporal de urediniósporos e controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja (*Glycine max*)**. 2009.145f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2009.

TSUKAHARA, R. Y. et al. Produtividade de soja em consequência do atraso da colheita e de condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 8, p. 905-915, 2016.

ANÁLISE DE TENDÊNCIA DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS TÉRMICAS POR ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS EM ZONAS RURAIS E URBANAS

Carlos Tiago Amâncio Rodrigues¹, Fleming Sena Campos², Herica Fernanda de Sousa Carvalho³, Thieres George Freire da Silva⁴, Alex Gomes da Silva Matias⁵.

¹Mestrando, UNIVASF, Juazeiro-BA, tiagoamancio@hotmail.com; ⁵Bolsista, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, flemingcte@yahoo.com.br. ³Bolsista-DTI, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, hericafernanda_17@hotmail.com; ⁴ Professor, UFRPE-UAST, Serra Talhada-PE, thieresfreire@yahoo.br; ⁵ Mestrando, UNIVASF, Petrolina-BA, Petrolina-PE, agomes.matias@hotmail.com.

RESUMO: A agrometeorologia ou meteorologia agrícola é o ramo da meteorologia que estuda as relações de causa e efeito das condições meteorológicas com o meio rural e a produção agrícola, como também tem uma enorme importância na tomada de decisões no campo agrônomico. Objetivou-se com o presente estudo, comparar dados de temperatura de Estações Meteorológicas Automáticas, em ambiente urbano e rural. O estudo foi realizado em estações meteorológicas localizada no município de Petrolina – PE, Cabrobó - PE e Juazeiro – BA, sendo duas estações para cada situação, duas localizada em ambiente urbano (Petrolina e Cabrobó) e duas em ambiente rural (Mandacaru e Bebedouro). Os dados de temperatura mínima e máxima foram obtidos a partir do site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e no site da Embrapa Semiárido entre os períodos de 1990 a 2013. Houve efeito ($P < 0,05$) linear positivo na estação meteorológicas de bebedouro diferentemente dos resultados obtidos na estação meteorológica de Mandacaru que foi observado efeito ($P < 0,05$) linear negativo durante os anos avaliados. No entanto, ambas as estações localizadas no meio rural permaneceram com médias semelhantes ($P > 0,05$) com valores de 21,09 e 20,57°C respectivamente. Não foi observado diferença ($P > 0,05$) entre os dados encontrados durante os 24 anos avaliados nas estações de Cabrobó e Petrolina. Não houve diferença ($P > 0,05$) entre as estações consideradas urbanas com valores médios de 22,30 e 22,17 °C respectivamente. Mesmo com uma série de dados relativamente curta (24 anos), observa-se uma tendência de aumento das temperaturas nas zonas rurais e urbanas.

PALAVRAS-CHAVE: clima, meteorologia, temperatura

TREND ANALYSIS OF THERMAL WEATHER VARIABLES BY METEOROLOGICAL STATIONS IN RURAL AND URBAN AREAS

ABSTRACT: Agrometeorology or agricultural meteorology is the branch of meteorology that studies the cause and effect relationships of weather conditions with the rural environment and agricultural production, but it is also of great importance in decision-making in agronomic field. The objective of this study is to compare temperature data from Automatic Weather Stations in urban and rural environments. The study was carried out in Petrolina - PE, Cabrobó - PE and Juazeiro - BA, two stations for each situation, two located in an urban environment (Petrolina and Cabrobó) and two in rural environment (Mandacaru and Bebedouro) . The minimum and maximum temperature data were obtained from the site of the National Institute of

Meteorology (INMET) and the site of Embrapa Semiárido between 1990 and 2013. There was a positive ($P < 0.05$) linear effect in the watering station. Unlike the results obtained in the Mandacaru meteorological station, a negative linear effect ($P < 0.05$) was observed during the evaluated years. However, both stations located in rural areas remained with similar averages ($P > 0.05$) with values of 21.09 and 20.57 ° C respectively. No difference ($P > 0.05$) was observed between the data found during the 24 years evaluated at the stations of Cabrobro and Petrolina. There was no difference ($P > 0.05$) between stations considered urban with mean values of 22.30 and 22.17 ° C, respectively. Even with a relatively short series of data (24 years), there is a trend of increasing temperatures in rural and urban areas.

KEY-WORDS: climate, weather, temperature

INTRODUÇÃO

A agrometeorologia ou meteorologia agrícola é o ramo da meteorologia que estuda as relações de causa e efeito das condições meteorológicas com o meio rural e a produção agrícola, como também tem uma enorme importância na tomada de decisões no campo agrônomo. Para tanto, é fundamental utilizar informações consistentes, ou seja, isso depende diretamente da leitura efetuada pelos sensores da Estação Meteorológica Automática – EMA, podendo sofrer influência na leitura dos dados, principalmente se a EMA estiver localizada em ambiente urbanizado ou que tenha obstáculos que influenciem nas variáveis climáticas. Para uma melhor consistência na leitura dos dados é de fundamental importância atender rigorosamente as normas estabelecidas pela OMM, para não comprometer os dados climáticos. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo comparar dados de temperatura de estações meteorológicas automáticas, em ambiente urbano e rural.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em estações meteorológicas localizadas no município de Petrolina – PE, Cabrobro - PE e Juazeiro – BA, sendo duas estações para cada situação, duas localizadas em ambiente urbano (Petrolina e Cabrobro) e duas em ambiente rural, sendo a estação de Mandacaru localizada no município de Juazeiro-Ba e Bebedouro localizado no município de Petrolina. Os dados de temperatura mínima e máxima foram obtidos a partir do site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e no site da Embrapa Semiárido. O período analisado foi de 1990 a 2013, totalizando uma série de 24 anos, posteriormente os dados foram processados em interface Excel e analisado a partir da comparação de médias, para verificar a diferença de temperatura entre estações localizadas na área urbana e rural. Para cada variável se ajustaram modelos de regressão linear e se estimaram a significância estatística dos coeficientes da regressão obtidos ao nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados na tabela 1 e figura 1 demonstra que houve efeito ($P < 0,05$) linear positivo dos dados obtidos na estação meteorológica de bebedouro diferentemente dos resultados obtidos na estação meteorológica de Mandacaru que foi observado efeito ($P < 0,05$) linear negativo durante os anos avaliados. No entanto, ambas

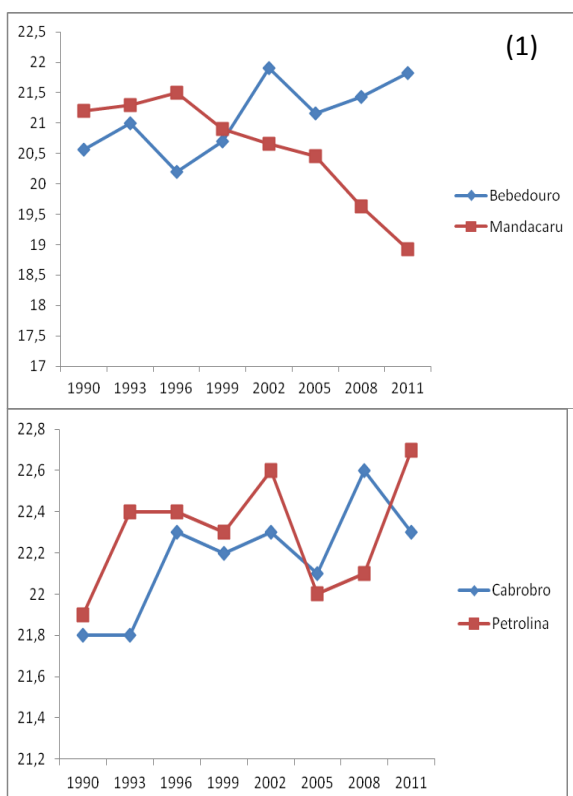
as estações localizadas no meio rural permaneceram com médias semelhantes ($P>0,05$) com valores de 21,09 e 20,57°C respectivamente.

Tabela 1. Temperatura mínima de estações meteorológicas automáticas durante o período de 24 anos.

Estações/Ano	90-92	93-95	96-98	99-01	02-04	05-07	08-10	11-13	Média
¹ Bebedouro	20,56	21	20,2	20,7	21,9	21,16	21,43	21,83	21,09
² Mandacaru	21,2	21,3	21,5	20,9	20,66	20,46	19,63	18,93	20,57
Cabrobro	21,8	21,8	22,3	22,2	22,3	22,1	22,6	22,3	22,17
Petrolina	21,9	22,4	22,4	22,3	22,6	22	22,1	22,7	22,30
Equações de regressão									R^2
¹ $y = 0,06x - 98,932$									$R^2 = 0,5322$
² $y = -0,23x + 21,723$									$R^2 = 0,5774$

De acordo com a tabela 1 e figura 2, não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os dados encontrados durante os 24 anos avaliados nas estações de Cabrobro e Petrolina. Não houve diferença ($P>0,05$) entre as estações consideradas urbanas com valores médios de 22,30 e 22,17 °C respectivamente

A diferença na temperatura mínima foi de 1,40°C, entre as estações de ambiente urbano e rural. Logo, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial - OMM o local para instalações de estações meteorológicas tem pré-requisitos, em que a distância entre áreas urbanizadas ou locais edificados é um deles.



Figuras 1 e 2. Temperatura mínima de estações meteorológicas automáticas das zonas rurais (fig.1) e zonas urbanas (fig.2) durante o período de 24 anos.

Deve-se levar em consideração que a sequencia de dados demonstrado nesse estudo entre os anos de 1990 a 2013 são relativamente curtos, porém, percebem-se

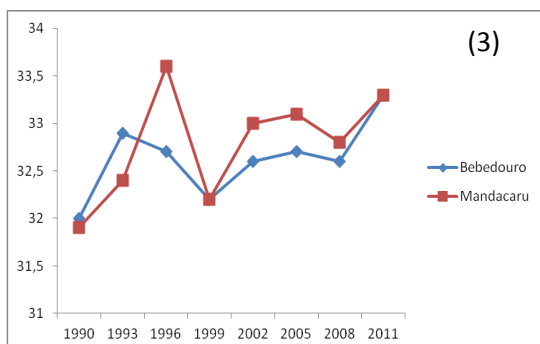
claros indícios que dados da temperatura mínima nos ambientes rurais sofreram alterações.

De acordo com a tabela 2, os resultados de temperatura máxima obtidos nesse estudo demonstram que não houve tendência significativa ($P>0,05$) durante o período estudado. Também não houve diferença ($P>0,05$) entre os valores médios observados nas estações urbanas e rurais. No entanto, houve um aumento da temperatura entre os anos de 1990-2013 de 1,3°C, 1,3°C, 1,0°C e 0,8°C de acordo com os dados das estações de Bebedouro, Mandacaru, Cabrobro e Petrolina respectivamente. De acordo com o IPCC (2007), os cenários de mudanças climáticas apontam para um aumento acima de 2 °C na temperatura média global.

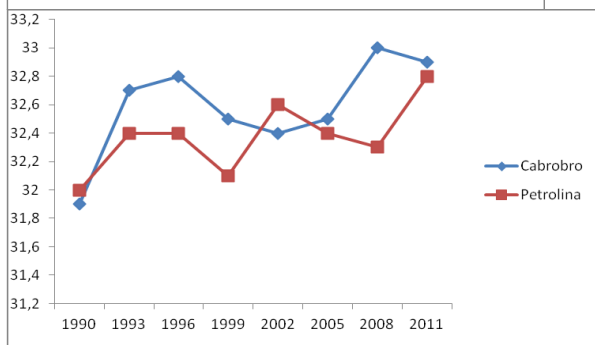
Tabela 2. Temperatura máxima de estações meteorológicas automáticas durante o período de 24 anos

Estações/Ano	90-92	93-95	96-98	99-01	02-04	05-07	08-10	11-13	Média
Bebedouro	32	32,9	32,7	32,2	32,6	32,7	32,6	33,3	32,62
Mandacaru	31,9	32,4	33,6	32,2	33	33,1	32,8	33,3	32,78
Cabrobro	31,9	32,7	32,8	32,5	32,4	32,5	33	32,9	32,58
Petrolina	32	32,4	32,4	32,1	32,6	32,4	32,3	32,8	32,375

Segundo Santos et al. (2010) e Salati et al. (2007), o Nordeste apresentou tendências positivas significativas na temperatura média somente na faixa litorânea, já na região semiárida não foi observada nenhuma tendência. Esse resultado corroboram os dados observados no presente trabalho que não foi observado ($P>0,05$) tendências nas mesmas condições de semiaridez.



(4)



Figuras 3 e 4. Temperatura máxima de estações meteorológicas automáticas das zonas rurais (fig.1) e zonas urbanas (fig.2) durante o período de 24 anos.

A análise espacial de tendências consente ressaltar as alterações no comportamento e determinar em quais regiões uma determinada característica vem sofrendo mudanças significativas ao passar do tempo. Essas modificações podem estar relacionadas a vários fatores, de origem antrópica como desmatamentos e a intensa

urbanização (Karl et al., 1988) ou não antrópica como a intensificação da atividade solar e fenômenos naturais como o El Niño e La Niña (Marengo, 2010).

CONCLUSÕES

Mesmo com uma série de dados relativamente curta (24 anos), observa-se uma tendência de aumento das temperaturas nas zonas rurais e urbanas.

REFERÊNCIAS

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. **Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. 2007.

KARL, T.R.; DIAZ, H.F.; KUKLA, G. Urbanization: its detection and effect in the United States climate record. **Journal of Climate**, v.1 n.11, p.1099-1123, 1988.

MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas, Condições Meteorológicas Extremas e Eventos Climáticos no Brasil. FBDS (org) **Mudanças Climáticas Eventos Extremos no Brasil**. p: 05-19. FDBS & LLOYD'S, 2010.

Silva F.A.S., Azevedo C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agricultural Research**. Vol. 11(39), pp. 3733-3740, 29 September, 2016.

SALATI, E; SALATI, E; CAMPANHOL, T.; VILLA NOVA, N. **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI**. Relatório 4. Tendências de Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI. 182p. 2007.

SANTOS, D. N.; SILVA V. P. R.; SOUSA, F. A. S.; SILVA, R. A. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.492-500, 2010.

MODELAGEM DO BALANÇO HÍDRICO EM CAATINGA EM DIFERENTES CLASSES TEXTURAIS DE SOLO

Rodolfo Marcondes Silva Souza¹, Wagner Martins dos Santos², José Raliuson Inácio Silva³, Eduardo Soares de Souza⁴, Antonio Celso Dantas Antonino⁵

¹Pós-doutorando do Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga, UFPE/DEN, Recife-PE. E-mail: rodolfo.marcondes@ufpe.br; ²Graduando em Agronomia na UFRPE/UAST, Serra Talhada-PE, E-mail: wagnermads@gmail.com; ³Mestrando em Produção Vegetal na UAST/UFRPE, Serra Talhada-PE, E-mail: raliuson.agro@gmail.com; ⁴Professor Associado da UFRPE/UAST, Serra Talhada-PE, E-mail: eduardo.souza.rd@gmail.com; ⁵Professor Titular da UFPE/DEN, Recife-PE, E-mail: acdantonino@gmail.com

RESUMO: A modelagem do balanço hídrico permite avaliar a dinâmica da água na em várias escalas e sob condições de mudanças climáticas. O objetivo deste trabalho foi modelar o balanço hídrico para uma área de caatinga em diferentes classes de textura do solo e cenários de chuva. Foi utilizado um modelo ecohidrológico dependente de parâmetros ligados às curvas de retenção de água no solo e de condutividade hidráulica, bem como informações da planta e da chuva diária. As simulações foram realizadas utilizando os parâmetros de três classes de textura de solo (Arenoso, Franco e Argiloso) e referente à planta foram utilizados os parâmetros referente à caatinga. A simulação do balanço hídrico foi realizada considerando três cenários de chuva (1,5, 1,0 e 0,5R), com base na chuva registrada em 2010 no município de Serra Talhada-PE. A evapotranspiração máxima ocorreu com maior frequência no solo de textura arenosa, ocorrendo em 17 dias do ano. Houve drenagem acima de 0,2 cm dia⁻¹, apenas em dois momentos, sendo os maiores valores no solo arenoso. Considerando os regimes de chuva, em todas as classes de solo a evapotranspiração é o principal responsável pelo consumo da água infiltrada no solo e não ocorre drenagem para o cenário com menos chuva.

PALAVRAS-CHAVE:Semiárido, ecohidrologia, evapotranspiração

MODELING OF THE WATER BALANCE IN CAATINGA IN DIFFERENT TEXTURAL CLASSES OF SOIL

ABSTRACT: The soil water modeling allow us to asses the water dynamics in several scales under climate change scenarios. The aim of this work was to modeling the soil water balance for a caatinga area and different textural soils classes and rainfall scenarios. We have used an ecohydrological model dependent of parameters from soil water retention and hydraulic curves, and information of the plant and daily rainfall. The simulation was performed using parameters from three soil texture classes (Sand, Loam and Clay) and the plants, were selected parameters of the caatinga. The soil water balance simulations were performed considering three rainfall scenarios(1.5, 1.0 and 0.5R), based on rainfall recorded in 2010 in Serra Talhada, municipality of Pernambuco. The maximum evapotranspiration occurred more frequently in the soil of sandy texture, occurring in 17 days a year. There was only drainage above 0.2 cm day⁻¹ in two moments, being the highest values in the sandy soil. Considering the rainfallscenarios, in all soil classes the evapotranspiration is the main component for the consumption of the water infiltrated in the soil and there is no drainage for the regime with less rainfall.

KEY-WORDS: Semi-arid, ecohydrology, evapotranspiration

INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas são potencialmente muito vulneráveis aos cenários de mudanças climáticas (FENG et al., 2013). Além disso, o risco de ocorrer redução nos recursos hídricos devido às mudanças climáticas nessas regiões é significativo, com potenciais impactos negativos em vários setores (agricultura, produção de energia, abastecimento de água e saúde), além de aumento das regiões áridas e semiáridas (HUANG et al., 2015). Diante disso, a modelagem do balanço hídrico pode ser utilizada para avaliar a dinâmica da água em diversas escalas, sob condições de mudanças climáticas. Assim, o objetivo deste trabalho foi modelar o balanço hídrico para uma área de caatinga e diferentes classes de textura do solo e diferentes cenários de chuva.

MATERIAL E MÉTODOS

A modelagem do balanço hídrico foi realizada considerando um perfil de solo homogêneo e o fluxo lateral de água desprezível, como:

$$nZ_r \frac{ds(t)}{dt} = R(t) - I(R(t)) - Q(R(t), s(t)) - ET(s(t)) - Lk(s(t)) \quad (1)$$

sendo n a porosidade do solo; Z_r é a profundidade do sistema radicular (cm); $s(t)$ é o grau de saturação do solo; $R(t)$ a chuva; $I(R(t))$ é a interceptação da água da chuva pelo dossel da vegetação; $Q(R(t);s(t))$ é o escoamento superficial. A quantidade de água infiltrada no solo é perdida pela evapotranspiração $ET(s(t))$ e pela drenagem $Lk(s(t))$.

A modelagem da interceptação do dossel foi realizada considerando uma lâmina de água potencialmente interceptável pelo dossel, de forma que se o evento de chuva é inferior à esse valor, toda a água da chuva fica retida no dossel. Neste estudo, a $I(R(t))$ potencial foi considerada igual a 0,3 cm. O escoamento superficial ($Q(R(t),s(t))$) foi modelado como o excedente da água da chuva após o solo atingir a saturação.

A saída de água na parte inferior da camada de solo foi modelada como drenagem gravitacional:

$$Lk(s) = K_S \cdot s^{2b+3} \quad (2)$$

sendo K_S a condutividade hidráulica saturada (cm dia^{-1}); b é o expoente da curva de retenção de água no solo proposta por Clapp e Hornberger (1978).

Os efeitos do estresse hídrico na ET são representados como uma função descontínua de $s(t)$ descrita na Equação 3 (LAIO et al., 2001):

$$ET(s) = \begin{cases} E_w \frac{s-s_h}{s_w-s_h}, & s_h < s \leq s_w \\ E_w + (E_{max} - E_w) \frac{s-s_w}{s^*-s_w}, & s_w < s \leq s^* \\ E_{max}, & s > s^* \end{cases} \quad (3)$$

sendo, s^* um valor limiar de s onde a ET reduz linearmente com a redução de s , s_w o grau de saturação no ponto de murcha, s_h o grau de saturação no ponto higroscópico, E_{max} a taxa máxima da ET sem os efeitos do estresse hídrico (cm dia^{-1}), E_w é a evaporação do solo em baixas taxas (cm dia^{-1}).

Para realização da modelagem, foram utilizados os parâmetros hidrodinâmicos de três classes texturais de solo (Tabela 1), obtidos por funções de pedotransferência

(CLAPP; HORNBERGER, 1978). A taxa de evapotranspiração máxima e de evaporação para a caatinga foram 0,5 e 0,05 cm dia⁻¹, conforme Souza et al. (2016). A simulação do balanço hídrico foi realizada considerando três cenários de chuva (1,5, 1,0 e 0,5R), com base na chuva registrada em 2010 no município de Serra Talhada-PE.

Tabela 1. Parâmetros do solo utilizados para simulação do balanço hídrico.

Classe textural	b	K _s (cm dia ⁻¹)	n	s _h	s _w	s*
Arenoso	4,05	200	0,35	0,08	0,11	0,33
Franco	5,39	20	0,45	0,19	0,24	0,57
Argiloso	11,40	10	0,50	0,47	0,52	0,78

Fonte: Clapp e Hornberger, (1978). Profundidade do solo (Z_r): 40 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento no grau de saturação, evapotranspiração e drenagem ocorrem após eventos de chuva maiores do que 2,0 cm, que ocorreram com maior frequência nos primeiros 100 dias do anos de 2010 (Figura 1). Neste ano, foram registrados apenas seis eventos de chuva maiores do que 2,0 cm. No entanto, quando a chuva foi maior do que 2,0 cm, a ET atingiu o máximo valor, 0,5 cm dia⁻¹ em todas as classes de textura do solo (Figura 2B). Embora a ET_{max} tenha ocorrido em todos os solos, a redução da ET no solo Arenoso ocorre de forma mais rápida do que nos solos Franco e Argiloso. Apenas houve drenagem acima de 0,2 cm dia⁻¹ em dois momentos, sendo os maiores valores no solo Arenoso (Figura 1C).

Simulando o balanço hídrico sob diferentes regimes de chuva, 1,5, 1,0 e 0,5R da chuva registrada em Serra Talhada em 2010, observa-se que a ET é o principal componente de saída de água do sistema solo-planta, variando entre 55 e 71% dependendo do solo e do regime de chuva. Em segundo lugar, a água interceptada pelo dossel da caatinga varia entre 21% e 45% respectivamente, em relação a 1,5 e 0,5R (Figura 2). Considerando que a maior parte da água interceptada pelo dossel da caatinga retorna à atmosfera na forma de vapor d'água, a evapotranspiração total passa ser entre 87 e 100% da água da chuva, o que está em concordância com os valores obtidos por Flerchinger; Hanson; Wight (1996) para regiões semiáridas.

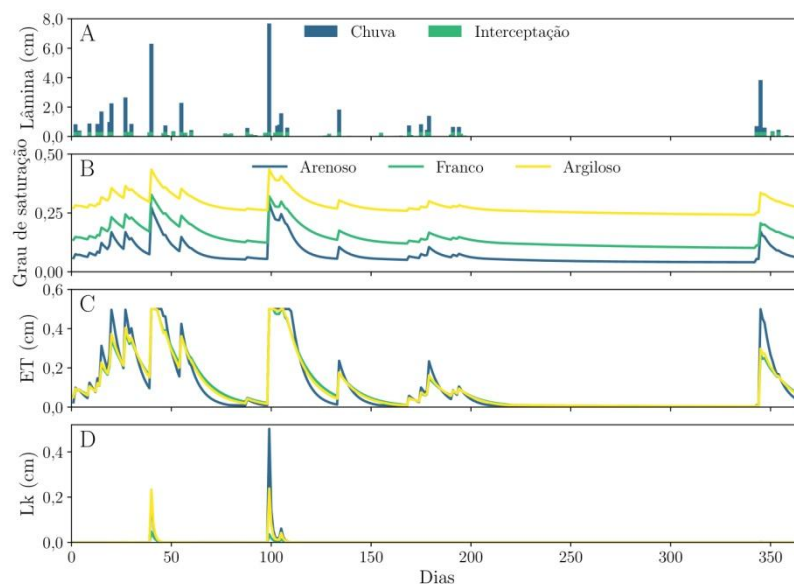


Figura 1. Variação temporal da chuva, grau de saturação, evapotranspiração (ET) e drenagem (Lk), em solos de textura arenosa, franca e argilosa.

A quantidade da água da chuva que é convertida em drenagem foi baixa, atingindo no máximo 13% do total de chuva sob o regime de 1,5R no solo arenoso. Quando regime de chuva foi baixo (0,5R), a drenagem tendeu a zero independentemente da classe textural do solo (Figura 2).

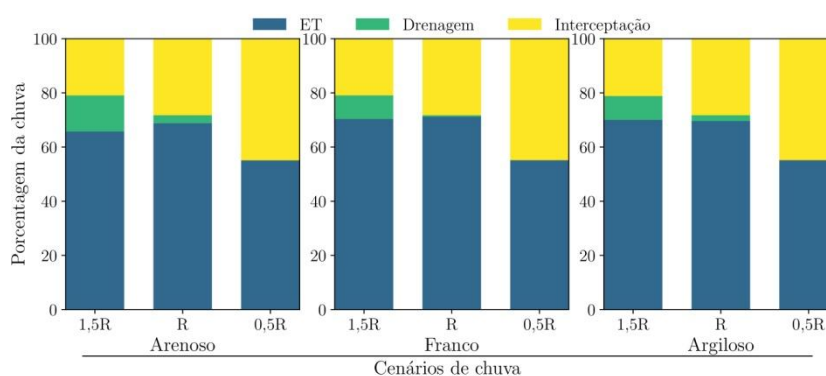


Figura 2. Conversão da água da chuva nos principais componentes do balanço hídrico para diferentes cenários de chuva (sendo R = 50,6 cm chuva registrada em 2010 em Serra Talhada-PE) e texturas do solo.

O modelo ecohidrológico utilizado foi sensível às variações no regime de chuva e capaz de particionar coerentemente os principais componentes do balanço para a caatinga. É importante notar que outras equações para modelar cada um dos componentes pode ser facilmente utilizada. Em outros trabalhos, tais como Laio et al. (2001), esse modelo foi utilizado para avaliar o papel dos processos hidráulicos e as respostas ao estresse hídrico. Souza et al. (2016) validaram esse modelo para um solo de textura arenoso com vegetação caatinga em Serra Talhada-PE e obtiveram alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,896$) ao comparar o grau de saturação observado e modelado.

CONCLUSÕES

A modelagem permitiu avaliar o particionamento da água da chuva nos principais componentes do balanço hídrico na escala diária. A evapotranspiração consome entre 55 e 71% da água da chuva dependendo da classe de textura do solo e do regime de chuva, seguida pela interceptação do dossel que representa entre 21 e 45% da chuva. Não há drenagem sob condições de baixo regime de chuva independentemente da classe de textura do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga (ONDACBC-INCT), aprovado na chamada pública MCTI/CNPq/CAPES/FAPS N° 16/2014 PROGRAMA INCT e financiado pela FACEPE, CAPES (processo N° 88887.136369/2017-00) e CNPq (processo N° 465764/2014- 2). Ao CNPq (processo N° 485086/2013-1).

REFERÊNCIAS

CLAPP, R. B.; HORNBERGER, G. M. Empirical equations for some soil hydraulic properties. **Water Resources Research**, v. 14, n. 4, p. 601–604, 1978.

FENG, X.; PORPORATO, A.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. Changes in rainfall seasonality in the tropics. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 9, p. 811–815, 2013.

FLERCHINGER G.; HANSON C.; WIGHT J. Modeling evapotranspiration and surface energy budgets across a watershed. **Water Resources Research**, V.32, p. 2539–2548, 1996.

HUANG, J. et al. Accelerated dryland expansion under climate change. **Nature Climate Change**, v. 6, p. 166–171, 2015.

LAIO, F. et al. Plants in water-controlled ecosystems: active role in hydrologic processes and response to water stress: II. Probabilistic soil moisture dynamics. **Advances in Water Resources**, v. 24, n. 7, p. 707 – 723, 2001.

SOUZA, R. et al. Vegetation response to rainfall seasonality and interannual variability in tropical dry forests. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 20, p. 3583-3595, 2016.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET_o) ESTIMADA POR MODELOS SIMPLIFICADOS PARA O ESTADO DO AMAPÁ

Flávio da Silva Costa¹

¹Docente do Curso de Educação do Campo: Agronomia e Biologia, UNIFAP - *Campus* Mazagão, Mazagão, Amapá, flaviocostapb@yahoo.com.br

RESUMO: Objetivou-se estimar por meio modelos matemáticos simplificados a evapotranspiração de referência (ET_o) para o Amapá a partir de dados climáticos obtidos de estações meteorológicas automáticas localizadas em quatro municípios do Estado. Os modelos para estimar a ET_o consideraram os valores diários de radiação solar global (R_g , MJ m⁻²), temperatura máxima do ar ($T_{máx}$, °C), umidade relativa média do ar (UR, %) e a velocidade média do vento (U_2 , m s⁻¹). O método de Penman-Monteith foi utilizado como referência para definir o desempenho dos modelos. Os modelos foram analisados por meio de indicadores estatísticos da raiz do quadrado médio do erro, índice de concordância de Willmott e índice de confiança. A evapotranspiração de referência diária para o estado do Amapá pode ser estimada por regressão não linear, utilizando-se a R_g com $T_{máx}$ ou UR ou U_2 .

PALAVRAS-CHAVE: Radiação solar, Temperatura do ar, Umidade relativa do ar, Velocidade do vento, Penman- Monteith.

EVAPOTRANSPIRATION OF REFERENCE (ET_o) ESTIMATED BY SIMPLIFIED MODELS FOR THE STATE OF AMAPÁ

ABSTRACT: The objective was to estimate the reference evapotranspiration (ET_o) for Amapá using simplified mathematical models based on climatic data obtained from automatic meteorological stations located in four municipalities of the State. The models for estimating ET_o considering the daily values of global solar radiation (R_g , MJ m⁻²), maximum air temperature (T_{max} , °C), mean relative air humidity (UR, %) and mean wind speed (U_2 , m s⁻¹). The Penman-Monteith method was used as a benchmark to define performance. The models were analyzed by means of square root mean square error, Willmott's concordance index and confidence or performance index. The daily reference evapotranspiration for the state of Amapá can be estimated by the nonlinear regression, using R_g with T_{max} or UR or U_2 .

KEY-WORDS: Global solar radiation, Air temperature, Relative humidity, Wind speed, Penman-Monteith.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_o) é um parâmetro climático que pode ser quantificado a partir de dados meteorológicos e que possui vários métodos de determinação, sendo o principal o método de Penman-Monteith (PM), parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 1998). No entanto, o método de PM tem a desvantagem de demandar grande número de parâmetros meteorológicos para quantificar a ET_o , exigindo a presença de uma estação meteorológica próxima ao local em que se pretende determinar a ET_o . Todavia, diversas metodologias simplificadas foram desenvolvidas

para determinação da ET_o , ou seja, modelos matemáticos que determinam a ET_o , mas com menor número de parâmetros meteorológicos (CARVALHO et al., 2015).

No Brasil, a maioria dos modelos simplificados que estimam a ET_o tende a ajustar-se bem a determinadas Regiões, mas a sub ou superestima para outras (TANAKA et al., 2016). Contudo, o uso desses modelos se faz necessário em alguns locais, já que no Brasil há estados, como o Amapá, por exemplo, em que o número de estações meteorológicas é reduzido e/ou não disponibiliza regularmente dados suficientes, por eventuais falhas mecânicas ou operacionais, impossibilitando a determinação da ET_o pelo método de PM.

Com base no exposto, objetivou-se estimar a evapotranspiração de referência diária para o estado do Amapá por meio de modelos matemáticos simplificados, utilizando como base a radiação solar global, a temperatura máxima e a umidade relativa do ar e a velocidade do vento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climáticos foram obtidos das estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas em quatro municípios do Estado do Amapá, com intervalos de coletas em função da época de funcionamento das estações (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização das estações meteorológicas automáticas do Estado do Amapá.

Estação Meteorológica	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)	Período (mês/ano)	Total de dados	Dados efetivos	Perdas (%)
Macapá–A249	0,0350°	-51,0888°	17	1/2014-12/2015	730	578	20,82
Oiapoque–A242	3,8136°	-51,8625°	15	1/2009-12/2015	2.556	2.226	12,91
Porto Grande–A244	0,7028°	-51,4278°	74	1/2009-12/2015	2.556	2.019	21,01
Tartarugalzinho–A243	1,4967°	-50,9167°	21	1/2009-12/2015	2.556	2.260	11,58

As regressões para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) foram definidas considerando os valores diários de radiação solar global ($MJ\ m^{-2}$), temperatura máxima do ar (C°), umidade relativa média do ar (%) e a velocidade média do vento ($m\ s^{-1}$), que estão apresentados na Tabela 2, na forma de valores médios, mínimos, máximos e o desvio padrão.

Tabela 2. Valores médios, mínimos, máximos e o desvio padrão dos parâmetros meteorológicos utilizados nos modelos matemáticos para estimativa da ET_o para o Estado do Amapá.

Parâmetro Meteorológico	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
Radiação Solar ($MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$)	16,52	1,47	27,43	4,83
Temperatura máxima ($^\circ C$)	31,80	23,80	37,00	2,22
Umidade relativa média (%)	78,52	58,00	97,00	7,26

Velocidade do vento (m s ⁻¹)	1,54	0,50	5,48	0,63
--	------	------	------	------

O método de determinação da ET_o utilizado como parâmetro de avaliação para os modelos matemáticos foi o de Penman- Monteith, parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 1998) (Eq. 1).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que: na qual: Δ é a declividade da curva de pressão (kPa °C⁻¹), R_n é a radiação líquida total diária (MJ m⁻² d⁻¹), G é a densidade de fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹), T_{med} é a temperatura média diária (°C), U_2 é a velocidade média do vento a 2 m de altura (m s⁻¹), e_s é a pressão de saturação de vapor média diária (kPa), e_a é a pressão parcial de vapor média diária (kPa), e γ é o coeficiente psicrométrico (0,063 kPa °C⁻¹).

Os modelos de estimativa da ET_o foram selecionados quanto ao seu coeficiente de determinação (R²), qualificando-se os que evidenciaram R² maior que 0,90. Para avaliação do desempenho dos modelos, considerou-se a raiz do quadrado médio do erro (RQME) (Eq. 2), conforme Janssen e Heuberger (1995), e o índice de confiança ou desempenho “c” (CAMARGO; SENTELHAS, 1997) (Tabela 3). O índice de confiança (c = r * d) foi obtido por multiplicação do valor de correlação (r) entre as ET_o observadas por PM e as estimadas pelos modelos simplificados, pelo índice de concordância de Willmott (d) (Eq. 3), cujos valores variam de 0 a 1, sendo 0 nenhuma concordância e 1 concordância perfeita (WILLMOTT et al., 1985).

$$RQME = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N} \right]^{0,5} \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que: P_i é o valor estimado pelo modelo (mm dia⁻¹), O_i é o valor observado pelo método de PM (mm dia⁻¹) e N é o número de valores observados.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que O é a média dos valores observados por PM (mm dia⁻¹).

Tabela 3. Critério de interpretação para desempenho do modelo pelo índice de confiança (c) proposto por Camargo e Sentelhas (1997).

Índice de confiança	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos matemáticos para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o), com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), raiz do quadrado médio do erro (RQME), índice de concordância de Willmott (d) e índice de desempenho (c), podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Modelos de regressão para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) e respectivos coeficiente de determinação (R^2), raiz do quadrado médio do erro (RQME), índice de concordância de Willmott (d) e índice de confiança (c) para o Estado do Amapá.

Nº	Modelo	R^2	RQME	d	c
1	$ET_o = 0,3508(R_g)^{0,8297}$	0,95**	16,78	0,86	0,83
2	$ET_o = 0,0012(R_g + T_{m\acute{a}x})^{2,0647}$	0,96**	15,83	0,88	0,86
3	$ET_o = 0,2593(R_g + U_2)^{0,9081}$	0,97**	11,87	0,90	0,88
4	$ET_o = 10,706(R_g/UR)^{0,7065}$	0,97**	13,42	0,89	0,87
5	$ET_o = 0,00103(R_g + T_{m\acute{a}x} + U_2)^{2,0806}$	0,98**	9,98	0,92	0,91
6	$ET_o = 6,5401((R_g + T_{m\acute{a}x})/UR)^{1,3126}$	0,91**	20,80	0,83	0,79
7	$ET_o = 10,765((R_g + U_2)/UR)^{0,7547}$	0,98**	10,14	0,91	0,90
8	$ET_o = 6,276((R_g + T_{m\acute{a}x} + U_2)/UR)^{1,3124}$	0,92**	19,45	0,84	0,80

** Significativo a 1%, pelo teste t. R_g = radiação solar global ($MJ\ m^{-2}$); $T_{m\acute{a}x}$ = temperatura máxima do ar ($^{\circ}C$); UR = umidade relativa média do ar (%); e U_2 = velocidade média do vento ($m\ s^{-1}$).

Os modelos evidenciaram maior R^2 quando ajustados a regressões não lineares do tipo potência (Tabela 4). O modelo 5, utilizando a soma da radiação solar (R_g), temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$) e velocidade do vento (U_2), evidenciou a menor RQME e obteve, dentre os modelos propostos, o melhor desempenho, de acordo com o índice de confiança (c) estabelecido por Camargo e Sentelhas (1997). No entanto, com exceção dos modelos 1, 6 e 8, classificados como “muito bom” ($c = 0,76$ a $0,85$), os modelos 2, 3, 4 e 7, além do 5, foram classificados como “ótimo” ($c > 0,85$).

Dentre os modelos definidos como “ótimos”, três deles utilizaram apenas dois parâmetros meteorológicos para estimar a ET_o (2, 3 e 4). Desse modo, a possível falha na quantificação ou registro climático de $T_{m\acute{a}x}$, U_2 ou umidade relativa do ar (UR), por parte de algum aparelho da estação automática, não impossibilitaria a estimativa da ET_o , já que os modelos independem do uso conjunto desses parâmetros (Tabela 4). Diferentemente, Tanaka et al. (2016) encontraram resultados satisfatórios para a estimativa da ET_o por modelos simplificados para o Estado do Mato Grosso, com o uso apenas de temperatura do ar. Carvalho et al. (2015) observaram que o método com uso

da radiação solar estimada pelo balanço entre ondas curtas e longas, adequou-se melhor aos Estados de São Paulo e Minas Gerais, enquanto o método padrão, com uso da velocidade de vento constante (2 m s^{-1}), estimou melhor a ET_o para o Espírito Santo e o Rio de Janeiro.

A R_g consta em todos os modelos de estimativa da ET_o (Tabela 4). O fato pode ser explicado devido a R_g ser o único parâmetro climático, dentre os analisados, que, individualmente, ajustou-se a uma regressão com R^2 maior que 0,9 ($R^2=0,95$), comprovando sua alta correlação com a evapotranspiração da água em uma superfície vegetada. Segundo Allen et al. (1998), a evaporação de um solo cultivado é determinado principalmente pela fração da radiação solar que o atinge, seguidos de temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento.

CONCLUSÃO

A evapotranspiração de referência diária para o estado do Amapá pode ser estimada por regressão não linear, utilizando-se a R_g com $T_{m\acute{a}x}$ ou UR ou U_2 .

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pela disponibilização dos dados climáticos utilizados para criação dos modelos matemáticos.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO irrigation and drainage paper, 56).
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5. n. 1, p. 89-97, 1997.
- CARVALHO, D. F. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir de dados meteorológicos limitados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 1, p. 1-11, 2015.
- JANSSEN, P. H. M.; HEUBERGER, P. S. C. Calibration of process-oriented models. **Ecological Modelling**, v. 83, n. 1-2, p. 55-66, 1995.
- TANAKA, A. A. et al. Evapotranspiração de referência estimada por modelos simplificados para o Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 2, p. 91-104, 2016.
- WILLMOTT, C. J. et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, p. 8995- 9005, 1985.

PRODUTIVIDADE SIMULADA DE SILAGEM DE MILHO DE SEQUEIRO EM SETE LAGOAS, MG

Marina Luciana Abreu de Melo¹, Tales Antônio Amaral², Christoph Hermann Passos Tigges¹, Camilo de Lelis Teixeira de Andrade³, Deivity do Carmo Santos⁴

¹Graduandos em Engenharia Agrônoma, UFSJ/Bolsista Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, marinaluciana94@gmail.com/chris.tigges@gmail.com; ²Biólogo, Dr. em Agronomia, Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial A do CNPq, tales_aamaral@yahoo.com.br; ³Pesquisador, PhD Eng. de Irrigação/Modelagem, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, Brasil - camilo.andrade@embrapa.br; ⁴Graduando em Engenharia Elétrica, UNIFEMM/Bolsista Embrapa Milho e Sorgo, dsantos1995@hotmail.com.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar, empregando modelagem, o efeito de diferentes datas de semeadura na produtividade e na qualidade da silagem de milho de sequeiro. O modelo CSM-CERES-Maize foi usado para simular a produtividade de silagem em diferentes datas de semeadura. Para a semeadura em 31/10, que proporcionou a maior produtividade média de silagem, e para as quatro datas subsequentes, avaliaram-se as precipitações ocorridas durante a colheita. Para as mesmas datas, os dados de produtividade da silagem, de energia por unidade de fitomassa (EPUWHB) e de energia por unidade de área (EPUA), foram submetidos à análise de variância. Verificou-se considerável variação, tanto na produtividade média, para as diferentes datas, quanto na produtividade interanual de silagem, em cada uma das datas de semeadura. Não se observou diferença estatística nas variáveis analisadas e os valores de EPUWHB foram superiores a 0,75 UFL kg⁻¹, indicando boa qualidade da silagem. A decisão sobre a melhor data de semeadura deve ser, então, tomada com base no regime de chuvas na colheita, o que indica que a data de semeadura mais apropriada na região é 28/11.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem, forragem, *Zea mays* L.

SIMULATED PRODUCTIVITY OF RAINFED MAIZE SILAGE IN SETE LAGOAS, MG

ABSTRACT: The aim of the study was to evaluate the effect of different sowing dates on the productivity and on the quality of rainfed maize silage. The CSM-CERES-Maize model was used to simulate silage productivity at different sowing dates. For the sowing in October 31, which provided the highest average silage productivity, and for the four subsequent dates, rainfall during harvesting was evaluated. For the same dates, data on silage productivity, energy per unit of biomass (EPUA) and energy per unit of area (EPUWHB) were submitted to analysis of variance. There was considerable variation, both in average productivity, for the different dates, and in the interannual productivity of silage, at each sowing date. No statistical difference was observed in the analyzed variables and the EPUWHB values were higher than 0.75 UFL kg⁻¹, indicating good silage quality. The decision about the best sowing date should then be based on the rainfall regime at harvest, which indicates that the most suitable sowing date in the region is November 28.

KEYWORDS: modeling, hay, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

Minas Gerais se destaca no cenário nacional como o estado com a maior produção de leite bovino, representando 76,8% de todo o volume registrado na região Sudeste e 26,1% de toda a produção brasileira (IBGE, 2016). Para o sustento dessa atividade, são empregadas diferentes estratégias de manejo nutricional, entre as quais a

utilização de silagem de milho, que se presta para mitigar o efeito da estacionalidade na produção de pastagem. Dessa forma, a cultura de milho para silagem está normalmente associada a bacias leiteiras, além de regiões de confinamento de gado de corte.

A resposta do milho na produção de fitomassa é dependente de uma série de fatores dinâmicos que estão inter-relacionados, com destaque para as condições meteorológicas do local. Nesse sentido, a modelagem pode ser considerada uma ferramenta útil, na medida em que permite simular diferentes cenários de manejo, além de possibilitar a melhor compreensão dos efeitos do clima, por meio da simulação de muitos anos de cultivo. Entre os modelos de crescimento de culturas, ressalta-se o CSM-CERES-Maize, do pacote DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*), o qual vem sendo empregado na tomada de decisões (AMARAL, 2015).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes datas de semeadura na produtividade e na qualidade da silagem de milho, sob regime de sequeiro, em Sete Lagoas (MG).

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizando-se o modelo CSM-CERES-Maize, versão 4.6.1 (HOOGENBOOM et al., 2014), simulações foram conduzidas para condições de sequeiro, em Sete Lagoas - MG, (19° 30' 0" S, 44° 12' 0" W e altitude 739 m). Segundo Köppen, o clima do local é classificado como Cwa, com inverno seco e temperatura do mês mais frio inferior a 18°C. A temperatura média anual nos últimos 60 anos é de 22,1°C e a amplitude térmica de 5°C. A precipitação pluvial média anual é de 1.300 mm, com estação chuvosa bem definida, ocorrendo um valor médio máximo de 290 mm em dezembro e um mínimo de 11 mm em agosto. Dados diários de precipitação, temperaturas mínima e máxima do ar e horas de brilho solar, de um período de 33 anos (1980-2012), foram obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. O solo considerado no estudo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura muito argilosa (PANOSO et al., 2002).

Considerou-se também, nas simulações, a utilização do híbrido simples transgênico DKB 390 PRO, cujos coeficientes genéticos foram previamente determinados (ANDRADE et al., 2016). As semeaduras foram programadas para serem semanais, iniciando-se em 01 de agosto e estendendo-se por 52 semanas até 24 de julho. Assumiu-se um espaçamento entre fileiras de 0,7 m e uma população de 6,8 plantas m⁻². As adubações foram feitas de acordo com recomendações do sistema de produção de milho da Embrapa.

O modelo CSM-CERES-Maize simula sete estádios fenológicos da cultura do milho; entretanto, não simula a data de colheita da silagem (BRAGA et al., 2008). Considerou-se como ponto de colheita a data em que a linha de leite se encontra a meia distância entre a coroa e o ponto de inserção do grão no sabugo, o que corresponde a aproximadamente 13 dias antes da maturidade fisiológica (WIERSMA et al., 1993).

A produtividade de fitomassa seca da parte aérea e a qualidade da silagem, considerando 33 anos, foram analisadas para as diferentes datas de semeadura. A produtividade de fitomassa seca foi convertida em unidade forrageiras de leite (UFL) e foram calculados os valores de energia por unidade de peso de fitomassa (EPUWHB) e energia por unidade de área (EPUA) (COX et al., 1994; VERMOREL, 1998).

A data de semeadura do milho mais apropriada para a produção de silagem deve levar em consideração não só a produtividade de fitomassa seca, mas também a ocorrência de chuvas na época da colheita. Excesso de chuvas na colheita prejudicam a qualidade da silagem e podem favorecer a compactação do solo pelas máquinas. Diante do exposto, para a data de semeadura que proporcionou a maior produtividade média de

fitomassa seca e para as quatro semanas subsequentes, analisam-se as precipitações ocorridas durante um período de sete dias, iniciando-se três dias antes da colheita.

Os dados de produtividade da silagem (kg ha^{-1}), de energia por unidade de fitomassa (UFL kg^{-1}) e de energia por unidade de área (UFL kg^{-1}), simulados para a melhor data de semeadura e para as quatro semanas subsequentes, foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) com o auxílio do programa estatístico Sisvar v. 5.3 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se uma grande variação sazonal da produtividade média de silagem em função da data de semeadura, com valores entre 1.826 a $18.326 \text{ kg ha}^{-1}$, para as semeaduras realizadas no dia 26 de junho e 31 de outubro, respectivamente (Figura 1A).

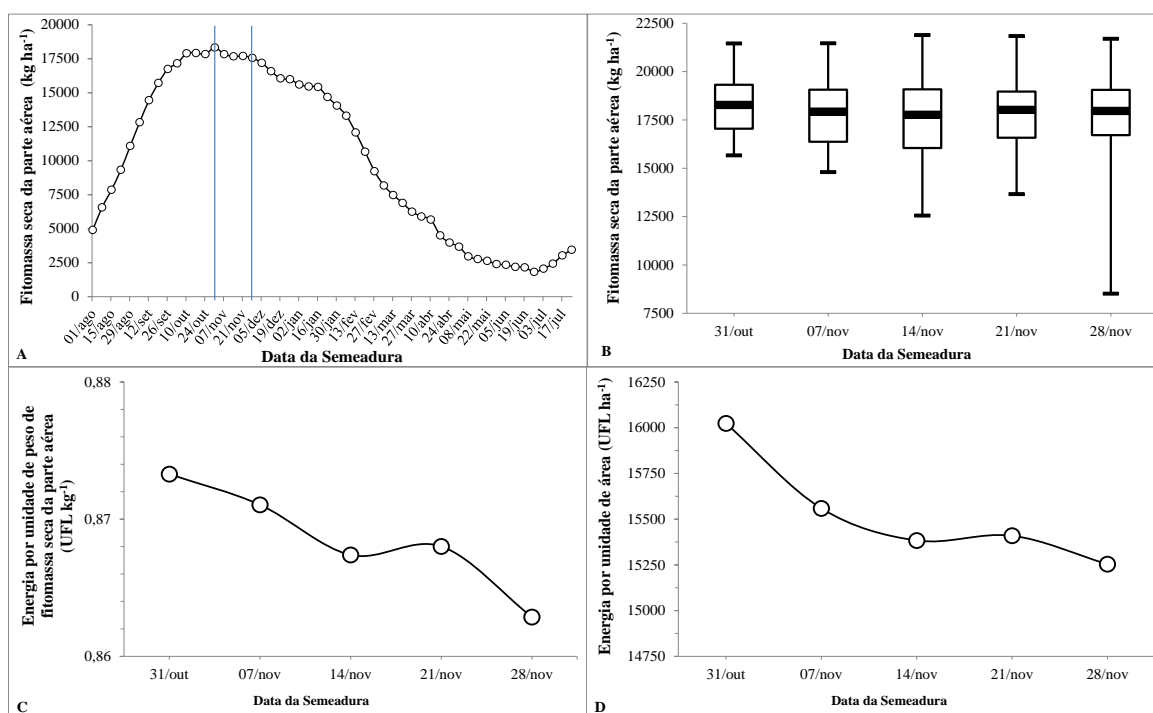


Figura 1. Média da fitomassa seca da parte aérea (A), percentis da fitomassa seca da parte aérea (B), energia por unidade de fitomassa da parte aérea (C) e energia por unidade de área (D), simuladas para o município de Sete Lagoas, MG.

Comparando-se estatisticamente a produtividade de silagem simulada na melhor data (31 de outubro), com as obtidas nas quatro datas subsequentes (07, 14, 21 e 28 de novembro), verificou-se que não houve diferença significativa entre as médias, que foram, nessa ordem, 17.833 , 17.678 , 17.703 e $17.567 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 1A).

Quando se avaliou a produtividade anual de silagem, para as datas de semeadura de 31 de outubro, 07, 14, 21 e 28 de novembro, constatou-se uma grande variação interanual dos valores simulados, para todas as datas (Figura 1B), sendo a menor amplitude determinada em 31 de outubro. Quando se tem condições meteorológicas favoráveis, em 25% dos anos, a produtividade pode variar de 19.318 a $21.451 \text{ kg ha}^{-1}$. Em 50% dos anos, a produtividade pode oscilar de 17.049 a $19.318 \text{ kg ha}^{-1}$. Em condições meteorológicas desfavoráveis, as produtividades variam de 15.663 a $17.049 \text{ kg ha}^{-1}$. As outras quatro datas de semeaduras avaliadas apresentaram maior variabilidade interanual, quando comparadas a 31 de outubro, sendo que, quanto mais distante dessa data, maior a variabilidade (Figura 1B).

Não houve diferença significativa nos indicadores da qualidade de silagem determinados para as diferentes datas. Os valores encontrados de energia por unidade de fitomassa da parte aérea (EPUWHB), para as diferentes datas de semeadura (31 de outubro, 07, 14, 21 e 28 de novembro), foram 0,874; 0,871; 0,867; 0,867 e 0,863 UFL kg⁻¹, respectivamente; para energia por unidade de área (EPUA), foram 16.023, 15.559, 15383, 15.410 e 15.254 UFL ha⁻¹, nessa ordem (Figuras 1C e D). Assim, independentemente da data de semeadura escolhida pelo tomador de decisão, a qualidade média da silagem produzida será mantida, sendo que qualquer valor de EPUWHB inferior a 0,75 UFL kg⁻¹ é associado à baixa qualidade na silagem produzida (BRAGA et al., 2008).

Semeaduras realizadas nas datas 31 de outubro, 07 e 14 de novembro apresentaram, no período de colheita, precipitações médias diárias entre 4 a 12 mm, com valores acumulados, na semana que engloba a colheita, de 45,5 a 57,8 mm (Figuras 2 A, B, C e F). As precipitações médias diárias para semeaduras que englobam as datas 21 e 28 de novembro ficaram entre 01 a 09 mm, com valores acumulados na semana de 20,7 a 28,6 mm, respectivamente (Figuras 2 D, E e F).

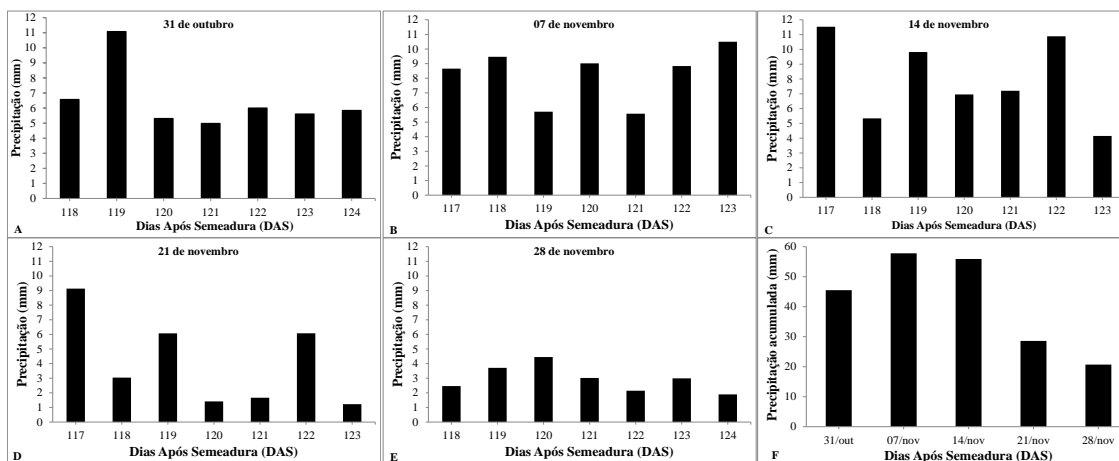


Figura 2. Precipitações médias diárias e acumuladas no período de colheita para diferentes datas de semeadura, Sete Lagoas, MG.

Considerando a relação direta entre umidade do solo e suscetibilidade à compactação (LIMA et al., 2012), pode-se inferir que a entrada de maquinário para a colheita da silagem, em condições de precipitações sucessivas, pode levar à compactação do solo, o que reduz a sua qualidade física, podendo comprometer a própria produtividade da silagem. Portanto, a melhor data de semeadura é 28 de novembro, em que ocorrem os menores valores médios de precipitação na colheita.

CONCLUSÕES

O adiamento da semeadura de milho para a produção de silagem em Sete Lagoas, MG, de 31 de outubro para 28 de novembro não afeta a produtividade e a qualidade da silagem. Assim, a decisão da época de semeadura deve se basear na análise do regime de chuvas na época da colheita, o que indica que a data de semeadura mais apropriada na região é 28 de novembro.

REFERÊNCIAS

AMARAL, T. A. **Desempenho de genótipos de milho utilizados pela agricultura familiar no Território Zona Sul do RS: o modelo CERES-Maize no auxílio à tomada de decisões.** 2015. 112 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

- ANDRADE, C. D. L. T.; SILVA, P. P. G.; MAGALHÃES, B. G.; PAIXÃO, J. S.; MELO, B. F.; TIGGES, C. H. P. In: **XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2016**, Bento Gonçalves, RS. Milho e Sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar, 2016.
- BRAGA, R. P.; CARDOSO, M. J.; COELHO, J. P. Crop model based decision support for maize (*Zea mays* L.) silage production in Portugal. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 224-233, 2008.
- COX, W.J., Cherney, J.H., Cherney, D.J.R., Pardee, W.D. Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. **Agronomy Journal**, v. 86 (2), p. 277-282, 1994.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.
- HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTE, C. H.; BOOTE, K. J.; HUNT, L. A.; SINGH, U.; LIZASO, J. L.; WHITE, J. W.; URYASEV, O.; ROYCE, F. S.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A. J.; TSUJI, G. Y. **Decision support system for agrotechnology transfer: version 4.6**. Washington: DSSAT Foundation, 2014.
- IBGE. Pesquisa Pecuária Municipal, v. 43, 2015. **IBGE, Diretoria de Agropecuária, Recursos Naturais e Geografia**, 2016.
- LIMA, V. M. P.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; CURI, N.; EVANGELISTA, A. R. Intervalo hídrico ótimo como indicador de melhoria da qualidade estrutural de Latossolo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p.71-78, 2012.
- PANOSO, L.A.A.; RAMOS, D.P.; BRANDÃO, M. **Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo: suas características e classificação no novo sistema brasileiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).
- VERMOREL, M. Nutrition energetique (energetic nutrition). In: **Jarrige, R.** (Ed.), Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. INRA, Paris, 1988. pp. 57-71.
- WIERSMA, D.W., CARTER, P., ALBRECHT, K.A., COORS, J.G. 1993. Kernel milkliness stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. **Journal of Production Agriculture**, v. 6, p. 94-99, 1993.

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO IRRIGADO EM SETE LAGOAS, MG

Marina Luciana Abreu de Melo¹, Tales Antônio Amaral², Christoph Hermann Passos Tigges¹, Camilo de Lelis Teixeira de Andrade³, Deivity do Carmo Santos⁴

¹Graduandos em Engenharia Agrônômica, UFSJ/Bolsista Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, marinaluciana94@gmail.com/chris.tigges@gmail.com; ²Biólogo, Dr. em Agronomia, Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial A do CNPq, tales_aamaral@yahoo.com.br; ³Pesquisador, PhD Eng. de Irrigação/Modelagem, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, Brasil - camilo.andrade@embrapa.br; ⁴Graduando em Engenharia Elétrica, UNIFEMM/Bolsista Embrapa Milho e Sorgo, dsantos1995@hotmail.com.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes datas de semeadura na produtividade e na qualidade da silagem de milho, sob condições irrigadas, em Sete Lagoas (MG). Empregou-se o modelo CSM-CERES-Maize para simular a produção de matéria seca de silagem para diferentes datas de semeadura. Dados de produtividade e de indicadores de qualidade da silagem, para cinco datas de semeadura, incluindo aquela que proporcionou a maior produtividade média de fitomassa seca, foram submetidos à análise de variância. Mesmo com o uso da irrigação, observou-se que a produtividade média de silagem, em diferentes datas de semeadura, variou de 18.133 a 21.369 kg ha⁻¹, indicando considerável variação sazonal. A silagem produzida nas semeaduras realizadas em 13/02 e 20/02 apresentaram os maiores valores de energia por unidade de peso de fitomassa e de energia por unidade de área.

PALAVRAS-CHAVE: DSSAT, modelagem, *Zea Mays* L.

PRODUCTION POTENTIAL OF IRRIGATED MAIZE SILAGE IN SETE LAGOAS, MG

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate the effect of different sowing dates on the productivity and quality of maize silage, under irrigated conditions, in Sete Lagoas (MG). The CSM-CERES-Maize model was used to simulate the production of dry matter of silage for different sowing dates. Data on silage productivity and on silage quality indicators, for five sowing dates including the date that provided the highest average productivity of dry matter, were submitted to analysis of variance. Even with the use of irrigation, it was observed that the average silage productivity, for different sowing dates, ranged from 18,133 to 21,369 kg ha⁻¹, indicating a considerable seasonal variation. The silage produced in the sowings performed on February 13 and 20 presented the highest energy values per unit weight of dry matter and of energy per unit area.

KEYWORDS: DSSAT, modeling, *Zea Mays* L.

INTRODUÇÃO

O milho é considerado uma cultura padrão para produção de silagem, em razão de sua tradição de cultivo, alto rendimento de massa verde, boa qualidade, facilidade de fermentação e boa aceitação pelos animais (DEMINICIS et al., 2009; SANTOS et al., 2010). Em Minas Gerais, o cultivo de milho para silagem está frequentemente associado às atividades pecuaristas de sistema intensivo, com destaque para a bovinocultura de leite e de corte.

Sabe-se que a eficácia do uso da silagem de milho na nutrição de ruminantes é diretamente dependente de sua qualidade (DEMINICIS et al., 2009). Portanto, ressalta-se a importância da análise energética da fitomassa produzida, o que possibilita a estimativa de seu retorno produtivo (ZANINI et al., 2003). A produção de fitomassa, por sua vez, é afetada por diversas variáveis dinâmicas e interdependentes, como as condições meteorológicas locais e o uso da irrigação.

Para a análise refinada do efeito dessas variáveis na produtividade, podem ser empregados modelos de crescimento de cultura, os quais possibilitam a simulação de diversos cenários de manejo ao longo de muitos anos de cultivo. Por apresentar comprovada eficiência em simulações, o modelo CSM-CERES-Maize do pacote DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) vêm se destacando como uma ferramenta útil para o desenvolvimento de estratégias de manejo da cultura do milho no Brasil e no exterior (ANOTHAI et al., 2013; AMARAL, 2015). O trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes datas de semeadura na produtividade e na qualidade da silagem de milho sob irrigação em Sete Lagoas (MG).

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo CSM-CERES-Maize, presente no pacote DSSAT, versão 4.6.1 (HOOGENBOOM et al., 2014) foi utilizado para simular o crescimento da cultura do milho, sob irrigação, na região de Sete Lagoas – MG. O clima local, segundo Köppen, é classificado como Cwa, com estação chuvosa bem definida entre os meses de outubro e março, tendo precipitação anual média de 1.300 mm. O solo utilizado nas simulações é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura muito argilosa (PANOSO et al., 2002). Utilizou-se nas simulações uma série com 33 anos (1980-2012) de dados diários de temperatura máxima e mínima do ar, precipitação e horas de brilho solar, obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Considerou-se o cultivo do híbrido simples transgênico de milho, DKB390PRO, cujos coeficientes genéticos foram previamente determinados (ANDRADE et al., 2016). Através da ferramenta sazonal do DSSAT, programaram-se semeaduras semanais, com início em 1º de agosto, estendendo-se por 52 semanas, até 24 de julho. Assumiu-se um espaçamento de 0,7 m entre linhas, com uma população final de 6,8 plantas m⁻²; a semeadura foi realizada após o cultivo de braquiária que deixou no solo 2.000 kg ha⁻¹ de matéria seca. As adubações foram realizadas de acordo com recomendações do sistema de produção de milho da Embrapa. O modelo foi programado para repor a umidade do solo até a capacidade de campo, quando a água disponível no solo fosse reduzida em 50%, na camada de 0,0 a 0,3 m.

O modelo CSM-CERES-Maize simula sete estádios fenológicos para a cultura do milho, porém não simula a data para colheita da silagem (BRAGA et al., 2008). Portanto, considerou-se como ponto de colheita a data em que a linha de leite está a meia distância entre a coroa e o ponto de inserção do grão no sabugo, que corresponde a aproximadamente 13 dias antes da maturidade fisiológica (WIERSMA et al., 1993).

Avaliou-se qualidade da silagem, convertendo a produtividade de fitomassa seca da parte aérea em unidade forrageiras de leite (UFL) e calculando os valores de energia por unidade de peso de fitomassa (EPUWHB) e energia por unidade de área (EPUA)

(COX et al., 1994; VERMOREL, 1998; BRAGA et al., 2008). Os dados de produtividade de silagem (kg ha^{-1}), de energia por unidade de fitomassa (UFL kg^{-1}) e de energia por unidade de área (UFL ha^{-1}), simulados para a melhor data de semeadura e para as duas semanas antecedentes e subsequentes, foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) utilizando-se o programa Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mesmo com o uso da irrigação, verificou-se que a produtividade média de fitomassa seca de silagem, para as diferentes datas de semeadura, variou de 18.133 a $21.369 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 1A).

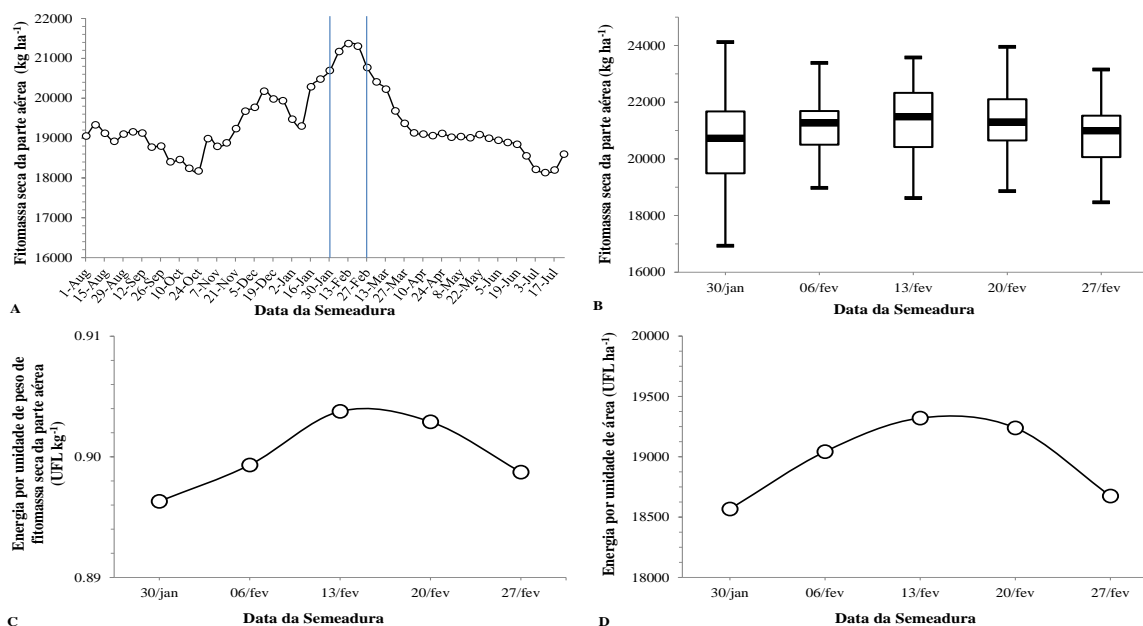


Figura 1. Valores médios de fitomassa seca da parte aérea (A), percentis da fitomassa seca da parte aérea (B), energia por unidade de fitomassa da parte aérea (C) e energia por unidade de área (D), para a cultura do milho, sob irrigação, em Sete Lagoas, MG.

Observou-se, ainda, que a produtividade de silagem para semeaduras em 30 de janeiro, 06, 13, 20 e 27 de fevereiro, sofreu grande variabilidade interanual, sendo que o dia 06 de fevereiro apresentou a menor amplitude. Para essa data, em condições meteorológicas favoráveis, em 25% dos anos, o rendimento variou de 22.330 a $23.579 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto em 50% dos anos, a produtividade oscilou entre 20.416 e $22.330 \text{ kg ha}^{-1}$. Quando as condições meteorológicas são desfavoráveis, as produtividades variaram de 18.618 a $20.416 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 1B).

As semeaduras realizadas em 30 de janeiro e 20 de fevereiro expressaram uma maior variabilidade, quando comparadas à de 13 de fevereiro. Não houve diferença estatística entre os valores de produtividade de silagem nas diferentes datas de semeadura. Entretanto, quando se avaliou a qualidade da silagem, observou-se que os maiores valores de energia por unidade de fitomassa da parte aérea (EPUWHB) de $0,9027$ e $0,9039 \text{ UFL kg}^{-1}$ foram obtidos nas semeaduras realizadas em 13 e 20 de fevereiro, respectivamente (Tabela 1, Figura 1C). Já para a variável energia por unidade de área (EPUA), as datas de semeadura de 06, 13 e 20 de fevereiro foram as que apresentaram os maiores valores, 19.043 , 19.321 e $19.240 \text{ UFL ha}^{-1}$, respectivamente (Tabela 1, Figura 1D). Entretanto, segundo Braga et al. (2008), em todas as datas de semeadura avaliadas, a silagem produzida pode ser considerada de boa qualidade.

Tabela 1. Produtividade de silagem, energia por unidade de peso de fitomassa, energia por unidade de área, para diferentes datas de semeadura, Sete Lagoas, MG.

Data	Produtividade de Silagem		Energia por unidade de peso de fitomassa		Energia por unidade de área	
	kg ha ⁻¹		UFL kg ⁻¹		UFL ha ⁻¹	
30-Jan	20,695 ⁽¹⁾	a	0,8957	B	18,567	b
06-Feb	21,170	a	0,8990	b	19,043	a
13-Feb	21,369	a	0,9027	a	19,321	a
20-Feb	21,303	a	0,9039	a	19,240	a
27-Feb	20,770	a	0,8978	b	18,675	b
CV%	6,01		1,19		6,80	

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de p < 0,05.

As semeaduras em 30 de janeiro, 06, 13, 20 e 27 de fevereiro apresentaram, na época da colheita, precipitações médias diárias inferiores a 1 mm dia⁻¹, com valores acumulados de, respectivamente, 1,19; 2,88; 1,59; 1,91 e 3,81 mm. Levando em consideração a relação direta entre umidade do solo e suscetibilidade à compactação (LIMA et al., 2012), pode-se deduzir que, nas condições simuladas, a entrada de maquinário para a colheita do milho apresenta implicações mínimas na compactação do solo, devido às baixas precipitações. Subentende-se, logicamente, que a irrigação da lavoura será suspensa em pelo menos dez dias antes da data prevista para a colheita.

CONCLUSÕES

As semeaduras realizadas em 13 e 20 de fevereiro apresentaram uma melhor qualidade da silagem, em relação às outras datas. Por se tratar de uma semeadura realizada no final da estação de chuvas, os níveis de precipitação no período de colheita não exercem influência na escolha da data de semeadura.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, T. A. **Desempenho de genótipos de milho utilizados pela agricultura familiar no Território Zona Sul do RS: o modelo CERES-Maize no auxílio à tomada de decisões.** 2015. 112 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.
- ANDRADE, C. D. L. T.; SILVA, P. P. G.; MAGALHÃES, B. G.; PAIXÃO, J. S.; MELO, B. F.; TIGGES, C. H. P. In: **XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2016**, Bento Gonçalves, RS. Milho e Sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar, 2016.
- ANOTHAI, J.; SOLER, C.M.T.; GREEN, A.; TROUT, T.J.; HOOGENBOOM, G. Evaluation of two evapotranspiration approaches simulated with the CSM–CERES–Maize model under different irrigation strategies and the impact on maize growth, development and soil moisture content for semi-arid conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 176, p. 64-76, 2013.
- BRAGA, R. P.; CARDOSO, M. J.; COELHO, J. P. Crop model based decision support for maize (*Zea mays* L.) silage production in Portugal. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 224-233, 2008.
- COX, W.J., Cherney, J.H., Cherney, D.J.R., Pardee, W.D. Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. **Agronomy Journal**, v. 86, n. 2, p. 277–282, 1994.
- DEMNICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; JARDIM, J. G.; CARMO, S. A.; NETO, A. C.; OLIVEIRA, V. C.; LIMA, E. C. Silagem de milho - Características agrônômicas e considerações. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 10, n. 2, p. 1-6, 2009.

- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.
- HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTE, C. H.; BOOTE, K. J.; HUNT, L. A.; SINGH, U.; LIZASO, J. L.; WHITE, J. W.; URYASEV, O.; ROYCE, F. S.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A. J.; TSUJI, G. Y. **Decision support system for agrotechnology transfer: version 4.6**. Washington: DSSAT Foundation, 2014.
- LIMA, V. M. P.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; CURI, N.; EVANGELISTA, A. R. Intervalo hídrico ótimo como indicador de melhoria da qualidade estrutural de Latossolo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p.71-78, 2012.
- PANOSO, L.A.A.; RAMOS, D.P.; BRANDÃO, M. **Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo: suas características e classificação no novo sistema brasileiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).
- SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; AZEVÊDO, J. A. G.; MORAES, S. A.; COSTA, C. T. Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem-doi: 10.4025/actascianimsci. v32i4. 9299. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010.
- VERMOREL, M. Nutrition energetique (energetic nutrition). In: **Jarrige, R.** (Ed.), *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins*. INRA, Paris, 1988. pp. 57–71.
- WIERSMA, D.W., CARTER, P., ALBRECHT, K.A., COORS, J.G. 1993. Kernel milcline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. **Journal of Production Agriculture**, v. 6, p. 94–99, 1993.
- ZANINI, A.; CAMPOS, A. T.; PRESTES, T. M. V., DALMOLIN, M. F. S.; CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S. Análise do consumo de energia na produção de silagem de milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 25, n. 2, p. 249-253, 2003.

LEVANTAMENTO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AOS PRODUTORES ORGÂNICOS EM SERGIPE, BRASIL

Jacilene Francisca Souza Santos¹, Jessica Silva Santos², Tamiris Aparecida de Carvalho³, Juan Lopes Teixeira⁴, Regina Helena Marino⁵

¹Graduanda de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, jacilenesantos_14@hotmail.com; ²Graduanda de Engenharia Agrônômica, UFS, São Cristóvão, Sergipe, jsksantos1991@gmail.com; ³Graduanda de Engenharia Agrônômica, UFS, São Cristóvão, Sergipe, tamiriscarvalho12@gmail.com; ⁴Graduando de Engenharia Agrônômica, UFS, São Cristóvão, Sergipe, juan_lt_1@hotmail.com; ⁵Professora Associada I, UFS, São Cristóvão, Sergipe, rehmarino@hotmail.com

RESUMO: A produção orgânica vem crescendo no país, com o intuito de atender a demanda por alimentos produzidos sem o emprego de agrotóxicos. O objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento das necessidades de assistência técnica junto aos produtores orgânicos, em Areia Branca e Itabaiana, Sergipe, Brasil. O levantamento foi realizado por meio de entrevistas utilizando um questionário estruturado. Na região, os agricultores orgânicos são divididos em: a) certificados e associados à Associação de Produtores Orgânicos do Agreste de Sergipe (ASPOAGRE) e b) vinculados à Organização de Controle Social (OCS). Os produtores orgânicos da ASPOAGRE recebem assistência técnica pelo Instituto Biodinâmico e esporadicamente pela Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe, enquanto que os produtores orgânicos da OCS são atendidos apenas com assistência técnica estadual. Na região, a carência de assistência foi no uso da água, no manejo e na fertilidade do solo, no controle de pragas e doenças e na elaboração dos custos de produção. As instituições de ensino e pesquisa devem intensificar suas ações junto aos produtores orgânicos, visando suprir a carência de assistência técnica estadual, decorrente da falta de recursos.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura familiar, extensão rural, agroecologia

LIFTING OF TECHNICAL ASSISTANCE TO ORGANIC PRODUCERS, SERGIPE, BRAZIL

ABSTRACT: Organic production has been growing in the country, in order to meet the demand for food produced without the use of agrochemicals. The objective of this work was to survey the technical assistance needs of organic producers in Areia Branca and Itabaiana, Sergipe, Brazil. The survey was conducted through interviews using a structured questionnaire. In the region, organic farmers are divided into: a) certified and associated with the Association of Organic Producers of Agreste of Sergipe (ASPOAGRE) and b) linked to the Organization of Social Control (OCS). The organic producers of ASPOAGRE receive technical assistance from the Biodynamic Institute and sporadically from the Agricultural Development Company of Sergipe, while organic producers of the OCS are attended only with state technical assistance. In the region, the lack of assistance was in water use, soil management and fertility, pest and disease control, and production costing. The teaching and research institutions should intensify their actions with organic producers, aiming to supply the lack of state technical assistance, due to lack of resources.

KEY-WORDS: Family agriculture, rural extension, agroecology

INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica é um sistema alternativo de produção agrícola, fundamentada na conservação da biodiversidade, dos ciclos biológicos, sem o emprego de insumos químicos, visando a sustentabilidade social, ambiental e econômica da unidade de produção no tempo e no espaço (SANTOS; MONTEIRO, 2004).

No Brasil há três sistemas de certificação orgânica, a Organização de Controle Social (OCS), os sistemas participativos de avaliação da conformidade orgânica e a certificação por auditoria, todos com o objetivo de classificar e padronizar a produção agrícola com base nas normativas e regulamentos nacionais (PINHEIRO, 2012).

No Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos há cerca de 11084 produtores, que em 2014 movimentaram cerca de R\$ 2,0 bilhões (BRASIL, 2017). No Estado de Sergipe, a agricultura orgânica iniciada na década de 80, tem cerca de dez famílias, sendo responsáveis pela produção de hortaliças, ervas aromáticas e medicinais, culturas anuais, frutíferas, produtos de origem animal e flores (SANTOS; SOUZA; 2012).

Muñoz et al. (2016) ressaltam que, apesar do aumento da produção orgânica, ainda é escassa a pesquisa científica que caracterize estes produtores. Além disso, a prestação de assistência técnica auxilia na avaliação e na difusão de novas tecnologias voltadas à realidade dos agricultores (MAZER et al., 2013, SOUZA et al., 2014). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi fazer o levantamento da necessidade de assistência técnica junto aos produtores rurais orgânicos do Agreste do Estado de Sergipe.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de 2015-2016. Foram entrevistadas sete famílias de agricultores nos municípios de Areia Branca e Itabaiana, no Agreste do Estado de Sergipe, Brasil.

As entrevistas foram realizadas por meio de um questionário estruturado com questões relacionadas com: tempo de cultivo orgânico, número de pessoas que trabalham na propriedade, caracterização do tipo de produtos agrícolas cultivados (hortaliças, frutíferas, ovos, frango, mel), avaliação econômica e caracterização dos problemas encontrados na propriedade (doenças, pragas, manejo e fertilidade do solo, uso da água, comercialização e assistência técnica).

Os resultados foram tabulados e analisados quanto as áreas de necessidade de assistência técnica, no período de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos municípios de Areia Branca e Itabaiana, no Estado de Sergipe, foram entrevistados quatro produtores orgânicos que estão vinculados à Associação dos produtores orgânicos do Agreste Sergipano (ASPOAGRE) e três produtores associados à Organização de Controle Social (OCS).

Os produtores associados à ASPOAGRE recebem assistência técnica do Instituto Biodinâmico (IBD) de São Paulo, que fornece o selo orgânico. Enquanto que, os produtores orgânicos da OCS são atendidos apenas com assistência técnica disponibilizada pela Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (EMDAGRO), que também auxilia os produtores da ASPOAGRE.

É importante ressaltar que, a EMDAGRO além de prestar assistência técnica, realiza pesquisa na busca de inovações tecnológicas na área de agroecologia. Entretanto, os recursos destinados à extensão rural, como carros e combustível, são bastante

limitados na região, o que dificulta o atendimento das famílias de agricultores. Além disso, a EMDAGRO deve atender todos os produtores orgânicos e convencionais da região, inclusive de Itabaiana e de Areia Branca, e possui no seu quadro de profissionais apenas dois técnicos agrícolas, um médico veterinário e dois engenheiros agrônomos. Esta limitação de profissionais especializados também foi relatado por Landine (2015), que enfatiza a falta de políticas públicas neste setor.

Com base nas respostas fornecidas pelos produtores orgânicos das duas associações obteve-se que, 33% apresentaram carência de assistência técnica na área de fitossanidade, ou seja, necessitam de profissionais especializados visando o controle de doenças e pragas na produção de hortaliças, como tomate, pimentão, couve, dentre outros produtos (Figura 1). Da mesma forma, 33% dos produtores entrevistados necessitam de assistência técnica na área de solos, com destaque para a fertilidade e manejo do solo (Figura 1). Neste sentido, alguns produtores orgânicos fazem análise da fertilidade do solo, mas não tem assistência técnica que os auxiliem na interpretação dos resultados, o que dificulta suprir as necessidades nutricionais das plantas e favorece a incidência e a severidade de doenças.

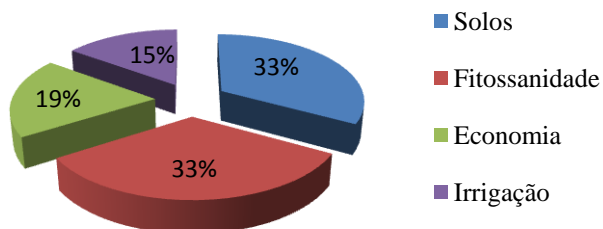


Figura 1. Levantamento de necessidade de assistência técnica pelos produtores orgânicos dos municípios de Areia Branca e Itabaiana, Sergipe, Brasil. Período 2015 a 2016.

Em relação à elaboração do custo de produção, 19% dos produtores entrevistados demonstraram interesse em receber assistência técnica nesta área (Figura 1), mas a maior dificuldade, consiste no levantamento detalhado do consumo de sementes e outros insumos utilizados na produção orgânica. Este resultado demonstra que estes produtores desconhecem se estão tendo lucro ou prejuízo, com o preço sugerido para o produto agrícola.

Outro aspecto a ser considerado é que apenas 15% dos produtores demonstraram necessidade de assistência técnica na área de irrigação (Figura 1); e não realiza um controle do consumo de água, o que favorece o desperdício e pode promover a incidência e severidade de doenças causadas por fungos e por bactérias, bem como a disseminação de nematoides, um dos grandes entraves na agricultura orgânica, na região.

É importante ressaltar que, os produtores orgânicos nas áreas de estudos demonstraram interesse em receber assistência técnica pelos professores do curso de Engenharia Agrônômica, da Universidade Federal de Sergipe, ao contrário dos produtores convencionais que dificultaram as ações de extensão rural. Ressalta-se que a prestação de assistência pode reduzir as perdas na produção agrícola e melhorar a rentabilidade dos produtores. Neste sentido, as instituições de ensino e de pesquisa

devem intensificar suas ações junto aos produtores orgânicos, visando suprir a carência de assistência técnica estadual, decorrente da falta de recursos. Dentre as atividades, Mazer et al. (2013) enfatizam que a realização de dias de campo e ações que viabilizem o acesso ao crédito e a comercialização dos produtos agrícolas são importantes aos produtores. Além disso, a Universidade deve preparar os seus alunos para prestação de assistência, não só em termos técnicos, mas também quanto a utilização da linguagem técnica, com o intuito de minimizar os conflitos de comunicação, tal como observado por Freire (1991).

CONCLUSÕES

As instituições de ensino e pesquisa devem intensificar suas ações junto aos produtores orgânicos, visando suprir a carência de assistência técnica estadual, decorrente da falta de recursos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agricultura orgânica deve movimentar R\$ 2,5 bi em 2016. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/10/agricultura-organica-deve-movimentar-r-2-5-bi-em-2016>. Acesso em 24/04/2017.

FREIRE, I. M. Barreiras na comunicação da informação tecnológica. **Revista Ciência da Informação**, Brasília, v.20, n.1, p. 51-54, 1991.

LANDINI, P. F. Problemas enfrentados por extensionistas rurais brasileiros e sua relação com suas concepções de extensão rural. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 371-377, 2015.

MAZER, G. P. et al. Dia de campo e difusão de tecnologias para a agricultura familiar. **Revista Conexão UEPG**, Ponta Grossa, v. 9, n. 1, p. 106-119, 2013.

MUÑOZ, C. M. G. et al. Normativa de produção orgânica no Brasil: a percepção dos agricultores familiares do assentamento da chapadinha, sobradinho (DF). **Revista de economia e sociologia rural**, v. 54, n. 2, p. 361-376. 2016.

PINHEIRO, K. H. **Produtos orgânicos e certificação: o estudo desse processo em uma associação de produtores do município de Palmeira – PR**. 2012. 118p. (Dissertação mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa – Paraná.

SANTOS, C. O.; SOUZA, R. M. Agricultura orgânica em Sergipe: alternativa à sustentabilidade? **Revista Geonorte**, Manaus, v. 3, n. 4, p. 449-462, 2012.

SANTOS, G. C.; MONTEIRO, M. Sistema orgânico de produção de alimentos. **Revista Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 1, p. 73-86, 2004.

SOUZA, A. V. de. et al. A extensão rural como fomento às tecnologias e políticas públicas no campo: o estudo de caso em comunidades rurais em Rosário Oeste-MT. **Nucleus**, Ituverava, v. 11, n. 1, p. 21-32, 2014.

CRESCIMENTO DO TOMATEIRO CEREJA EM SUBSTRATO COLONIZADO PELO FUNGO COMESTÍVEL SHIMEJI

Maxwell Paca Matos¹; Juan Lopes Teixeira²; Regina Helena Marino³

¹Graduando em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, Sergipe, maxwellmattoos@gmail.com; ² Graduação em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, juanlt3@hotmail.com; ³Professora Associada I, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, rehmarino@hotmail.com

RESUMO: O emprego de resíduos da fungicultura na produção de mudas de hortaliças ainda não foi explorado na literatura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de mudas do tomateiro cereja em substrato colonizado pelo fungo comestível *Pleurotus ostreatus*. O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso composto pelo cultivo do tomateiro cereja em três tratamentos: T0 - areia autoclavada/sem fungo; T1 - areia autoclavada + pó de coco com 0% de farelo de trigo (2:1) e T2 - areia + pó de coco com 20% de farelo de trigo (2:1), com oito repetições. O substrato à base de pó de coco e suplementado com farelo de trigo foi previamente colonizado pelo isolado EF58 de *P. ostreatus*. As variáveis analisadas foram: altura, número de folhas, taxa de crescimento em altura e em número de folhas, diâmetro do colo, comprimento da raiz, matéria seca da parte aérea, e número de galhas. O emprego do substrato à base de areia + pó de coco com 20% de farelo de trigo, previamente colonizado pelo *P. ostreatus* favorece o crescimento do tomateiro cereja, apesar de não ter reduzido o número de galhas do nematoide *Meloidogyne incognita*.

PALAVRAS-CHAVE: *Pleurotus ostreatus*, *Meloidogyne incognita*, horticultura.

GROWTH OF TOMATO CHERRY IN SUBSTRATE COLONIZED BY EDIBLE FUNGUS SHIMEJI

ABSTRACT: The use of edible mushroom residues in the production of vegetable seedlings has not been explored in the literature. The objective of this work was to evaluate the growth of seedlings of the cherry tomato in substrate colonized by the edible fungus *Pleurotus ostreatus*. The design was completely randomized by the cultivation of the cherry tomato in three treatments: T0 - autoclaved sand / without fungus; T1 - autoclaved sand + coconut powder with 0% wheat bran (2: 1) and T2 - sand + coconut powder with 20% wheat bran (2:1), with eight replicates. The substrate based on coconut powder and supplemented with wheat bran was previously colonized by *P. ostreatus* isolate EF58. The variables analyzed were: height, number of leaves, growth rate in height and number of leaves, neck diameter, root length, shoot dry matter, and number of galls. The use of the sand-based substrate + coconut powder with 20% wheat bran, previously colonized by *P. ostreatus* favors the growth of the cherry tomato, although it did not reduce the number of galls of the nematode *Meloidogyne incognita*.

KEY-WORDS: *Pleurotus ostreatus*, *Meloidogyne incognita*, horticulture.

INTRODUÇÃO

Na produção de hortaliças, a utilização de substratos orgânicos pode garantir a obtenção de mudas vigorosas, tolerantes ou resistentes às doenças e/ou variações meteorológicas durante o cultivo. Vale ressaltar que o tipo de substrato é importante na

produção de mudas e está diretamente relacionado com a capacidade produtiva (SCHWERTNER et al., 2013).

Dentre os substratos utilizáveis na produção de hortaliças, o emprego dos resíduos do coco, se destaca por representar uma alternativa ecologicamente sustentável, pois reduz a contaminação ambiental devido ao reaproveitamento da casca após o consumo da água (ROSA et al., 2001; CARRIJO et al., 2002) e contribui para produção de mudas de qualidade (SILVEIRA et al., 2002; SIMÕES et al., 2015) a depender da espécie e variedade de planta (AMARAL et al., 2010).

O pó de coco também foi relatado no cultivo dos cogumelos comestíveis shimeji (*Pleurotus ostreatus*) e shiitake (*Lentinula edodes*) por Marino et al. (2008) e Marino e Abreu (2009), sendo o substrato exaurido utilizado como fertilizante orgânico (SILVA et al., 2002) e na alimentação animal (AZEVEDO et al., 2009). No entanto, não foram encontrados relatos sobre o potencial dos resíduos da produção de cogumelos comestíveis como substrato para produção de mudas de hortaliças. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de mudas do tomateiro cereja em substrato colonizado pelo fungo comestível *Pleurotus ostreatus*.

MATERIAL E MÉTODOS

O isolado fúngico *Pleurotus ostreatus* testado EF58 foi cultivado em meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar), em placa de Petri, a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, por sete dias, sem fotoperíodo. Em seguida, foi realizada a multiplicação do fungo m substrato à base de pó de coco suplementado com 0% e 20% farelo de trigo e umedecido a 60-70%. A mistura foi acondicionada em frascos de 500 mL e autoclavado a 120°C e 1 atm, por 1 hora. Após o resfriamento, foi transferido um disco de 6 mm de diâmetro de meio de cultura BDA contendo o micélio, em câmara asséptica e incubado a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 61 dias, sem fotoperíodo. Após este período, a mistura pó de coco e farelo completamente colonizado pelo isolado fúngico foi destorroada e utilizada como substrato para produção das mudas do tomateiro cereja.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso (DIC) composto por três tratamentos: T0 - controle/sem fungos; T1 - areia + substrato colonizado pelo fungo com 0% de farelo de trigo (2:1) e T2 - areia + substrato colonizado pelo fungo com 20% de farelo de trigo (2:1), com oito repetições. No tratamento testemunha (T0) foi utilizado apenas areia, sem pó de coco, sem farelo de trigo e não colonização pelo isolado fúngico.

Na produção das mudas, o substrato foi acondicionado em copos plásticos de 500 mL e semeadas três sementes do tomateiro cereja e incubados em estufa agrícola. Após quatro dias da germinação das plântulas foi realizado o desbaste, sendo conduzida apenas uma planta por copo e adicionado 3 mL de uma solução de adubo comercial Forth (5 g L^{-1}) composto por 13% de nitrogênio (N), 5% de fósforo (P_2O_5), 13% de potássio (K_2O), 5% de enxofre (S), 1% de cálcio (Ca), 0,08% de magnésio (Mg), 0,2% de ferro (Fe), 0,15% de zinco (Z), 0,08% de manganês (Mn), 0,04% de boro (B), 0,05% de cobre (Cu) e 0,005% de molibdênio (Mo). A adubação de cobertura foi repetida semanalmente até uma semana antes da colheita.

Aos 18 dias da germinação foram adicionadas duas massas de ovos de *Meloidogyne incognita*, contendo 104 ovos em e 200 μL de água destilada com 60 indivíduos de segundo estágio juvenil (J2) J2 do nematoide, por planta.

As variáveis avaliadas foram: altura, número de folhas, taxa de crescimento absoluto da altura e do número de folhas, diâmetro do colo, comprimento da raiz, matéria seca da parte aérea e número de galhas, após 50 dias da germinação.

A altura e o comprimento da raiz foram avaliados com auxílio de uma régua milimetrada. O diâmetro do colo foi avaliado com paquímetro. A matéria seca da parte aérea foi obtida após o corte da planta na altura do colo e submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, por três dias. Na determinação da taxa de crescimento absoluto (TCA) da altura e do número de folhas foi utilizada a equação $TCA = (W2-W1)/(T2-T1)$, sendo W1 = dado da variável no T1, W2 = dado da variável no T2, T1 = 31 dias e T2 = 50 dias após a germinação. O número de galhas de *Meloidogyne incognita* foi avaliado pela contagem direta, por planta.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e nos casos em que houve diferença significativa foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, pelo programa ASSISTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O emprego do substrato à base de pó de coco suplementado com 20% de farelo de trigo colonizado pelo *P. ostreatus* resultou no incremento significativo de 31,1% em altura, 129,9% no número de folhas, 75% no diâmetro do colo e 250% na matéria seca da parte aérea das mudas do tomateiro cereja, em relação ao controle, cultivado em areia. Este substrato também aumentou 33% a taxa de crescimento em altura e 220% a taxa de crescimento no número de folhas, em comparação ao controle. No entanto, este substrato (T2) não reduziu o número de galhas do nematoide *Meloidogyne incognita*, em comparação aos demais substratos testados (Tabela 1).

TABELA 1. Dados médios da altura (ALT), taxa de crescimento absoluto da altura (TCA – ALT), número de folhas, taxa de crescimento absoluto do número de folhas (TCA – NF), comprimento da raiz (CR), diâmetro do colo (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA) e número de galhas (NG) de *Meloidogyne incognita* no tomateiro cereja, após 56 dias de cultivo em substrato colonizado por *Pleurotus ostreatus*, após 50 dias de cultivo.

Trat. ¹	ALT (cm)	TCA- ALT (cm.dia ⁻¹)	Nº de folhas	TCA-NF (N. de folhas.dia ⁻¹)	CR (cm)	DC (cm)	MSPA (g)	NG
T0	18,3 b	0,3 a	29,1 b	0,5 b	17,9 a	0,4 b	0,6 b	6,5 a
T1	15,6 b	0,2 a	27,0 b	0,6 b	17,5 a	0,4 b	0,4 b	6,5 a
T2	24,0 a	0,4 a	66,9 a	1,6 a	19,4 a	0,7 a	2,1 a	5,5 a
CV%	16,5	25,8	16,2	24,5	17,4	14,7	22,9	138,8

¹T0- controle, areia e sem fungos, T1- areia + pó de coco com 0% de farelo de trigo, previamente colonizado pelo fungo (2:1), T2 – areia + pó de coco com 20% de farelo de trigo, previamente colonizado pelo fungo. ²Medias na mesma coluna seguidas por letras diferentes diferem por Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

Medeiros et al. (2011) também observaram o incremento da altura, da área foliar e da raiz do tomateiro cereja, mas com o emprego de biofertilizante, em relação ao controle, tal como também citado por Gomes Jr. et al. (2011).

O incremento do crescimento vegetativo do tomateiro cereja até 50 dias de cultivo também foi citado por Reis et al. (2013). Segundo estes autores, inicialmente ocorre um crescimento lento podendo estar correlacionado com o gasto de energia para produção do sistema radicular, sendo este o dreno preferencial dos fotoassimilados, o

que pode ter sido responsável pela uniformidade de crescimento do comprimento radicular do tomateiro nos tratamentos T0 a T2 (Tabela 1).

Desta forma, o emprego do substrato à base de pó de coco colonizado por *P. ostreatus* pode garantir a produção de mudas do tomateiro cereja de qualidade, vigorosas até transplântio, o que é importante para obter maior uniformidade de plantas no campo e pode favorecer o aumento de produção e de produtividade, tal como citado por Carrijo, Liz e Makishima (2002). Segundo estes autores, o uso da fibra de coco aumentou cerca de 1 tonelada de tomates, em comparação à serragem, sendo uma alternativa de baixo custo para o produtor. Além disso, o aproveitamento do substrato de cultivo de cogumelos comestíveis como substrato para produção de mudas representa uma alternativa de geração de renda aos fungicultores.

Outro aspecto a ser considerado é que substrato à base de pó de coco colonizado pelo *P. ostreatus* é uma fonte de matéria orgânica, que pode estimular a microbiota do solo e contribuir para o controle patógenos e conservação do solo.

CONCLUSÕES

A adição de substrato à base de pó de coco suplementado com 20% de farelo de trigo, colonizado pelo isolado EF58 de *P. ostreatus* à areia na proporção 2:1 favorece o crescimento do tomateiro cereja.

O emprego da mistura areia + substrato à base de pó de coco suplementado com 20% de farelo de trigo colonizado pelo isolado EF58 de *P. ostreatus*, na proporção 2:1 não controla o nematoide *Meloidogyne incognita*, mas favorece o crescimento do tomateiro cereja.

REFERÊNCIAS

AMARAL, T. L. do et al. Adubação de orquídeas em substratos com fibra de coco. **Ciência Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 11-19, 2010.

AZEVEDO, R. S. et al. Utilização do composto exaurido de *Pleurotus sajor-caju* em rações de frangos de corte e seus efeitos no desempenho dessas aves. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.31, n.2, p.139-144, 2009.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.

GOMES JÚNIOR, J. et al. Crescimento e produtividade de tomateiros do grupo cereja em função da aplicação de biofertilizante líquido e fungo micorrízico arbuscular. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.627-633, 2011.

MARINO, R. H. et al. Crescimento e cultivo de diferentes isolados de *Pleurotus ostreatus* (jacq.: fr.) kummer em serragem da casca de coco. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.75, n.1, p.29-36, 2008.

MARINO, R. H.; ABREU, L. D. de. Cultivo do cogumelo Shiitake em resíduo de coco suplementado com farelo de trigo e/ou arroz. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.1, p.11-6, 2009.

MEDEIROS, R. F. et al. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.505–511, 2011.

REIS, L. S. et al. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.386–391, 2013.

ROSA, M. de, F. et al. Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola. **Comunicado técnico**, n. 54, p.1-6, 2001.

SCHWERTNER, D. V. et al. Produtividade de alface e qualidade de mudas de tomateiro com bioproduto de batata. **Ciência Rural**, v.43, n.3, p.404-410, 2013.

SILVA, S. O.; COSTA, S. M. G.; CLEMENTE, E. Chemical composition of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéél., substrates and residue after cultivation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.45, n.4, p.531-535, 2002.

SILVEIRA, E. B. et al. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 211-216, 2002.

SIMÕES, A. C. et al. Qualidade da muda e produtividade de alface orgânica com condicionadores de substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, 2015.

FUNGOS ENDOFÍTICOS NO CRESCIMENTO DO ARROZ

Larissa de Souza Gois ¹, Juan Lopes Teixeira ², Jessica Silva Santos ³, Regina Helena Marino ⁴

¹ Graduanda de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, lary18gois@gmail.com; ² Graduando de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, juan_lt_1@hotmail.com; ³ Graduanda de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, jsksantos1991@gmail.com; ⁴ Professora Associada I, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, rehmarino@hotmail.com

RESUMO: Os microrganismos endofíticos podem promover o crescimento de vegetais, cuja interação microbiana no arroz não foi explorada na literatura. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação entre fungos endofíticos “dark septate” e o fungo micorrízico arbuscular *Acaulospora morrowiae* no crescimento do arroz. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao caso composto pelo cultivo do arroz em dois tratamentos: controle (sem micorrizas) e o isolado micorrízico arbuscular UFLA401, com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: colonização micorrízica, esporulação micorrízica, colonização de fungos endofíticos “dark septate”, altura, comprimento da raiz, matéria seca da parte aérea e da raiz do arroz, após 90 dias de cultivo. O arroz apresentou colonização de 31,1% de colonização pelo isolado UFLA401, com presença de vesículas (36,0%) e de arbúsculos (48,5%). O arroz foi colonizado por fungos endofíticos “dark septate” (54,1%), mas sem correlação com a colonização micorrízica. O arroz inoculado com UFLA401 apresentou aumento de 44,4% no comprimento da raiz e de 6,3% na matéria seca da raiz e de 6,1% na matéria seca da parte aérea. A presença do fungo “dark septate” não inibe a colonização pelo fungo micorrízico, no arroz.

PALAVRAS-CHAVE: Microbiologia do solo; Poaceae; simbiose.

ENDOFITIC FUNGI IN RICE GROWTH

ABSTRACT: Endophytic microorganisms can promote the growth of plants whose microbial interaction in rice has not been explored in the literature. Thus, the objective of this work was to evaluate the interaction between endophytic fungi "dark septate" and the arbuscular mycorrhizal fungus *Acaulospora morrowiae* on rice growth. The experimental design used was entirely the case composed by rice cultivation in two treatments: control (without mycorrhiza) and the arbuscular mycorrhizal isolate UFLA401, with four replications. The variables analyzed were: mycorrhizal colonization, mycorrhizal sporulation, colonization of dark septate endophytic fungi, height, root length, dry matter of shoot and root of rice, after 90 days of cultivation. The rice presented colonization of 31.1% of colonization by UFLA401 isolate, with vesicles (36.0%) and arbuscules (48.5%) present. The rice was colonized by endophytic fungi "dark septate" (54.1%), but without correlation with mycorrhizal colonization. Rice inoculated with UFLA401 showed a 44.4% increase in root length and 6.3% in root dry matter and 6.1% in shoot dry matter. The presence of the “dark septate” fungus does not inhibit colonization by the mycorrhizal fungus in rice.

KEYWORDS: Soil microbiology; Poaceae; symbiosis.

INTRODUÇÃO

A associação de plantas de interesse econômico a microrganismos endofíticos e promotores de crescimento vegetativo, o pode minimizar os efeitos do déficit hídrico, devido à maior produção de raízes secundárias (LIU et al., 2015).

Dentre os microrganismos promotores de crescimento, os fungos micorrízicos realizam a simbiose com mais de 86% das espécies de plantas, sendo a colonização caracterizada pela formação de hifas, que são responsáveis por absorver água e nutrientes e agregação do solo (SOUSA et al., 2012). Os arbúsculos são hifas intrarradiculares que transferem nutrientes fungo-planta e podem ser do tipo Arum e Paris, a depender da interação. As vesículas são estruturas que armazenam nutrientes para o fungo e os esporos são importantes na reprodução e na sobrevivência dos fungos (MIRANDA, 2008).

No arroz, além dos fungos micorrízicos arbusculares, podem ser encontrados fungos endofíticos “dark septate” (RIBEIRO et al., 2011), que isoladamente ou em conjunto também podem promover o crescimento vegetal ou apresentar antagonismo sobre outros microrganismos (YAN et al., 2015). Segundo Rodriguez et al. (2009), os fungos micorrízicos podem coexistir com outros microrganismos endofíticos, como os “dark septate”, sendo esta simbiose importante no equilíbrio dos ecossistemas. Entretanto, no cultivo do arroz ainda não foi encontrado relatos sobre a interação entre fungos micorrízicos arbusculares, “dark septate” no crescimento do arroz de sequeiro.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação microbiana do fungo micorrízico arbuscular *Acaulospora morrowiae* e dos fungos endofíticos “dark septate” no crescimento do arroz BRS Tropical.

MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso composto pelo cultivo do arroz BRS Tropical (sequeiro) em dois tratamentos: controle – sem fungos micorrízicos e um isolado de fungo micorrízico arbuscular, UFLA 401 (*Acaulospora morrowiae* Spain & Schenck), com quatro repetições.

O bioensaio foi realizado em copos descartáveis de 500 mL contendo o substrato à base de areia autoclavada e o inoculante micorrízico distribuído entre duas camadas da areia. No inoculante micorrízico, o número de esporos foi de 73 por 50 g de areia. No controle, não houve adição de inoculante micorrízico. Após a adição do inoculante micorrízico, foi realizada a semeadura das sementes previamente desinfestadas superficialmente e cultivado em estufa agrícola, por 90 dias.

As variáveis analisadas foram: colonização micorrízica, esporulação micorrízica, colonização de fungos endofíticos “dark septate”, altura, comprimento da raiz, matéria seca da parte aérea e da raiz do arroz.

A colonização micorrízica e a percentagem de vesículas e arbúsculos foram avaliadas segundo Giovannetti e Mosse (1980). Na esporulação utilizou-se a metodologia de Gerdemann e Nicolson (1963), em 50 g de areia. A colonização por fungos endofíticos “dark septate” foi realizada segundo Ribeiro et al. (2011). A altura e o comprimento da raiz foram obtidos com auxílio de uma régua milimetrada. A matéria seca da parte aérea e da raiz foram determinadas após a secagem do material fresco em estufa com circulação forçada de ar por três dias, a 60°C.

Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e nos casos em que houve diferença significativa foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de significância para comparação das médias. Os dados obtidos foram submetidos à análise de correlação e aplicado o Teste t. As análises de variância e de correlação entre as variáveis analisadas foram realizadas no programa ASSISTAT versão 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variedade do arroz BRS Tropical apresentou colonização micorrízica de 31,1%, sendo caracterizada pela presença de 36% de vesículas e 48,5% de arbúsculos

do tipo Arum e do tipo Paris. No controle não houve colonização micorrízica, mas apresentou colonização por fungos endofíticos “dark septate” (56,9%) sem diferença significativa com o tratamento com UFLA401 (54,1%) (Figura 1).

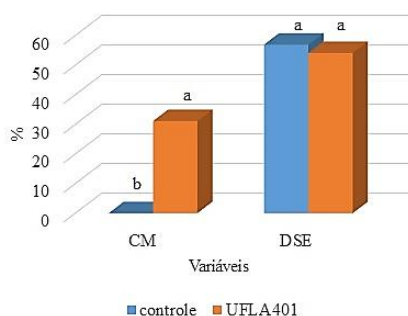


Figura 1. Colonização micorrízica (CM) e por fungos endofíticos “dark septate” (DSE) após o cultivo do arroz com UFLA401, por 90 dias^{1,2}.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de colonização micorrízica, vesículas e arbúsculos do arroz (sequeiro) com UFLA401 foram superiores aos citados por Wang et al. (2015) no arroz irrigado, com micorrizas nativas como *Glomus*, *Paraglomus* e *Acaulospora*. Estes autores também ressaltam que na fase de anterior ao perfilhamento não houve colonização micorrízica, ao contrário do obtido neste trabalho com o isolado UFLA401. Enquanto que, Jeong et al. (2015) citam que a colonização do arroz irrigado e de sequeiro pode alcançar até 60% por micorrizas nativas e que após duas semanas de cultivo foram identificados os arbúsculos.

Miranda (2008) e Liu et al. (2015) enfatizam que a colonização micorrízica pode favorecer o crescimento da raiz, o que é importante em variedades de arroz de sequeiro, pois em campo deverão competir com plantas invasoras por nutrientes, como nitrogênio (Pérez-Tienda et al., 2014) e fósforo (Miranda, 2008; Jeong et al., 2015). Neste trabalho, a variedade de arroz BRS Tropical (sequeiro) inoculada com UFLA401 aumentou 44,4% do comprimento da raiz, em relação ao controle, mas não resultou em incremento nas variáveis de altura, de matéria seca da parte aérea e da raiz em relação ao controle, sem micorrizas (Figuras 2A e 2B).

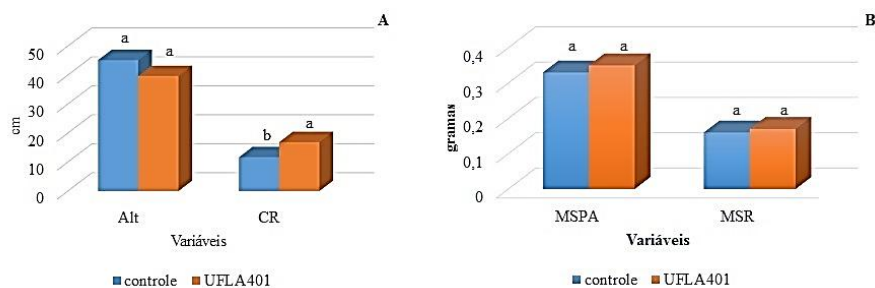


Figura 2. Altura (cm), comprimento da raiz (CR), matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) das plantas de arroz BRS Tropical inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, após 90 dias de cultivo*.

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No controle, o número de esporos micorrízicos foi de 258,8 esporos por 50 g, mas não diferiu estatisticamente do tratamento com UFLA401. No controle, o comprimento de raiz foi correlacionado positivamente com o número de esporos. Por outro lado, não houve influência da colonização micorrízica no comprimento da raiz e no número de esporos. Da mesma forma, não houve correlação entre a colonização por “dark septate”, o número de esporos e o comprimento da raiz (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficiente de correlação (r) entre as variáveis comprimento da raiz (CR), número de esporos (NE), colonização micorrízica (CM), colonização por “dark septate” (DSE) em arroz, após 90 dias de cultivo.

Trat.	CR x NE	CM x NE	CM x CR	DSE x CR	DSE x CM	DSE x NE
Controle	0,98 *	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,61 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,46 ^{ns}
UFLA401	-0,06 ^{ns}	-0,97*	0,17 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,44 ^{ns}	0,59 ^{ns}

ns – não significativo ($p \geq 0,05$), ** significativo a 5% ($0,01 \leq p < 0,05$) e * significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$), pelo Teste t.

No arroz inoculado com UFLA401, o número de esporos foi correlacionado negativamente com a colonização micorrízica, mas sem influência do incremento do comprimento da raiz. O fungo “dark septate” não influenciou no comprimento da raiz, na colonização micorrízica e no número de esporos (Tabela 1).

De forma geral, tem-se que a colonização por fungos “dark septate” do arroz não apresentou efeito antagonista sobre a micorriza UFLA401, mas esta interação pode ter comportamento distinto a depender da interação fungo-planta, tal como citado por Yan et al. (2015).

CONCLUSÕES

A presença do fungo “dark septate” não inibe a colonização pelo fungo micorrízico UFLA401, no arroz.

O número de esporos do isolado UFLA401 é influenciado pela colonização micorrízica.

A colonização micorrízica do arroz pelo isolado UFLA401 e por “dark septate” não garante incremento em biomassa, mas pode influenciar na sobrevivência do arroz em condições de campo.

REFERÊNCIAS

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v.46, p.235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v.84, p.489-500, 1980.

JEONG, K. et al. Genetic diversity for mycorrhizal symbiosis and phosphate transporters in rice. **Journal of Integrative Plant Biology**, Malden, v.57, n.11, p.969-979, 2015.

LIU, Z. et al. Different respiration metabolism between mycorrhizal and non-mycorrhizal rice under low-temperature stress: a cry for help from the host. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 153, n.4, p.602-614, 2015.

MIRANDA, J.C.C. **Cerrado**: Micorriza Arbuscular - ocorrência e manejo. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 169p.

PÉREZ-TIENDA et al. Transcriptional regulation of host NH_4^+ transporters and GS/GOGAT pathways in arbuscular mycorrhizal rice roots. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v.75, n.1, p.1-9, 2014.

RIBEIRO, K.G. et al. Isolamento, armazenamento e determinação da colonização por fungos “dark septate” a partir de plantas de arroz. **Revista Agro@ambiente** on-line, Boa Vista v.5, n.2, p.97-105, 2011.

RODRIGUEZ, R. J. et al. Fungal endophytes: diversity and functional roles. **New Phytologist**, Cambridge, v.182, n.2, p.314–330, 2009.

SOUSA, C. S. et al. Glomalina: características, produção, limitações e contribuições nos solos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, sup.1, p.3033-3044, 2012.

YAN, J. F. et al. Do endophytic fungi grow through their hosts systemically? **Fungal Ecology**, Manchester, v.13, n.1, p.53-59, 2015.

WANG, Y. et al. Community dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in high-input and intensively irrigated rice cultivation systems. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v.81, n.8, p.2958–2965, 2015.

TAXAS DE CRESCIMENTO DE BETERRABA CULTIVADA SOB DIFERENTES MALHAS DE SOMBREAMENTO EM SINOP - MT

Mariana Pizzatto¹, Brena Geliane Ferneda², Marlus Sabino², Rafaella Felipe Teles Arantes³, Adilson Pacheco de Souza³

¹Técnica de Laboratório Agrícola, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, e-mail: marianapizzatto23@gmail.com; ²Graduando(a), Bolsista PIBIC CNPq, UFMT, Sinop, MT, marlussabino@gmail.com, brenaferneda95@gmail.com; ³Prof.(a) Adjunto, Doutor(a), UFMT, Campus de Sinop, MT, rtafelipe83@gmail.com, adilsonpacheco@ufmt.br

RESUMO: Avaliou-se as taxas de crescimento e a produtividade de beterraba cv. Early Wonder, sob diferentes telas de sombreamento, no norte do Mato Grosso. Os tratamentos testados foram: condição de Pleno Sol e telas polifinas pretas com 35, 50, 80% de atenuação da radiação global. As aferições de massa seca e área foliar foram realizadas a cada 15 dias após o transplântio (DAT) para obtenção da taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de assimilação líquida (TAL). As telas influenciaram no crescimento e desenvolvimento da beterraba. A tela de 50% a apresentou maiores taxas de crescimento, enquanto que a de 35% apresentou a maior produtividade (10,99 t.ha⁻¹). A condição de pleno sol reduziu a produtividade e o sombreamento de 80% inibiu o crescimento e desenvolvimento de tubérculos. Conclui-se que o uso de telas de sombreamento de 35 a 50% são indicados para a produção de beterraba cv. Early Wonder para as condições climáticas do norte de Mato Grosso.

PALAVRAS-CHAVE: radiação solar, ambiente de cultivo, análise de crescimento

GROWTH RATES OF BEET CULTIVATED UNDER DIFFERENT SHADING NETS IN SINOP – MT

ABSTRACT: It was evaluated the growth rates and productivity of beet cv. Early Wonder, cultivated under different shading nets, in the north of Mato Grosso. The treatments tested were: Full Sun and black polyester nets with 35, 50, 80% of global radiation attenuation. The measurements of dry mass and leaf area were taken every 15 days after transplanting (DAT) to obtain the crop growth rate (TCC), relative growth rate (TCR), absolute growth rate (TCA) and Liquid assimilation (TAL). The shading nets influenced the growth and development of the beet. The net of 50% presented the highest growth rates, while the 35% showed the highest productivity (10.99 t.ha⁻¹). The full sun reduced the productivity and the shading of 80% inhibited the growth and development of tubers. It was concluded that the use of shading nets of 35 to 50% are indicated for the production of beet cv. Early Wonder for the weather conditions of northern Mato Grosso.

KEYWORDS: Solar radiation, growing environment, growth analysis

INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil, um alimento rico em betalaína e que possui um importante efeito antioxidante, devido a sua capacidade de eliminar os radicais livres (TIVELLI et al., 2011)

No Estado de Mato Grosso ainda há grande demanda por produtos hortícolas, uma vez que a produção no Estado não é capaz de suprir o mercado interno. A escassez de

produtores de hortaliças, como a beterraba, no Estado se deve principalmente à pouca informação quanto ao desempenho dos cultivos frente às variações edafoclimáticas da região, assim como, a adequação de sistemas de produção que propiciem condições ideais de culturas exigentes quanto ao clima (SEABRA JUNIOR et al., 2012). Entre as principais barreiras para o cultivo de hortaliças em regiões tropicais, como o norte do Mato Grosso, encontram-se o excesso de radiação solar e as altas temperaturas, de forma que, produtores têm adotado o uso de telas de sombreamento como forma de controlar as variações e, principalmente, o excesso dessas variáveis microclimáticas em cultivos protegidos (ROCHA et al., 2015; SEABRA JUNIOR et al., 2012).

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar as taxas de crescimento e produtividade de beterraba cv. Early Wonder cultivada sob telas de sombreamento com diferentes percentuais de sombreamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no campo experimental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus Sinop, situado a 11,9822° S e 55,5688° O e altitude média de 371 m. De acordo com classificação de Köppen, o clima é o Aw (tropical quente e úmido), caracterizado pela presença de duas estações bem definidas (chuvosa entre outubro e abril, e seca de maio a setembro), por uma baixa amplitude térmica anual (médias mensais variando entre 24 e 27 °C) e precipitação média anual de 1970 mm (SOUZA et al., 2013).

A semeadura da beterraba cv. Early Wonder foi realizada no dia 17 de agosto de 2016, em bandejas de poliestirelo com 128 células. Após vinte e um dias, as mudas foram transplantadas para canteiros suspensos de concreto com 7,58 x 0,75 m. (C x L), com espaçamento de 0,25 x 0,25 m. entre plantas. O substrato utilizado nos canteiros recebeu correção com adubação orgânica e química de acordo com análise química.

O experimento foi composto por quatro tratamentos os quais considerou o uso de telas de sombreamento pretas em diferentes intensidades luminosas sendo: 35%, 50%, 80% de bloqueio da radiação global e a condição pleno sol. As telas foram montadas sob os canteiros em túnel baixo. A irrigação foi realizada diariamente com base nos valores de evapotranspiração de Tanque Classe A, da estação meteorológica, localizada a 15 m do experimento.

Foram realizadas avaliações de crescimento e incremento de massa a cada 15 dias após o transplante (DAT), obtendo-se os valores de: área foliar (cm²), dada pelo medidor de área foliar LI-3000, LICOR; e massa seca (g) das folhas e do tubérculo, para os cálculos das seguintes taxas de crescimento: TCC (Taxa de Crescimento da Cultura, TCR (Taxa de Crescimento Relativo), TAL (Taxa de Assimilação Líquida) e TCA (Taxa de Crescimento Absoluto). Ao final do ciclo, os tubérculos foram colhidos, e após a lavagem, realizada pesagem para a estimativa da produtividade real (SILVA et al., 2011).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, com 4 tratamentos (telas) e 6 repetições (1 planta por repetição). Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e quando significativas, foram realizadas comparações de médias pelo Tukey a 5% de significância, ou ajustadas regressões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento do experimento precipitação pluvial apresentou comportamento crescente, e conseqüentemente as temperaturas médias apresentaram comportamento decrescente (Figura 1), uma vez que se iniciou a estação chuvosa e

neste momento a amplitude é reduzida, devido à redução da radiação global em decorrência da nebulosidade. (SOUZA et al., 2013).

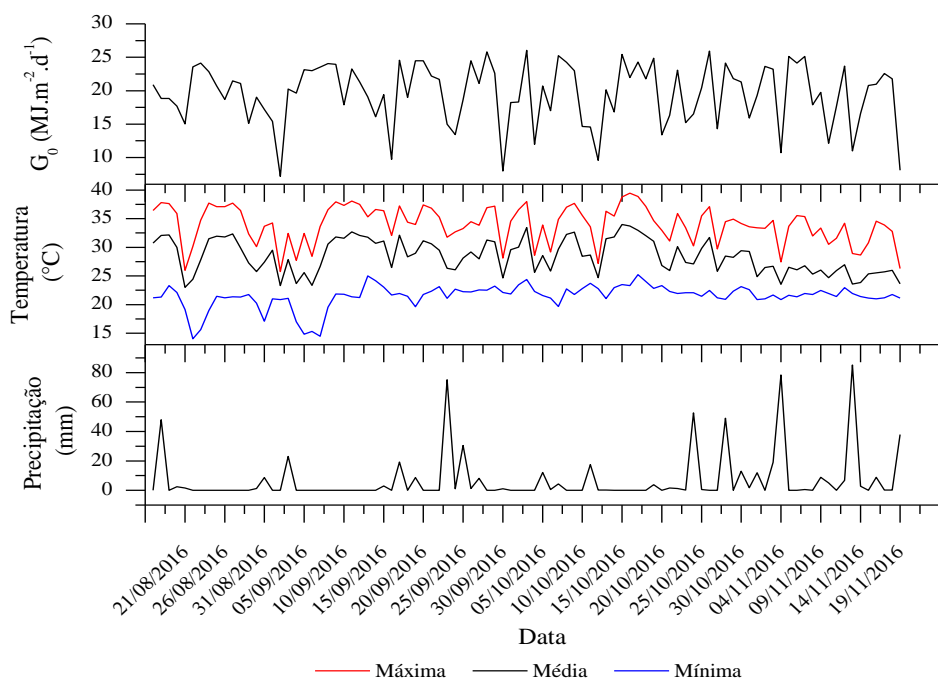


Figura 1. Variação da temperatura máxima, média e mínima, precipitação e radiação global (G_0) durante o período experimental, na cidade de Sinop-MT.

A cultura da beterraba sob telas de sombreamento de 35 e 50% apresentou pico de incremento de massa aos 56 dias após o transplântio, enquanto, as mudas sob condição de pleno sol e 80% de sombreamento mantiveram incremento das taxas até os 71 DAT (Tabela 1). Observou-se ainda que as telas de sombreamento de 35 e 50% apresentaram as maiores taxas, seguidas de cultivo a pleno sol (Tabela 1).

Quando analisada a produtividade observa-se que houve maior produção em plantas de beterraba cultivadas sob telas com 35% de sombreamento (10,989 t/ha), seguida de sombreamento de 50% (8,9314 t/ha), pleno sol (7,94 t/ha) e 80% (0,844 t/ha) (Figura 2).

Tabela 1. Comportamento da Taxa de Crescimento (TCA; TAL; TCR e TCC) para a cultura da beterraba cv. Early Wonder cultivada sob 0, 35, 50 e 80 % de sombreamento no município de Sinop-MT.

Somb.	43 DAT			56 DAT			71 DAT							
	TAL ($\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$)			TCA (g dia^{-1})			TCR ($\text{g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$)							
0%	0,057	Aa		0,007	Bb		0,066	Aa	0,232	Aa	0,095	Ba	0,253	Aa
35%	0,035	ABab		0,062	Aa		0,008	Bb	0,219	ABb	0,525	Aa	0,148	Ab
50%	0,017	Bb		0,081	Aa		0,010	Bb	0,026	ABb	0,582	Aa	0,104	Ab
80%	0,008	Ba		0,016	Ba		0,030	ABa	0,003	Ba	0,046	Ba	0,191	Aa
	TCC ($\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$)			TCR ($\text{g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$)										
0%	0,431	Aa		0,071	Bb		0,237	Aab	0,007	Aa	0,001	Bb	0,002	Ab
35%	0,306	Ab		0,584	Aa		0,145	Ab	0,004	ABa	0,003	ABa	0,001	Ab
50%	0,059	Bb		0,799	Aa		0,111	Ab	0,003	ABa	0,005	Aa	0,001	Ab
80%	0,009	Bb		0,073	Bab		0,275	Aa	0,001	Ba	0,003	ABa	0,003	Aa

Somb: Sombreamento; TAL: Taxa de Assimilação Líquida; TCA: Taxa de Crescimento Absoluto; TCC: Taxa de Crescimento da Cultura; TCR: Taxa de Crescimento Relativo. Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

De forma geral o crescimento, desenvolvimento e produção de beterraba foi favorecido pelo uso das telas de sombreamento de 35 e 50% condizendo como resultados obtidos por Meena (2014) e Swagatika et al. (2006) para plantas de beterraba (*Beta vulgaris* L.) e couve flor (*Brassica oleracea*), respectivamente.

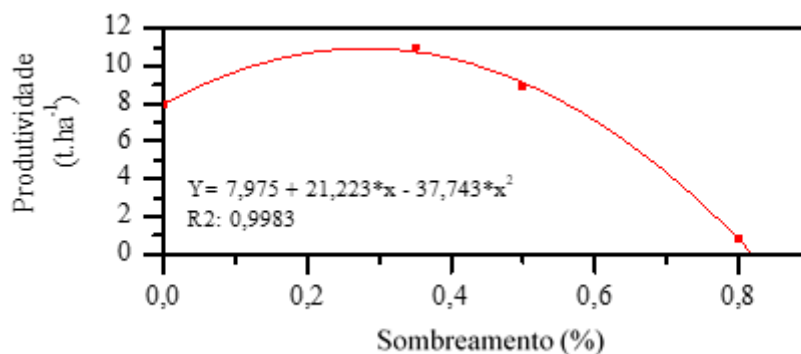


Figura 2. Produtividade de beterraba cv. Early Wonder cultivada sob 0, 35, 50 e 80 % de sombreamento no município de Sinop-MT.

Apesar de o aumento da incidência de radiação elevar a produção de fotoassimilados e o crescimento da cultura, em condições de radiação elevada, como o tratamento pleno sol, pode haver aumento da taxa de transpiração da planta o que resulta em fechamento estomático e diminuição da fotossíntese (VIEIRA, 2010), levando a utilização dos produtos da fotossíntese para recuperação do aparato fotossintético e reduzindo as taxas de incremento de reserva do vegetal. Por outro lado, as modificações de microclima causadas pelo uso de telas com níveis de sombreamento elevado, como a de 80%, podem ser responsáveis por interferências no desenvolvimento do vegetal como o prolongamento da fase vegetativa (ILAHY et al., 2013).

CONCLUSÕES

O uso de telas de sombreamento influenciou o crescimento e produtividade de beterraba, recomendando-se o uso de telas com 35% ou 50% de sombreamento, devido ao aumento de produtividade e redução do tempo de colheita.

No entanto novos estudos devem ser realizados para se obtenha maiores informações quanto a esta técnica de cultivo no norte de Mato Grosso.

AGRADECIMENTOS

A Fapemat pelo auxílio financeiro ao projeto de pesquisa (Processo: 224121/2015) e aos integrantes do Grupo de Pesquisa Ambiente e Planta.

REFERÊNCIAS

ILAHY, R., R'HIM, T., TLILI, I. AND JEBARI, H. Effect of different dhading levels on growth and yield parameters of a Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.) Cultivar 'Beldi' Grown in Tunisia. **Global Science Books**, v. 7, n. 1, p.32-35, 2013.

MEENA, R. **Effect of shading intensity manipulated through different shade net colours and fertilizer levels on beetroot (*Beta vulgaris* L.)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth. 2014.

ROCHA, A. F. et al. Variações microclimáticas de áreas urbanas em biomas no Estado de Mato Grosso: Cuiabá e Sinop. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v.4, p.246-257, 2015.

SEABRA JÚNIOR, S. et al., Cultivo de alface em Cáceres MT: perspectivas e desafios. **Revista Conexão**, Ponta Grossa, v.8, n.1 2012.

SILVA, A. C. et al. Crescimento de figueira sob diferentes condições de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.4, p.539-551, 2011.

SOUZA, A. P. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, p. 34-43, 2013.

SWAGATIKA SRICHANDAN; PANDA, S. C.; SAHU, G. S.; MAHAPATRA, P.; MISHRA, R. C. Effect of shade net on growth and yield of cauliflower. **Orissa Journal of Horticulture**, v. 34, n. 1, p. 28-31, 2006.

TIVELLI, S. W., et al. Beterraba: do plantio à comercialização. Campinas: Instituto Agrônômico, **Boletim Técnico IAC**, **210**, 2011, 45p.

VIEIRA E. L. et al. Principais fatores que afetam o professo fotossintético. In: **Manual de Fisiologia Vegetal**. São Luis: Edufma, p.111 – 116, 2010.

ESTIMATIVAS DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM ÁREA DE *Eucalyptus urograndis* (CLONE H13)

Mariana Pizzatto¹, Daiane Cristina de Lima², Daniela Roberta Borella³,
Marlus Sabino³, Thaise Karla Ribeiro Dias²

¹Técnica de Laboratório Agrícola, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, e-mail: marianapizzatto23@gmail.com; ²PPG em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Sinop, Mato Grosso, daiac.lima_@hotmail.com, thaiserdias@yahoo.com.br; ³PPG em Física Ambiental, UFMT, Cuiabá, Mato Grosso, drborella@gmail.com; marlussabino@gmail.com

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar as estimativas da temperatura e umidade relativa do ar em área de *Eucalyptus urograndis* (Clone H13) com base nas medidas em gramado. Obteve-se ambas variáveis de duas estações meteorológicas portáteis, uma instalada no gramado e a outra na área de *E. urograndis*. Os dados sazonais em medidas horárias e diárias foram separados. Realizou-se análise de correlação entre as variáveis meteorológicas de ambas as áreas, gerando modelos com melhor ajuste que foram avaliados pelos indicativos estatísticos. O modelo apresentou bom ajuste para o outono, inverno e primavera (R^2 superior a 0,90), para o verão não obteve-se bom ajuste, devido ao período chuvoso que interferiu na amplitude térmica da área de *E. urograndis*.

PALAVRAS-CHAVE: sazonalidade, indicativos estatísticos, estações meteorológicas automáticas.

ESTIMATIVES OF TEMPERATURE AND AIR RELATIVE HUMIDITY IN AN *Eucalyptus urograndis* (CLONE H13)

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the estimates of temperature and relative humidity in the area of *Eucalyptus urograndis* (Clone H13) based on lawn measures. Both variables were obtained from two portable meteorological stations, one installed on the lawn and the other in the *E. urograndis* area. Seasonal data were separated into hourly and daily measurements. A correlation analysis was performed between the meteorological variables of both areas, the model with the best fit was generated and validated by the statistical indicatives. The model presented good adjustment for autumn, winter and spring (R^2 higher than 0,90), except for summer, due to the rainy season that interfered with the thermal amplitude of the *E. urograndis* area.

KEY-WORDS: seasonality, statistical indicative, automatic meteorological stations.

INTRODUÇÃO

O monitoramento das variáveis microclimáticas é importante para o planejamento e execução de safras de diversas culturas. A temperatura e umidade relativa do ar influenciam na produção agrícola e florestal, no potencial de produtividade, época de semeadura, irrigação, zoneamento de risco climático, crédito e seguro agrícola (FILHO et al., 2008) e na decomposição da serapilheira (VIERA; SCHUMACHER, 2010).

Devido a limitação de estações meteorológicas para a caracterização do microclima local, é imprescindível o desenvolvimento de modelos matemáticos de estimativas, obtidos a partir de análises de regressão linear (SOUZA; ESCOBEDO, 2013) da temperatura e umidade relativa do ar (MELLO et al., 2013), que podem potencializar as aplicações supracitadas.

Diante à dificuldade de monitoramento diário das variáveis climáticas, propõe-se com este estudo avaliar as correlações de estimativas da temperatura e umidade relativa do ar em uma área de *Eucalyptus urograndis* (Clone H13) com base nas medidas em gramado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Santo Antônio, da Empresa BRF S.A., no município de Sorriso-MT (12°32'43 "S" e 55°42'41 "W") de setembro de 2015 a novembro de 2016 (Figura 1). Segundo Köppen, o clima da região é do tipo Aw (quente e úmido) com duas estações predominantes, chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro) (SOUZA et al., 2013).

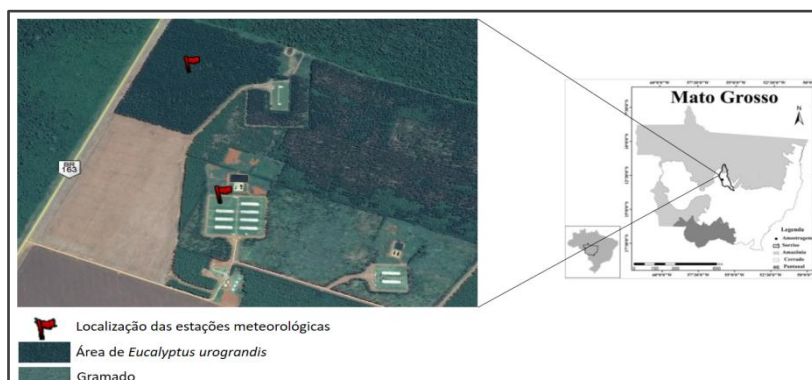


Figura 1. Mapa de localização da área experimental, com as estações meteorológicas, no município de Sorriso no estado de Mato Grosso. (Fonte: Google Earth, 2016).

As variáveis meteorológicas medidas foram temperatura e umidade relativa do ar em intervalos de 10 e 30 minutos, obtidas por duas estações meteorológicas portáteis, uma instalada sobre o gramado e a outra no centro do plantio de *E. urograndis* (Clone H13) com 4,5 anos de idade, espaçamento de 3,0 x 3,0 m.

Foram realizados testes de correlação entre as variáveis medidas nas duas áreas, e aplicada a análise de regressão linear para determinar o coeficiente de determinação (R^2) e os coeficientes de ajuste "a" e "b" da equação gerada pelo teste. Encontrado os coeficientes, o modelo foi validado pelos indicativos estatísticos MBE (erro absoluto médio), RMSE (raiz quadrada do erro quadrático médio) e o índice de ajustamento "d" (WILLMOTT, 1981), que caracterizam o desvio padrão da média, o espalhamento e ajustamento (0,0 – 1,0) do modelo, dados pelas Equações 1, 2 e 3:

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)}{N} \quad (1)$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N} \right] \quad (2)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P'_i| + |O'_i|)^2} \quad (3)$$

em que: P_i é o valor estimado; O_i é o valor medido; N é o número de observações; $|P'_i|$ é o valor absoluto da diferença $P_i - O_i$; $|O'_i|$ é o valor absoluto da diferença $O_i - O_i$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As correlações sazonais de temperatura (Figura 2) e umidade relativa do ar horária e diária (Tabela 1) foram crescentes. O coeficiente de determinação (R^2) para ambas as variáveis meteorológicas no outono, inverno e primavera foram superiores a 0,91, indicando que o modelo apresentou boa estimativa, exceto para o verão que obteve R^2 baixo.

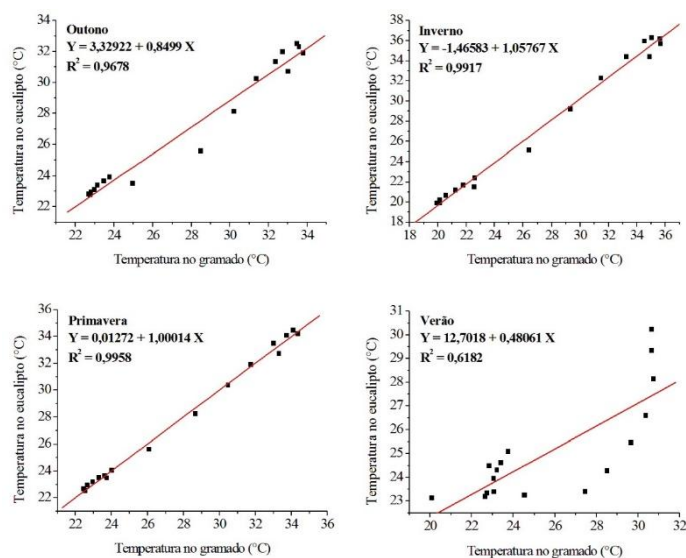


Figura 2. Correlações sazonais para estimativa de temperatura do ar horária da regressão linear entre medidas do gramado e da área de *E. urograndis* (clone H13).

O comportamento observado no verão é justificado pela alta disponibilidade de água consequente do período chuvoso da região (SOUZA et al., 2013), no gramado ocorre altas variações da amplitude térmica diurna e noturna devido a presença de ventos que dissipam o calor, radiação e o vapor d'água. Já na área de *E. urograndis* o efeito é contrário, pois no período chuvoso há o surgimento de vegetação espontânea e decomposição de serapilheira que em conjunto com a barreira das árvores do plantio seguram o vapor d'água, calor e radiação, diminuindo a amplitude térmica diurna e noturna, resultando no comportamento das variáveis como um atrator (MELLO et al., 2013).

Tabela 1. Coeficientes sazonais de umidade relativa do ar da regressão linear simples ($Y = a + b X$) e coeficiente de determinação (R^2) para estimativas em plantio de *E. urograndis* (clone H13).

Estação	Coeficiente linear (a)	Coeficiente angular (b)	R^2
Horária			
Outono	20,77	0,80	0,95
Inverno	-2,79	1,07	0,99
Primavera	0,74	1,00	0,99
Verão	48,39	0,48	0,58
Diária			
Outono	28,585	0,69	0,87
Inverno	13,293	0,80	0,93
Primavera	6,3849	0,93	0,96

Verão	24,545	0,73	0,54
-------	--------	------	------

Tabela 2. Indicativos estatísticos MBE, RMSE e d da equação da estimativa de temperatura e umidade relativa do ar em plantio de *E. urograndis* (clone H13).

	Estação	MBE	RMSE	d
	Temperatura do ar (°C)			
Horária	Outono	-0,58	0,62	0,95
	Inverno	0,26	0,33	1,00
	Primavera	0,34	0,50	0,99
	Verão	-1,78	2,74	0,04
	Temperatura do ar (°C)			
Diária	Outono	0,13	0,40	0,97
	Inverno	0,17	0,38	0,96
	Primavera	0,08	0,40	0,96
	Verão	0,34	1,39	0,71
	Umidade relativa do ar (%)			
Horária	Outono	-12,03	12,04	0,50
	Inverno	-2,23	2,45	0,90
	Primavera	-2,26	2,81	0,98
	Verão	-7,11	10,99	0,04
	Umidade relativa do ar (%)			
Diária	Outono	0,71	1,27	0,99
	Inverno	0,67	1,90	0,99
	Primavera	0,79	1,98	0,96
	Verão	-1,30	3,98	0,85

De modo geral, o modelo gerado foi preciso para a temperatura e umidade relativa do ar no outono, inverno e primavera, o qual pode ser comprovado pelos valores estimados do coeficiente “d”. Os valores estimados do plantio de *E. urograndis* de ambas as variáveis meteorológicas para as mesmas estações do ano se ajustaram aos valores medidos do gramado, apresentando boa performance do modelo gerado.

CONCLUSÕES

As estimativas de temperatura e umidade relativa do ar no outono, inverno e primavera apresentaram bons ajustes para os valores horários e diários. Para o verão seria necessário período maior de medição destas variáveis, visando gerar modelos que estimem com precisão o microclima da área de *E. urograndis*.

REFERÊNCIAS

FILHO, A. C.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R. Coordenadas geográficas na estimativa das temperaturas máxima e média decendiais do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p. 2448-2456, 2008.

MELLO, G. J. et al. Variabilidade sazonal e interanual da dimensão fractal de séries de temperatura e umidade relativa da Amazônia e Pantanal. **Interciência**, Rio de Janeiro, v. 38, n.11, p.769-776, 2013.

SOUZA, A. P.; ESCOBEDO, J. F. Estimativas das radiações direta e difusa em superfícies inclinadas com base na razão de insolação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.3, p.492-502, 2013.

SOUZA, A. P. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Nativa*: **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1 p. 34-43, 2013.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 85-94, 2010.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, n.2, p.184-194, 1981. <http://www.dca.iag.usp.br/www/material/ritaynoue/aca-0433/2010/estatistica_modelos/Willmott_1981.pdf> 14 Nov. 2012.

BIOCARVÃO E SEU EFEITO NA DISTRIBUIÇÃO DA BIOMASSA DE MOSTARDA CULTIVADA EM SOLO CONTAMINADO COM COBRE

Raquel Santos de Andrade¹, Maria Isidoria Silva Gonzaga², José Ilmar Tínel de Carvalho Júnior³, Amanda Nascimento de Jesus¹, Jady Araújo¹

¹ Estudantes de Engenharia agrônômica, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, rqlandradesantos@hotmail.com; amandaagroufs@gmail.com, jadyaraujo97@outlook.com. ² Professora do departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, mariaisilva@gmail.com. ³ Mestrando do programa de pós graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, jrtinel@gmail.com

RESUMO: O uso de biocarvão no solo melhora a eficiência na utilização dos recursos hídricos e promove o crescimento de plantas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento da parte aérea e das raízes de plantas de mostarda indiana (*Brassica juncea* L.) cultivadas em solo contaminado com cobre e tratado com diferentes tipos e doses de biocarvão. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, com temperatura diária de aproximadamente 30°C, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3, sendo três tipos de biocarvão (casca de coco seco (BCC), bagaço de laranja (BBL) e lodo de esgoto (BLE)) e três doses de biocarvão (0, 30 e 60 t ha⁻¹), com quatro repetições. As plantas foram cultivadas por 8 semanas. Foi avaliado a massa seca da parte aérea e das raízes, após secagem em estufa a 60 °C. A adição de biocarvão aumentou significativamente a produção de massa seca da parte aérea das plantas, porém os resultados variaram de acordo com o tipo e a dose aplicada. Na dose de 30 t ha⁻¹, o melhor tratamento foi o BBL, que aumentou em 67% a massa seca da parte aérea. Já a para a dose de 60 t ha⁻¹, o melhor biocarvão foi o de lodo de esgoto. Os biocarvões promoveram redução significativa da massa seca do sistema radicular, com exceção do BLE.

PALAVRAS-CHAVE: *Brassica juncea* L., carbono pirogênico, recuperação ambiental

BIOCHAR AND ITS EFFECT ON THE DISTRIBUTION OF MUSTARD BIOMASS CULTIVATED IN A COPPER CONTAMINATED SOIL

ABSTRACT: The use of biochar in the soil improves water resource efficiency and promote plant growth. The aim of the study was to evaluate different types and rates of application of biochar on the shoot and root dry mass of Indian mustard (*Brassica juncea* L) cultivated in a Cu contaminated soil. The experiment was carried out under greenhouse condition, in a completely randomized design and a 3 x 3 factorial scheme, using 3 types of biochar (coconut shell (BCC), orange bagasse (BBL) and sewage sludge (LE)) and 3 rates of application ((0, 30 and 60 t ha⁻¹), with 4 replicates. The plants were allowed to grow for 60 days, and after harvesting, they were oven dried at 60 °C for the determination of shoot and root dry weight. Addition of biochar significantly increased shoot dry mass, however, results were depended on the type and rate of application. At 30 t ha⁻¹, the best treatment was BBL, which increased in 67% the shoot dry weight. Yet, at 60 t ha⁻¹, the best biochar was the BLE. Biochar significantly decreased root dry weight of the plants, except for BLE.

KEY-WORDS: *Brassica juncea* L., pyrogenic carbon, environmental restoration

INTRODUÇÃO

A degradação dos solos é um problema global e ameaça a sustentabilidade ambiental e a produtividade agrícola. A adoção de práticas de manejo como a aplicação de resíduos orgânicos contribui para reverter os processos de degradação do solo, melhora a eficiência na utilização dos recursos hídricos além representar uma alternativa para o descarte inadequado de resíduos sólidos. O biocarvão é um produto rico em carbono que pode ser produzido a partir da pirólise, processo de decomposição térmica da biomassa ou de qualquer outro resíduo orgânico, sob baixa atmosfera de oxigênio, gerando um produto cuja finalidade é o uso como condicionador e fixador de carbono no solo (Lehmann et al., 2003). O uso do biocarvão pode ser uma alternativa para o aumento da produção de biomassa em solos arenosos e em áreas degradadas e contaminadas, por melhorar a capacidade de retenção de água e nutrientes (Cunha et al., 2009), além de contribuir para o sequestro de carbono e para a mitigação das mudanças climáticas.

Park et al. (2011) observaram redução da disponibilidade de metais pesados no solo contaminado e aumento significativo da biomassa da mostarda indiana (*Brassica juncea* L.) após aplicação de biocarvão de esterco de galinha. Petter et al. (2012) observaram que o biocarvão de madeira adicionado ao substrato comercial Germinar® melhorou o desempenho agrônômico de mudas de alface com aumento da altura da planta, número de folhas verdadeiras, massa fresca e seca das raízes. Milla et al. (2013) observaram que houve aumento na biomassa, tamanho de raiz, largura das folhas e tamanho das hastes de plantas de espinafre após aplicação de biocarvão de casca de arroz.

O uso de biocarvão em solos poluídos ou contaminados, como auxiliar no processo de recuperação, tem sido pouco investigado no Brasil, mas há um grande potencial uma vez que existe grande oferta de resíduos orgânicos. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento da parte aérea e das raízes de plantas de mostarda indiana (*Brassica juncea* L.) cultivadas em solo contaminado com cobre e tratado com diferentes tipos e doses de biocarvão.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, com temperatura diária de aproximadamente 30°C e umidade mantida através de sistema de irrigação em parede de argila. O delineamento foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3, sendo três tipos de biocarvão (casca de coco seco (BCC), bagaço de laranja (BBL) e lodo de esgoto (BLE)) e três doses de biocarvão (0, 30 e 60 t ha⁻¹), com quatro repetições. O solo utilizado no experimento possui 100 mg kg⁻¹ de cobre e foi coletado na camada de 0-20 cm no perfil de um Argissolo Amarelo, localizado no campo experimental da Universidade Federal de Sergipe, em São Cristóvão. O biocarvão foi produzido utilizando um reator artesanal. Após uma semana de equilíbrio do solo com biocarvão, em umidade equivalente a 70% da capacidade de campo, uma muda de mostarda indiana foi transferida para cada vaso, constituindo uma unidade experimental. As plantas foram cultivadas por 8 semanas. Após a colheita, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes, lavadas, secas em estufa e pesadas, para determinação da massa seca. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificação dos efeitos relevantes, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P < 0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença de biocarvão aumentou significativamente a produção de massa seca da parte aérea das plantas (MSPA), porém os resultados variaram de acordo com o tipo e dose aplicada (Figura 1). O BCC aumentou a MSPA em aproximadamente 37%, independente da dose aplicada. A maior dose de BBL não influenciou a MSPA, mas quando aplicado na dose de 30 t ha⁻¹, houve aumento de 67%. Já o BLE aumentou em 38% e 87% a MSPA com o aumento da dose aplicada. Portanto, para uma dose 30 t ha⁻¹, o melhor tratamento foi o BBL. Porém, quando a taxa de aplicação foi de 60 t ha⁻¹, o melhor biocarvão foi o de lodo de esgoto. O aumento da massa seca da planta em resposta à aplicação de biocarvão também foi observado por outros autores (MILLA et al., 2013; PETTER et al., 2012), confirmando os benefícios do biocarvão na produtividade das culturas.

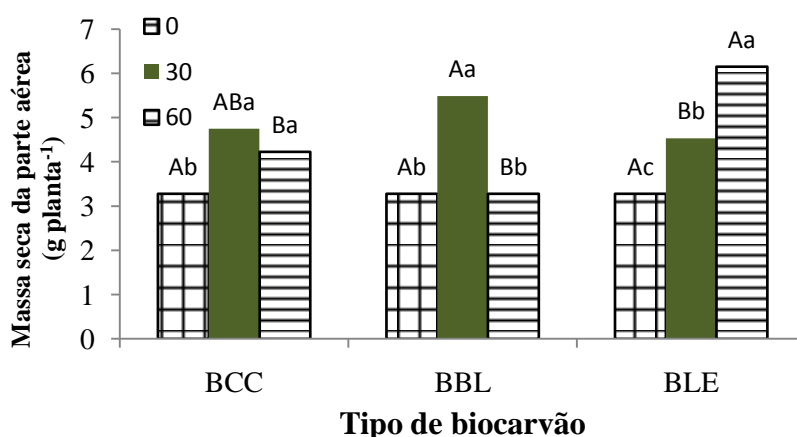


Figura 1. Massa seca da parte aérea da mostarda indiana cultivada em solo contaminado com cobre e tratado com biocarvão. Letras maiúsculas comparam diferentes biocarvões na mesma dose. Letras minúsculas comparam o efeito da dose no mesmo biocarvão.

Ao contrário do que aconteceu com a parte aérea, os biocarvões reduziram a massa seca do sistema radicular (MSR) (Figura 2), com exceção do BLE. O BCC reduziu em 40% a MSR, independente da dose. O BBL reduziu em 47% e 68% a MSR, nas doses de 30 t ha⁻¹ e 60 t ha⁻¹, respectivamente. Já o BLE não influenciou a MSR e apresentou o melhor desempenho entre os biocarvões.

A mostarda indiana é amplamente conhecida pela sua elevada tolerância a metais pesados (Zhao et al., 2009; Bhuiyan et al., 2011), o que foi constatado no presente estudo através do desenvolvimento satisfatório das plantas. Contudo, o seu crescimento pode ser potencializado em solo tratado com biocarvão, uma estratégia interessante para a recuperação de áreas contaminadas através de fitoremediação, onde a produção de parte aérea das plantas tem papel fundamental.

A distribuição da biomassa entre parte aérea e raiz foi também influenciada pelo biocarvão. Tanto o BCC quanto o BBL aumentaram em mais de duas vezes a relação MSPA:MSR. Para o BLE, esse aumento foi observado apenas na maior dose de aplicação. Apesar das variações nessa relação MSPA:MSR estarem frequentemente relacionadas a nutrientes como N e P no solo (Andrews et al., 1999), fatores como teores de carbono, disponibilidade de água, luz e temperatura também exercem influência e estão relacionados ao mecanismo de adaptação das plantas às condições adversas. No entanto, a influência desses biocarvões no processo de partição da biomassa da mostarda ainda precisa ser investigada.

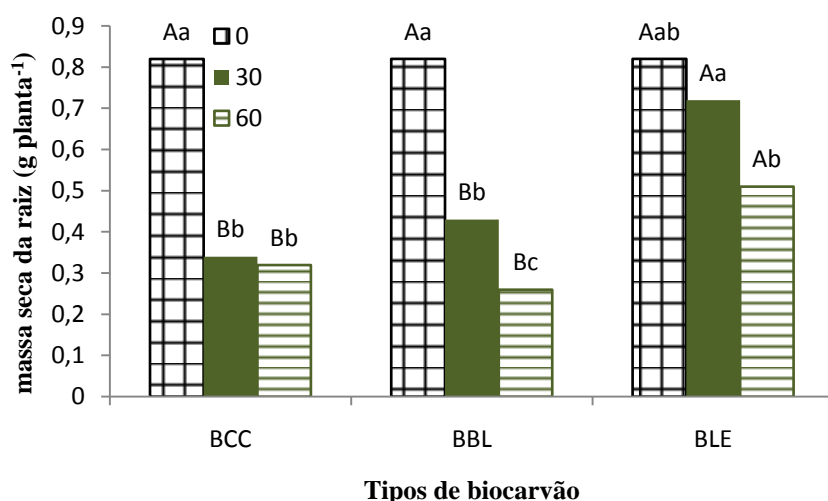


Figura 2. Massa seca da raiz da mostarda indiana cultivada em solo contaminado com cobre e tratado com biocarvão. Letras maiúsculas comparam diferentes biocarvões na mesma dose. Letras minúsculas comparam o efeito da dose no mesmo biocarvão.

CONCLUSÕES

1. O biocarvão aumentou a massa seca de parte aérea e reduziu a massa seca de raízes das plantas de mostarda indiana, o que resultou em maior eficiência na alocação de recursos energéticos, comprovada pela avaliação da relação MSPA/MSR.
2. O BLE promoveu os melhores resultados na produção de massa seca da planta.

REFERÊNCIAS

- BHUIYAN et al. Overexpression of *atam3* in *brassica juncea* confers enhanced heavy metal tolerance and accumulation. *Plant Cell Tissue Organ. Cult.* v.107, p. 69–77. 2011.
- CUNHA, T. J. F. et al. As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas. 1º ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 2009.p. 263-284.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- LEHMANN, J. et al. (Eds.). *Amazonian dark earths: origin, properties, management.* The Netherlands: Kluwer Academic. p. 3-14, 2003.
- MILLA, O. et al. Agronomic properties and characterization of rice husk and wood biochars and their effect on the growth of water spinach in a field test. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13: p.251-266, 2013.

PARK, J.H. et al. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant Soil*, v.348, p.439-451, 2011.

PETTER, F. A et al. Biochar como condicionador de substrato para a produção de mudas de alface. *Revista Agrarian*, 5: p.243-250, 2012.

ZHAO, F. J. et al. Arsenic uptake and metabolism in plants. *New Phytologist*, 181, p.777-794, 2009.

NÍVEIS E TEMPO DE ESTRESSE HÍDRICO PARA A MANGUEIRA UBÁ NA CHAPADA DIAMANTINA, BA

Fabio Tayrone Oliveira de Freitas¹, Nelson fonseca², Eugênio Ferreira Coelho², Rosiane Silva Vieira³, Fabiano Oliveira de Paula⁴

¹ Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, oibaf.freitas@hotmail.com; ² Pesquisadores da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, nelson.fonseca@embrapa.br e eugenio.coelho@embrapa.br; ³ Engenheira Agrônoma, mestre em Microbiologia Agrícola, UFRB, Bioenergia Orgânicos, Lençóis, BA, anesvieira@yahoo.com.br; ⁴ Tecnólogo em Agroecologia, UFRB, Bioenergia Orgânicos, Fabiano.oliveira15@hotmail.com.

RESUMO: O presente estudo avaliou o efeito de diferentes níveis de água no solo associados ao tempo de estresse hídrico sobre o florescimento e a produção da mangueira Ubá na Chapada Diamantina, Bahia. O trabalho foi realizado em área pertencente à Empresa Bioenergia Orgânicos Ltda, em plantas de cinco anos de idade e constou-se de cinco tratamentos (níveis diferentes de água da irrigação): N1- 0 % da lâmina de água por 120 dias, N2 - 0 % da lâmina de água por 60 dias, N3- 50 % da lâmina de água por 120 dias (1 h de irrigação de 30 L/dia), N4- 50 % da lâmina de água por 60 dias (1 h de irrigação de 30 L/dia) e N5 - 100 % da lâmina de água (2 h de irrigação de 60 L/dia). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída de quatro plantas. Foram analisadas as variáveis percentual de florescimento, número de frutos e a produção, que foram submetidos à análise de variância e as médias submetidas aos testes de médias (teste Tukey em nível de 5 % de probabilidade). Os resultados indicaram que o nível de água de 50 % por 120 dias obteve maior florescimento, número de frutos e produção para a cultivar Ubá na Região da Chapada Diamantina, Bahia.

PALAVRAS-CHAVE: Florescimento, *Mangifera indica*, indução floral, níveis de irrigação.

LEVELS AND TIME OF WATER STRESS FOR MANGO CV UBA IN CHAPADA DIAMANTINA, BA

ABSTRACT: The present study evaluated the effect of different levels of water in the soil associated with time of drought stress on the flowering and production of mango Ubá in Chapada Diamantina, Bahia. The study was conducted in an area belonging to the Company Organic Bioenergy Ltd, in plants from five years of age and consisted of five treatments (different levels of irrigation water): N1- 0 % of the blade of water for 120 days, N2- 0 % of the blade of water per 60 days, N3- 50 % of the blade of water for 120 days (1 h of irrigation of 30L/day), N4- 50% of the water depth for 60 days (1 h of irrigation of 30 L/day) and N5- 100 % of the blade of water (2 h of irrigation of 60 L/day). The experimental design was a randomized complete block design with five treatments and four replications. Each experimental plot was constituted of four plants. The following variables were analyzed the percentage of flowering, number of fruits and the production, which were submitted to analysis of variance and means submitted to the tests of means (Tukey test at 5 % level of probability). The results indicated that the water level of 50 % for 120 days most flowering, fruit number and yield to the growing Ubá in the Chapada Diamantina region, Bahia.

KEY-WORDS: Flowering, *Mangifera indica*, flowering induction, irrigation levels.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o sétimo maior produtor mundial de manga (*Mangifera indica* L.), com cerca de um milhão de toneladas em 2015, em uma área cultivada de 64,3 mil ha e produtividade média de 15,2 t/ha. A região Nordeste contribuiu com 67 % da produção nacional com destaque para o Estado da Bahia, que respondeu por 28,63 % (IBGE, 2015). Quase toda essa produção se baseia na variedade Tommy Atkins, porém para processamento a mais utilizada é a variedade Ubá, que é muito utilizada na elaboração de polpa (BENEVIDES et al., 2008), sendo preferida pelas indústrias produtoras de suco devido à coloração atrativa da polpa (amarelo alaranjado), altos valores de sólidos solúveis e excelente sabor (OLIVEIRA et al, 2013). A indução floral é a prática mais importante da cultura da mangueira e está ligada diretamente com a produção da planta. Ela sofre influência das outras práticas culturais, que devem ser realizadas adequadamente para facilitar a indução ao florescimento. A baixa temperatura é um fator muito importante no florescimento da mangueira (COUTINHO et al., 2016). No entanto, a deficiência hídrica, moderadamente aplicada durante o desenvolvimento do ramo, tem o potencial de induzir o florescimento sob altas temperaturas. Sendo assim, este aspecto é o principal fator a ser usado no manejo de cultivo orgânico da mangueira para a indução floral. Com o intuito de observar o efeito do estresse hídrico sobre o comportamento das plantas, o estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de água no solo associados ao tempo de estresse hídrico sobre o florescimento e a produção da mangueira Ubá na Chapada Diamantina, Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de abril de 2016 janeiro de 2017, na Fazenda Ceral pertencente a Empresa Bioenergia Orgânicos Ltda, em Lençóis, Chapada Diamantina, BA, a 12°36'29.4'' de latitude Sul, 41°21'14.6'' de longitude Oeste e altitude de 437 m. As plantas foram da variedade Ubá com cinco anos de idade, enxertadas no porta-enxerto 'Espada'. O espaçamento entre plantas foi de 8m x 8m, constituindo-se 156 plantas/ha. O experimento foi iniciado em 20/05/2016 com a aplicação dos diferentes níveis de déficit hídrico e o retorno da irrigação dos últimos tratamentos foram 20/09/2016 na época do florescimento. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída de quatro plantas. Os tratamentos foram constituídos por cinco níveis diferentes de água da irrigação associados ao tempo de permanência do estresse hídrico no solo: N1- 0 % da lâmina de água programada por 120 dias, N2- 0 % da lâmina de água programada por 60 dias, N3- 50 % da lâmina de água programada por 120 dias (1 h de irrigação de 30 L/dia), N4- 50 % da lâmina de água programada por 60 dias (1 h de irrigação de 30L/dia) e N5- 100 % da lâmina de água programada (2 h de irrigação de 60 L/ dia). Foram analisadas as variáveis percentual de florescimento, número de frutos e a produção. O florescimento foi computado a partir de observações visuais, sendo feitas as notações sobre o percentual de florescimento (0 a 100 %) em cada lado da planta (Norte, Sul, Leste e Oeste), o qual se obteve uma média que foi o percentual de florescimento na data de avaliação. O percentual de florescimento, número e produção de frutos por planta foram submetidos à análise de variância e as médias submetidas aos testes de médias (Teste Tukey a nível de 5 % de probabilidade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A percentagem de florescimento variou de 17,59 % no tratamento com 100 % de água na irrigação a 45,25 % no tratamento com 50 % de água por 120 dias, sendo esta a maior percentagem de florescimento entre todos os tratamentos (Tabela 1). Comparando os dois tratamentos anteriores, houve uma percentagem a mais de 27,66 %, ou seja, 157 % a mais para o tratamento com 50 % de água por 120 dias em relação ao maior nível de água ou irrigação plena da planta.

Tabela 1. Percentagem de florescimento da mangueira Ubá nos diferentes níveis de água de irrigação. 2016, Lençóis, Bahia.

Tratamentos (% lâmina programada)	Florescimento* (%)
T5 – 100 % de água	17,59 a
T4 – 50 % de água por 60 dias	29,23 ab
T2 – 0 % de água por 60 dias	32,59 ab
T1 – 0 % de água por 120 dias	35,01 ab
T3 – 50 % de água por 120 dias	45,25 b
CV	75,26
Média (%)	31,93

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O número de frutos por planta variou de 156,68 unidades por planta no tratamento com 100 % de água na irrigação a 437 no tratamento com 50 % de água por 120 dias, sendo este o que obteve a maior quantidade de frutos por planta entre todos os tratamentos (Tabela 2). O tratamento de irrigação plena durante o período foi o que apresentou menor número de frutos como consequência da floração. Comparando os dois tratamentos citados, houve uma quantidade de 281 frutos a mais por planta, ou seja, 180 % a mais para o tratamento com 50 % de água por 120 dias em relação ao maior nível de água ou irrigação plena da planta. Outra observação é que houve uma variação entre os tratamentos T4, T2 e T1 para percentagem de florescimento e os tratamentos T1, T4 e T2, respectivamente para número de frutos, porém não estatisticamente significativa.

Tabela 2. Número de frutos por planta da mangueira Ubá nos diferentes níveis de água de irrigação. 2016, Lençóis, Bahia.

Tratamentos (% lâmina programada)	Número de frutos* (unidades/planta)
T5 – 100 % de água	156,68 a
T1 – 0 % de água por 120 dias	278,93 ab
T4 – 50 % de água por 60 dias	317,43 ab
T2 – 0 % de água por 60 dias	350,75 ab
T3 – 50 % de água por 120 dias	437,62 b
CV	76,42
Média	308,28

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

O peso de frutos por planta variou de 15,62 kg no tratamento com 100 % de água na irrigação a 43,06 kg no tratamento com 50% de água por 120 dias, sendo este o mais produtivo entre todos os tratamentos (Tabela 3). Exceto pela diferença de peso médio por planta citada, os demais tratamentos T1, T4 e T2 não diferiram entre si. De certa forma o déficit hídrico aplicado na planta é importante e tem influência sobre o florescimento e produção da mangueira. Comparando os dois tratamentos: T5 e T3, houve uma produção a mais de 27,44 kg por planta, ou seja, 175 % a mais para o tratamento com 50 % de água por 120 dias em relação ao maior nível de água ou irrigação plena da planta. Estudos realizados por Fonseca (2002), em mangueiras da variedade Tommy Atkins, indicaram que o percentual de florescimento, número de frutos e produção da planta aumentaram conforme a redução do nível de água ou aumento do déficit hídrico. A produção aumentou em 171 % no tratamento sem irrigação em relação à aplicação total da planta.

Tabela 3. Peso de frutos por planta da mangueira Ubá nos diferentes níveis de água de irrigação. 2016, Lençóis, Bahia.

Tratamentos	Peso (kg/planta)*
T5 – 100 % de água	15,62 a
T1 – 0 % de água por 120 dias	27,63 ab
T4 – 50 % de água por 60 dias	30,75 ab
T2 – 0 % de água por 60 dias	34,64 ab
T3 – 50 % de água por 120 dias	43,06 b
CV	74,36
Média	30,35

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os resultados confirmaram que o estresse hídrico aplicado ao solo por longo período de tempo induz a interrupção no crescimento vegetativo da mangueira Ubá e com isso a diferenciação floral, o que já era esperado, entretanto, mesmo com os baixos índices de floração, o que é respaldado por OLIVEIRA (2015), verificou-se que a manga Ubá responde positivamente a estresses prolongados para floração e consequentemente produção.

CONCLUSÃO

O nível de água de 50 % por 120 dias obteve maior florescimento, quantidade de frutos e produção para a cultivar Ubá na Região da Chapada Diamantina, Bahia.

REFERÊNCIAS

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 571-578. 2008.

COUTINHO, G.; COSTA, I. J. S.; PIO, L. A. S. Indução floral em mangueiras (*Mangifera indica* L.). **Boletim Técnico**, n. 40, p. 1-22, UFLA, Lavras/MG, 2016.

IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam>>. Acesso em: 27 set. 2016.

FONSECA, N. **Paclbutrazol e estresse hídrico no florescimento e produção da mangueira (*Mangifera indica* L.) ‘Tommy Atkins’**. 2002. 134f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG. 2002.

OLIVEIRA, G. P. **Indução floral da mangueira ‘Ubá na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2015. 65f. Tese (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6758/texto%20completo.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 maio 2017.

OLIVEIRA, G. P.; SIQUEIRA, D. L.; SILVA, D. F. P.; MATIAS, R. G. P.; SALOMÃO, L. C. C. S. Caracterização de acessos de mangueira ‘Ubá’ na Zona da Mata Mineira. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p.962-969, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/2013nahead/a15513cr2012-0358.pdf>> Doi: 10.1590/S0103-84782011000100011

IRRIGAÇÃO COM DÉFICIT APLICADA A MANGUEIRA UBÁ

Fabio Tayrone Oliveira de Freitas¹, Eugênio Ferreira Coelho², Valeria Tebinka dos Santos³, Fabiano Oliveira de Paula⁴, Rosiane Silva Vieira⁵

¹ Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, oibaf.freitas@hotmail.com; ² Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, eugenio.coelho@embrapa.br; ³ Engenheira Agrônoma - UNESP, Bioenergia Orgânicos, Lençóis, BA, ⁴ Tecnólogo em Agroecologia, UFRB, Bioenergia Orgânicos, fabiano.oliveira15@hotmail.com; ⁵ Engenheira Agrônoma, Mestre em Microbiologia Agrícola, UFRB, Bioenergia Orgânicos, Lençóis, BA, anesvieira@yahoo.com.br.

RESUMO: O manejo de água pelo secamento parcial das raízes também chamado de irrigação lateralmente alternada é uma alternativa para a agricultura irrigada para o uso eficiente da água de irrigação. É um método que vem sendo avaliado para fruteiras tal como a mangueira, sendo que há carência de conhecimento do método para a cultivar Ubá. Esse trabalho objetiva avaliar esse método de manejo de água de irrigação, de forma a definir a frequência de alternância do lado da fileira irrigada nas condições da Chapada Diamantina. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos: T1, T2 e T3 correspondentes a redução da lâmina de irrigação calculada de 50%, com alternância de lado irrigado de 7, 14 e 21 dias, respectivamente; no tratamento T4 apenas um lado da fileira de plantas foi irrigado, com 50% de redução da água de irrigação e no tratamento T5 a irrigação não sofreu redução (irrigação plena). Os resultados mostraram que a frequência de alternância de lado irrigado de até 14 dias torna viável o uso do método de secamento parcial das raízes nas condições da Chapada Diamantina.

PALAVRAS-CHAVE: Estratégia de irrigação, *Mangifera*, Secamento parcial das raízes

PRODUCTIVITY OF UBA HOSE UNDER PARTIAL DRYING OF ROOT SYSTEM

ABSTRACT: The water management by using partial root drying also called alternate lateral irrigation is one alternative to irrigated agriculture for efficient use of irrigation water. It is a method that has been evaluated for fruits like mango, but not for Ubá cultivar. This work aims to evaluate this irrigation water management method in order to define the necessary frequency for changing row plant irrigated side under Chapada Diamantina. The experimental design followed a randomized blocks with five treatments and four replications where treatments T1, T2 e T3 corresponded to reduction of 50% of irrigation water with frequencies of changing irrigated side of 7, 14 and 21 days, respectively. Only one side of plant row was irrigated by 50% of calculated irrigation water depth for treatment T4 and T5 did not have reduction of water (full irrigation). Results showed that the frequency of changing irrigated side up to 14 days makes feasible the use of the partial root drying uba mango under conditions of Chapada Diamantina.

KEY-WORDS: Irrigation Strategy, *Mangifera*, Partial Rootzone Drying

INTRODUÇÃO

A manga é cultivada em todos os estados do nordeste do Brasil, principalmente, em áreas irrigadas do semiárido (SANTOS et al., 2014). No entanto, na maioria dessas áreas irrigadas a demanda por água excede a sua disponibilidade, existindo uma necessidade da busca por estratégias de manejo da irrigação em relação ao uso racional da água. Uma das alternativas para aumentar a eficiência do uso da água, consiste na redução da evapotranspiração ou transpiração, para as quais várias metodologias vem sendo utilizadas e estudadas, como a do déficit hídrico regulado em diferentes fases de crescimento vegetativo e técnica do secamento parcial do sistema radicular. O secamento parcial da raiz é uma técnica de manejo de água de irrigação que consiste em irrigar durante um intervalo de tempo apenas um lado do sistema radicular da fileira de planta, enquanto o outro é submetido ao secamento do solo. A teoria defendida é que o secamento do solo de um lado induz as raízes a produzirem ácido abscísico, que se transloca pelo eixo vascular até às folhas, provocando a redução da abertura estomática e, conseqüentemente, resultando numa menor perda de água para atmosfera (DAVIES e ZHANG,1991). Esse método de manejo de água vem sendo estudado no Brasil com resultados positivos, em particular para a cultura da mangueira principalmente em condições semiáridas (SANTOS et al., 2014; SANTOS et al., 2015). Uma cultivar que ainda não foi estudada é a mangueira ‘Ubá’. O objetivo foi avaliar a influência do déficit hídrico associado à técnica de secamento parcial do sistema radicular na produção da mangueira cultivar Ubá, nas condições da Chapada Diamantina, Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Ceral Marimbus, da Empresa Bioenergia Orgânicos (latitude 12°60’76’’ S, longitude 41°35’19’’ W, altitude de 394 m), situada no município de Lençóis - BA, na Chapada Diamantina. O clima local é tropical semi-úmido. O experimento foi instalado com a cultivar de mangueira ‘Ubá’ no espaçamento 8 x 8 m, no quarto ano após o plantio. As plantas foram irrigadas por meio do sistema de irrigação por gotejamento, com duas linhas laterais por fileira de plantas, com seis gotejadores por planta, sendo três em cada linha lateral, com vazão de 4 L h⁻¹.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram baseados na aplicação da lâmina de irrigação (LIC) estimada pela evapotranspiração da cultura para irrigação localizada (ET_c), que foi calculada por meio de medidas de evapotranspiração de referência (ET_o), a partir de dados da estação meteorológica da própria fazenda, pelo coeficiente de cultura (K_c), fator de localização (K_r) de acordo com Keller & Bliesner (1990) e eficiência do sistema, assumido como 0,85. Assim, $ET_c = ET_o \times K_c \times K_r$, sendo ET_c - Evapotranspiração da cultura para irrigação localizada; ET_o - Evapotranspiração de referência; K_c - Coeficiente da cultura; K_r - Fator de localização ($0,10(PAS)^{0,5}$), sendo PAS - Porcentagem de área sombreada; $LIC = (ET_c - P)/0,85$, sendo P a precipitação (mm)

Os lados da fileira de plantas irrigados foram alternados a cada 7, 14 e 21 dias da floração até o período de colheita dos frutos. Assim, os tratamentos foram: T1 – redução de 50 % da lâmina aplicada, com alternância de lado irrigado de 7 dias; T2 - redução de 50 % da lâmina aplicada, com alternância de lado irrigado de 14 dias; T3 - redução de 50 % da lâmina aplicada, com alternância de lado irrigado de 21 dias; T4 - redução de 50 % da lâmina aplicada com apenas um lado da fileira de plantas irrigado continuamente e T5 – irrigação plena, isto é, dos dois lados da fileira de plantas.

Durante a floração plena, ocorrida em novembro de 2015, foram selecionadas duas plantas por tratamento, com base na floração visual observada, de forma a se ter uma uniformidade de floração nas parcelas a serem estudadas. Nessas plantas, avaliou-se a percentagem de florescimento pela contagem de ramos com flores em relação ao número de ramos totais da copa. Tendo em vista, o baixo índice de floração ocorrido na área, utilizou-se uma estrutura, tipo moldura de um quadro de madeira de 1 m x 1 m, para auxiliar no momento das avaliações na região onde ocorria floração em todo interior do quadrado. Essa área da copa foi usada para contagem de panículas e colheita de frutos. O monitoramento da umidade e tensão de água do solo foi realizado por meio da técnica de reflectometria de domínio no tempo (TDR) utilizando sondas de 10 cm de comprimento, e tensímetros de resistência elétrica calibradas para o solo da área e por medidores de tensão de água do solo (Watermark) calibrados internamente na faixa de leituras de 10 a 200 kPa, instalados a 0,15 m entre a planta e o gotejador, em uma profundidade 0,25 m. As avaliações constaram das leituras de umidade e tensão de água do solo no período da floração a colheita, e avaliação do número de frutos e massa de frutos por m² de copa. Os dados foram submetidos a análise de variância e as variáveis dependentes sob efeitos significativos dos tratamentos foram submetidas ao teste de Skott-Knot .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância da floração não mostrou influência dos tratamentos, provavelmente devido ao coeficiente de variação que foi de 34,83 %, com valores de percentagem de floração entre 61,5 e 70,2 % (Tabela 1), indicando uma baixa percentagem de floração que foi observado em toda área da Fazenda onde houve floração. Essa baixa floração se deveu a não indução química da mesma e a chuvas descontínuas, mas que contribuíram para maior crescimento vegetativo. De acordo com Oliveira (2015), o florescimento da mangueira ‘Ubá’ ocorre de maneira irregular em todas regiões produtoras. O número de panículas variou de 49 % a 70 % (Tabela 1) e não foi influenciado pelos tratamentos.

Tabela 1. Médias de percentagem de floração das plantas e do número de panículas por m² de copa dos tratamentos avaliados.

Tratamentos	% de floração	Número de panículas
1 - redução de 50%, 7 dias	69,72	51,50
2 - redução de 50% - 14 dias	70,27	68,25
3 - redução de 50% - 21 dias	68,47	69,25
4 - redução de 50%	63,47	70,00
5 - Irrigação plena	61,52	49,50

A análise de variância para número e massa de frutos mostrou que os tratamentos: irrigação plena, a redução de 50 % da LIC com frequências de alternâncias dos lados da fileira de planta irrigados de 7 e 14 dias compuseram um grupo de médias sem diferença entre elas. Por sua vez, esse grupo diferiu do grupo de médias dos tratamentos relativos a redução de 50 % da LIC, com frequência de alternância do lado da fileira irrigado de 21 dias e sem alternância de lado irrigado que não diferiram entre si (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação de médias de massa de frutos por m² de copa dos tratamentos pelo teste de Scott-Knott ao nível de 10 % de probabilidade.

Tratamentos	Número de frutos por m ² de copa	Massa de frutos (kg) por m ² de copa
Red. 50% LIC sem alternância lado irrigado	25,5 b	1,72 b
Red. 50% LIC frequência alternância 21 dias	27,6 b	2,55 b
Red. 50% LIC frequência alternância 7 dias	46,6 a	4,11 a
Red. 50% LIC frequência alternância 14 dias	51,8 a	4,77 a
Irrigação plena	52,5 a	5,10 a
CV (%)	41,71	49,06

Os resultados de produtividade por m² de copa são coerentes com as tensões médias observadas no solo, isto é, a menor (2,6 kPa) e a maior (75 kPa) corresponderam aos tratamentos de irrigação plena e de irrigação em apenas um lado da fileira de plantas com aplicação de 50 % da LIC. O tratamento com frequência de alternância de 21 dias não foi coerente com os resultados de produção, uma vez que a tensão média foi inferior à do tratamento com frequência de 7 dias.

CONCLUSÕES

O secamento parcial do sistema radicular da mangueira cultivar Ubá permite uma redução de 50 % da lâmina de irrigação aplicada com frequência de alternância de lado irrigado de até 14 dias nas condições da chapada Diamantina, região de Lençóis.

REFERÊNCIAS

DAVIES, W.J.; ZHANG, J.H. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v. 42, p. 55- 70, 1991. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.pp.42.060191.000415>.

Doi: 10.1146/annurev.arplant.50.1.641 em: 10 agosto 2014.

KELLER, J., BLIESNER, R.D. *Sprinkle and trickle irrigation*. New York: Avibook, 1990. 649 p.

LEMOS, L. M. C. Controle do amadurecimento e de antracnose na pós-colheita da manga ‘Ubá’. 2014. 133p. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

OLIVEIRA, G.P.; SIQUEIRA, D.L.; SILVA, D.F.P.; MATIAS, R.G.P.; SALOMÃO, L.C.C.S. Caracterização de acessos de mangueira ‘Ubá’ na Zona da Mata Mineira. *Ciência Rural*, v. 43, n. 6, p. 962-969, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/2013nahead/a15513cr2012-0358.pdf>>

Doi:10.1590/S0103-84782011000100011

OLIVEIRA, G.P. Indução floral da mangueira ‘ubá’ na zona da mata de Minas Gerais. Viçosa, MG, 2015, 81f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2015.

SANTOS, M.R.; MARTINEZ, M.A.; DONATO, S.L.R.; COELHO, E.F. Fruit yield and root system distribution of 'Tommy Atkins' mango under different irrigation regime. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.18 n.4,p.362-369, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014000400002. Doi:10.1590/S11415-43662001000100001

SANTOS, M.R.; NEVES, B. R.; SILVA, B. L.; DONATO, S. L. R. Yield, Water Use Efficiency and Physiological Characteristic of “Tommy Atkins” Mango under Partial Rootzone Drying Irrigation System. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 7, p. 1029-1037, 2015. Disponível em: <http://file.scrip.org/pdf/JWARP20165091116030089.pdf> ,Doi: 10.4236/jwarp.2016.83034.

SILVA, D. F. P.; SALOMÃO, L.C. C.; CECON, P. R.; SIQUEIRA, D. L.; ROCHA, A. Anticipation of 'ubá' mango ripening with preharvest ethephon application. *Ciência Rural*, v. 41, n. 1, p. 63-69, 2011. Disponível em: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/58036457/anticipation-ub-mango-ripening-preharvest-ethephon-application>. Doi: 10.1590/S0103-84782011000100011

APLICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS E FÚLVICOS NA CULTURA DA VIDEIRA SOB CONDIÇÕES IRRIGADAS

Rogério Pereira dos Santos¹, Paulo Augusto da Costa Pinto², William Ralf Santos Costa³, Arthur de Carvalho Gomes⁴

¹Estudante de graduação em Eng. Agrônoma, Depto. de Tecnologia e Ciência Sociais, UNEB, Juazeiro, Bahia, rogerio-p-s@hotmail.com; ²Eng. Agrônomo, Professor Pleno, Depto. de Tecnologia e Ciência Sociais, UNEB, Juazeiro, Bahia, papinto@hotmail.com; ³Estudante de graduação em Eng. Agrônoma, Depto. de Tecnologia e Ciência Sociais, UNEB, Juazeiro, Bahia, ralfw20@gmail.com; ⁴Estudante de graduação em Eng. Agrônoma, Depto. de Tecnologia e Ciência Sociais, UNEB, Juazeiro, Bahia, artart6@hotmail.com

RESUMO: Muitos estudos têm mostrado uma relação entre os elevados teores de matéria orgânica nos solos e altas produções dos vinhedos. Neste contexto, propôs-se verificar a eficiência agrônoma de ácidos húmicos e fúlvicos comerciais na cultura da videira, cv. Itália, sob condições irrigadas no Submédio São Francisco. O experimento foi realizado na Fazenda Boa Esperança em Petrolina-PE, em pomar de uva cv. Itália com dez anos de idade. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos e 3 repetições. Foram empregados nesta safra os seguintes tratamentos: 1) T1 (testemunha) – 0 L ha⁻¹ de ácidos húmicos e fúlvicos da Leonardita); 2) T2 – 20 L ha⁻¹; 3) T3 – 40 L ha⁻¹; e, 4) T4 – 60 L ha⁻¹ de ácidos húmicos e fúlvicos da Leonardita. Após a colheita os frutos foram analisados quanto aos teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT); e SST/ATT. A análise estatística dos dados foi feita empregando-se o programa Statistical Analysis System, SAS. A produtividade aumentou com o aumento das doses de ácidos húmicos. O peso médio de cachos aumentou de 310 g (T1) para 360 g (T3). Não se constatou diferença significativa entre os valores de SST e de ATT na polpa dos frutos das plantas tratadas com ácidos húmicos e nas testemunhas. Com base nos resultados deste experimento pode-se concluir que os ácidos húmicos da Leonardita demonstraram eficiência agrônoma nas doses empregadas (40 e 60 L ha⁻¹) em comparação com a testemunha.

PALAVRAS-CHAVE: leonardita, produtividade, *Vitis vinifera*.

APPLICATION OF HUMIC AND FULVIC ACIDS IN VINE CULTURE UNDER IRRIGATED CONDITIONS

ABSTRACT: Many studies have shown a relationship between high levels of organic matter in soils and high yields of vineyards. In this context, it was proposed to verify the agronomic efficiency of commercial humic and fulvic acids in grapevine, cv. Italy, under irrigated conditions in Submediterranean São Francisco. The experiment was carried out at Fazenda Boa Esperança in Petrolina-PE, in a cv. Italy at the age of ten. The experimental design was in randomized blocks with four treatments and three replicates. The following treatments were used in this harvest: 1) T1 (control) - 0 L ha⁻¹ of humic and fulvic acids of Leonardite); 2) T2 - 20 L ha⁻¹; 3) T3 - 40 L ha⁻¹; And, 4) T4 - 60 L ha⁻¹ of humic and fulvic acids of Leonardite. After harvest the fruits were analyzed for total soluble solids (TSS), titratable total acidity (TFA); And SST / ATT. The statistical analysis of the data was done using the program Statistical Analysis System, SAS. Productivity increased with increasing doses of humic acids. The average weight of bunches increased from 310 g (T1) to 360 g (T3). There was no significant difference between the values of TSS and ATT in the pulp of the fruits of plants treated with

humic acids and in the controls. Based on the results of this experiment, it can be concluded that leonardite humic acids showed agronomic efficiency at the doses used (40 and 60 L ha⁻¹) in comparison with the control.

KEY-WORDS: leonardite, productivity, *Vitis vinifera*.

INTRODUÇÃO

As substâncias húmicas têm demonstrado efeitos positivos sobre a germinação de sementes, desenvolvimento e crescimento radicular e biomassa total de plantas (CHEN; MAGEN, CLAPP, 2001), cor do solo, estrutura, capacidade de retenção de água, intercâmbio iônico, poder tampão, complexação e quelação, além de ação fito hormonal, aumento do conteúdo de clorofila da planta, prevenindo cloroses.

Toda variedade de substâncias orgânicas do solo pode ser sistematizada em dois grupos fundamentais: as matérias orgânicas de natureza individual e as substâncias húmicas propriamente ditas (PÉREZ; GUERRERO, 2002). O primeiro grupo está formado por restos orgânicos, e representa os produtos de sua decomposição ou os produtos de atividade vital (metabolismo e resíntese) da população viva (proteínas e aminoácidos, hidratos de carbono simples e compostos orgânicos de distinta natureza, ceras, resina, lignina). Em suma os compostos orgânicos de natureza individual constituem nos solos minerais aproximadamente 10-15% da reserva total de matéria orgânica. O segundo grupo constitui a porção principal da parte orgânica do solo, 85-95% da reserva total de húmus. As substâncias húmicas constituem o complexo de compostos orgânicos de cor marrom, pardo e amarelo, que se extrai do solo por soluções de álcalis, sais neutros e dissolventes orgânicos (KONONOVA, 1966).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de verificar num segundo ciclo de produção a eficiência agrônômica de ácidos húmicos e fúlvicos comerciais na cultura da videira, cv. Itália, sob condições irrigadas no Submédio São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Boa Esperança em Petrolina-PE, em pomar de uva cv. Itália com dez anos de idade, implantado no espaçamento de 3,5 x 2,5 m, irrigado por gotejo. O solo da área experimental é um Neossolo Quartzarênico.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos e 3 repetições. Foram empregados nesta safra os seguintes tratamentos: 1) T1 (testemunha) – 0 L ha⁻¹ de ácidos húmicos e fúlvicos da Leonardita); 2) T2 – 20 L ha⁻¹; 3) T3 – 40 L ha⁻¹; e, 4) T4 – 60 L ha⁻¹ de ácidos húmicos e fúlvicos da Leonardita. Cada parcela conteve 24 plantas, em 3 fileiras, com área útil de 6 plantas, entre as plantas da fileira central. A Leonardita apresenta extrato húmico total e ácido húmicos, 21% p/p, ácidos húmicos 14% p/p, ácidos fúlvicos 7% p/p, densidade 1,2 g/cm³, pH 12,5: NATURVITAL PLUS produzido pela DAYMSA.

As aplicações do produto foram feitas em soluções diluídas nos locais onde os gotejadores molham a área, (25% das doses) logo após a poda, (25% das doses) na 1^a fase de crescimento das bagas, e mais duas doses de 25% próximos ao início da 2^a fase de crescimento das bagas. Utilizou-se um pulverizador costal manual de marca Guarany, com capacidade para 16 litros, munido de medidor de alíquotas, o qual foi regulado para liberações de 50 mL por movimento completo da alavanca.

Foram analisados nos pecíolos das folhas os teores de macro e micronutrientes por ocasião do florescimento, em pecíolos de folhas maduras adjacentes ao 1^o cacho, da

base para a ponta do ramos, constando-se: N, 15,9; P, 7,0; K, 10,5; Ca, 21,2 e Mg 8,0 g kg⁻¹, B, 43,5; Cu, 13,6; Fe, 47,6; Mn, 77,2; Zn, 40,3 e Na, 100,00 mg kg⁻¹. A pós a colheita os frutos foram analisados quanto aos teores de sólidos solúveis totais (SST) (com refratômetro ou brixômetro de campo), acidez total titulável (ATT), expressa em miligramas de ácido tartárico por 100 g de polpa, conforme INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985); e SST/ATT.

A análise estatística dos dados foi feita empregando-se o programa Statistical Analysis System, SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são mostrados os resultados obtidos na colheita de frutos. O número de cachos colhidos, embora tenha aumentado nas parcelas tratadas com ácidos húmicos, não foi significativo estatisticamente até 10% de probabilidade. A produtividade por área útil em cada parcela experimental aumentou com o aumento das doses de ácidos húmicos, sendo estatisticamente significativo pela análise de regressão ao nível de 7,75% de probabilidade.

O peso médio de cachos (PMC) aumentou de 310 g (T1) para 360 g (T3), que pode ser atribuído a uma maior absorção de nutrientes pelas plantas tratadas do que nas não tratadas. Além disso, tem-se atribuídos aos ácidos húmicos a melhoria do desenvolvimento e crescimento radicular, biomassa total de plantas (CHEN; MAGEN, CLAPP, 2001), cor do solo, estrutura, capacidade de retenção de água intercâmbio iônico, poder tampão, complexação e quelação, além da ação fito hormonal, aumento da concentração de clorofila na planta, prevenindo cloroses.

Com os dados médios de produtividade das parcelas constantes (Tabela 1), calculou-se a produtividade por hectare encontrando-se resultados constantes da Figura 1. Entre T1 e T4 a diferença de produtividade é da ordem de 8,44 t ha⁻¹ de frutos, o que pode ser considerado como altamente expressivo economicamente (Figura 1). No ano anterior, a diferença entre a testemunha (T1) e o tratamento T4 foi da ordem de 3,81 t ha⁻¹.

Tabela 1. Médias de número de cachos (N° de Cachos), produtividade (Prod.), peso de cachos (PMC), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), SST/ATT de frutos e diâmetro de baga de uva Itália no Submédio São Francisco.

TRAT	N° de Cachos	Prod.	PMC	SST	ATT	SST/ATT	Diâmetro de baga		
							Unid.	kg	kg
		kg	kg				18-20 mm	21-22 mm	> 22 mm
T1	445,67 ^a	136,12 ^b	0,31 ^a	16,37 ^a	0,78 ^a	20,99 ^a	1,21 ^a	43,34 ^a	32,18 ^a
T2	463,00 ^a	149,84 ^b	0,32 ^a	16,50 ^a	0,77 ^a	21,43 ^a	1,04 ^a	52,06 ^a	30,87 ^a
T3	479,00 ^a	173,83 ^a	0,36 ^a	15,80 ^a	0,77 ^a	20,52 ^a	0,51 ^a	54,92 ^a	32,26 ^a
T4	512,67 ^a	180,46 ^a	0,35 ^a	16,37 ^a	0,77 ^a	21,26 ^a	0,82 ^a	41,89 ^a	48,84 ^a

As médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 7,75% de probabilidade pelo teste de Tukey. *Expressa em miligramas de ácido tartárico por 100 g de polpa.



Figura 1. Produtividade de uva ($t\ ha^{-1}$) em função a dose de ácido húmico (Naturvital Plus - Daymsa) aplicada de uva Itália no Submédio São Francisco.

Os SST se constituem num índice importante para indicar o ponto de colheita. Além de atender às exigências de sabor do fruto por parte dos consumidores. Sendo a videira uma cultura de frutos não climatéricos, é de fundamental importância que a colheita ocorra no momento certo com os frutos apresentados a qualidade desejada. Não se constatou diferença significativa entre os valores de SST e de ATT na polpa dos frutos das plantas tratadas com ácidos húmicos e na das plantas testemunhas.

Os tratamentos empregados não afetaram significativamente os valores médios de diâmetro de bagas nas três classes consideradas. A maior concentração de diâmetro médio de baga ocorreu entre 21 e 22 mm (Figura 1).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados deste experimento pode-se concluir que os ácidos húmicos da leonardita na forma de NATURVITAL PLUS (DAYMSA) demonstraram eficiência agrônômica nas doses empregadas (40 e $60\ L\ ha^{-1}$) em comparação com a testemunha (sem ácidos húmicos), na medida em que aumentaram significativamente a produtividade da videira.

REFERÊNCIAS

CHEN, Y.; MAGEN, H.; CLAPP, C. E. The effect of humic substances on plant growth and their impact on organic agriculture. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 2001, Viçosa. **Anais...** UFV, Departamento de Solos, 2001, p. 36-37.

IAL - Instituto Adolf Lutz. Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: **Instituto Adolf Lutz**, 2 ed. 1985, 371 p.

KONONOVA, M. M. **Soil organic matter; its nature, its role in soil formation and soil fertility**. Oxford: Pergamon Press, 2 ed. 1966, 544 p.

PEREZ, M. P. R.; GUERRERO, L. Agricultura ecológica. 2002. Disponível em: <<http://www.infoagro.com.br/agriculturaecologica/agricultura14asp>>. Acesso em: 25 de jan. 2015.

IMPACTO DE DIFERENTES AMBIENTES DE SOMBREAMENTO NO CRESCIMENTO DA ALPINIA

Kalline Mendes Ferreira¹, Jamilla Fiama Maia Silva², Dulce Naiara Carvalho Ferreira³,
Cinthia Carolinne de Souza Ferreira⁴, Leidiane da Silva Lima⁵

¹Mestranda em Agronomia: Horticultura Irrigada, UNEB, Juazeiro-BA, kmf.agronomia@gmail.com;

²Mestranda em Agronomia: Horticultura Irrigada, UNEB, Juazeiro-BA, jamillafms@hotmail.com;

³Graduada em Engenharia Agrônômica, UNEB, Juazeiro -BA, dulceagronomia10@gmail.com;

⁴Mestranda em Agronomia: Horticultura Irrigada, UNEB, Juazeiro-BA, cinthiaagro@gmail.com;

⁵Graduada em Engenharia Agrônômica, UNEB, Juazeiro-BA, eng.agro.limaleidiane@gmail.com

RESUMO: A alpínia também conhecida como alpínia vermelha ou gengibre vermelho, é uma planta tropical herbácea da família Zingiberaceae, encontrada em todas as regiões tropicais do mundo. É uma planta ornamental bastante utilizada no paisagismo possuindo durabilidade e aceitação no mercado local, nacional e internacional. Assim sendo e levando-se em consideração a expansão do cultivo de flores tropicais no Nordeste, objetiva-se com esse trabalho avaliar crescimento vegetativo, relacionado ao número de perfilho, comprimento da haste floral e número de inflorescência da *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum. em cultivo experimental no Vale do Submédio São Francisco sob diferentes ambientes de sombreamento, com os tratamentos, pleno sol, tela azul, tela vermelha e tela preta. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, sempre com turnos de rega diários. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e todos os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, por intermédio do programa ASSISTAT Versão 7.7 beta. A tela azul (35-40%) é a mais indicada para o cultivo de alpínia na região do Vale do Submédio São Francisco.

PALAVRAS-CHAVE: *Alpinia purpurata*; telas de sombreamento; perfilho.

IMPACT OF DIFFERENT SHADING ENVIRONMENTS ON THE GROWTH OF ALPINIA

ABSTRACT: The alpine also known as red alpinia or red ginger, is a tropical herbaceous plant of the family Zingiberaceae, found in all the tropical regions of the world. It is an ornamental plant widely used in landscaping, having durability and acceptance in the local, national and international markets. Thus, considering the expansion of tropical flower cultivation in the Northeast, the objective of this work was to evaluate vegetative growth, related to the number of tillers, floral stem length and number of inflorescence of *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum. In experimental cultivation in the Lower São Francisco Valley under different shading environments, with treatments, full sun, blue screen, red screen, and black screen. The irrigation system used was dripping, always with daily irrigation shifts. The experimental design was in randomized blocks, all data were submitted to analysis of variance, and the means were compared by the Tukey test, at 5% probability, through the ASSISTAT Version 7.7 beta program. The blue screen (35-40%) is the most suitable for the cultivation of alpine in the region of the Valley of the Submédio San Francisco.

KEY-WORDS: *Alpínia purpurata*; shading screens; tiller

INTRODUÇÃO

A floricultura é considerada uma atividade econômica de grande relevância no agronegócio internacional e nacional (CANÇADO JÚNIOR; PAIVA; ESTANISLAU, 2005).

A Alpínia (*Alpínia purpurata* (Vieill.) K. Schum.), também conhecida como alpínia vermelha ou gengibre vermelho, é uma planta tropical herbácea da família Zingiberaceae (CASTRO, 1995). É uma planta tropical perene, cuja temperatura ótima para produção está entre 24-30°C, e umidade relativa do ar entre 60 a 80%, de crescimento vigoroso, formando touceiras espessas, desenvolve-se bem em condições de meia sombra, podendo também ser cultivada a pleno sol (LAMAS, 2004).

Um fator fundamental para a produção de flores e o desenvolvimento das plantas é a qualidade, intensidade e duração da radiação solar. O excesso de luminosidade pode ser controlado através do uso de diversos tipos de material, sendo que as telas de sombreamento com especificações diversas têm sido as mais utilizadas na prática, visando à diminuição da intensidade de luz incidente (KÄMPF, 2000). A utilização do sombreamento artificial tem se tornado uma prática comum na produção de mudas, flores e plantas ornamentais objetivando reduzir possíveis danos ao crescimento e estabelecimento das plantas causadas pelo excesso de luz (ENGEL, 1989). Objetivou-se com esse trabalho avaliar o crescimento vegetativo da alpínia em cultivo experimental no Vale do Submédio São Francisco sob diferentes ambientes de sombreamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da Universidade do Estado da Bahia, em Juazeiro-BA (latitude: 9°25'43" S, longitude: 40°32'14" W, altitude: 384 m), no período compreendido entre março e maio de 2016. O clima da região é classificado, segundo Köepen, como tipo Bsw, que corresponde a uma região semiárida quente.

Foram utilizadas três estruturas tipo “sombreiro”, com 10 x 24 m, altura de 3,0 m e cobertas com tela azul (35-40% de sombreamento), vermelha (18-21% de sombreamento) e preta (45-49% de sombreamento). As telas azul e preta eram produzidas em telares Raschel (fita) e a tela vermelha tecida com fios de monofilamento. Em cada um desses ambientes foi cultivada a alpínia, por propagação de rizoma, em solo de textura franco-arenosa, em canteiros, com espaçamento de 2,0 m entre plantas e 3,0 m entre linhas. O transplântio das mudas para a área experimental foi realizado no dia 17 de março de 2016.

Foram avaliadas as seguintes características biométricas: altura de plantas, número de perfilhos e o número de inflorescências. A altura de plantas foi obtida através da medição individual utilizando-se fita métrica graduada em centímetros, medindo-se da ponta da última folha expandida até o ponto de mudança de coloração no colo dos pseudocaulis. O número de perfilhos foi computado considerando-se todos os pseudocaulis presentes na planta. O número de inflorescências foi contabilizada considerando todas as presentes em cada planta. O experimento constou de quatro tratamentos, sendo três ambientes com telas de sombreamento (azul, vermelha e preta) e cultivo a pleno sol.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, cada bloco com cinco repetições e para cada repetição duas plantas, totalizando quarenta plantas por parcela e um total de cento e sessenta plantas. Todos os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, por intermédio do programa ASSISTAT Versão 7.7 beta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento em altura das plantas sob diferentes incidências de radiação foi semelhante até os 30 dias após o transplantio (Tabela 1). Após esse período, verifica-se que as plantas cultivadas sob a tela azul apresentaram as maiores alturas. Aos 90 dias de cultivo, a altura das plantas cultivadas sob pleno sol foi estatisticamente inferior aos demais tratamentos.

Tabela 1. Altura da planta (cm) de *Alpinia purpurata* aos 30, 60 e 90 dias de cultivo sob diferentes incidências de radiação, no Submédio do São Francisco. Juazeiro - BA, 2016.

Tratamentos	Dias após o transplantio		
	30	60	90
	Altura da planta (cm)		
Tela Azul	56,75 a	60,84 a	62,65 a
Pleno Sol	48,88 a	39,13 b	40,95 c
Tela Preta	46,52 a	49,45 ab	50,45 b
Tela Vermelha	47,91 a	48,10 ab	51,80 b
CV%	9,91		

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

De acordo com Taiz e Zeiger (2013) com o sombreamento, ocorre maior proporção de luz vermelho-distante, convertida em vermelho, o que induz as plantas a alocar maior parte de seus recursos para o seu crescimento em altura, o que justifica as plantas submetidas ao pleno sol, apresentarem menores alturas.

Nos primeiros 60 dias do cultivo de *Alpinia purpurata* sob as diferentes telas, não foi observada diferença estatística significativa para a variável número de perfilhos emitidos (Tabela 2). No entanto, aos 90 dias de cultivo, as plantas cultivadas sob a tela azul apresentaram um maior número de perfilhos, quando comparadas com as plantas cultivadas nas demais telas. O menor número de perfilhos foi verificado nas plantas sob a tela vermelha. De acordo com Lamas (2004), as alpínias desenvolvem-se de forma adequada sob um sombreamento de 20 a 45 %. Porém, dependendo da cultivar, essa espécie tropical pode se adaptar ao cultivo ao pleno Sol.

Tabela 2. Número de perfilhos e número de inflorescências de *Alpinia purpurata* aos 30, 60 e 90 dias de cultivo, sob diferentes incidências de radiação no Submédio do São Francisco. Juazeiro - BA, 2016

Tratamentos	Dias após o transplantio					
	30	60	90	30	60	90
	Número de perfilhos			Número de inflorescências		
Tela Azul	3,0 a	10,84 a	17,45 a	0,10 a	0,15 a	0,55 a
Pleno Sol	3,5 a	9,13 a	15,45 b	0,13 a	0,13 a	0,10 b
Tela Preta	3,7 a	9,45 a	13,80 b	0,21 a	0,20 a	0,30 a
Tela Vermelha	3,9 a	9,91 a	9,70 c	0,17 a	0,19 a	0,30 a
CV%	13,46			28,65		

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme Fernandes (2000), o número de perfilhos emitidos durante o cultivo é um indicativo da produção de brotações reprodutivas, as quais potencialmente podem resultar em uma inflorescência comercial. A variação do perfilhamento está associada às características genéticas, podendo ser influenciada por outros fatores como as condições climáticas.

O número de inflorescências por planta é uma variável bastante apreciada, uma vez que a maior produtividade pode representar maior número de produtos comercializáveis. Até 90 dias de cultivo, não foram observadas diferenças significativas no número de inflorescências nas plantas conduzidas sob tela azul, vermelha e preta (Tabela 2). De acordo com Maia (2015), a tela preta 50%, vermelha e azul, proporcionam melhor condição para o crescimento e desenvolvimento das hastes florais de alpínias.

As plantas cultivadas a pleno sol apresentaram menores quantidades de inflorescências. Segundo Song et al. (2012), a intensidade luminosa excessiva no cultivo a pleno sol pode impedir a fotossíntese nas plantas, reduzindo assim, a produtividade das mesmas.

CONCLUSÕES

A utilização das telas, independente de sua porcentagem de sombreamento, influenciou positivamente o desenvolvimento de plantas de *Alpínia purpurata*. A tela azul (35-40% de sombreamento) é a mais indicada para o cultivo de alpínia na região do Vale do Submédio São Francisco.

REFERÊNCIAS

- CANÇADO JÚNIOR, F. L.; PAIVA, B. M.; ESTANISLAU, M. L. L. Perspectivas para exportações de flores e plantas ornamentais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 96- 102, 2005.
- CASTRO, C.E.F. de. Inter-relação das famílias das Zingiberales. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.1, n.1, p.2-11, 1995.
- ENGEL, V. L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia**. 1989. 202f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1989.
- FERNANDES, E. P. **Crescimento e produção de *Heliconia psittacorum* L. em função da adubação mineral e densidade do plantio**. 2000. 90p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2000.
- KAMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 1.ed. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254p.
- LAMAS, A.M. **Floricultura tropical: tecnologia de produção**. Tabatinga: [s.n.], 2004. 65p.
- MAIA, M. O. **Influência espectral de telas de sombreamento na pós-colheita de alpínias**. 2015. 61 p. Dissertação (mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2015.
- SONG,R. et al. Correlation between leafage, shadelevels and characteristic beneficial natural constituent softea (*Camellia sinensis*) grownin Hawaii, **Food Chemistry**, n.133. p 707-714. 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5° ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE CEBOLA POR GOTEJAMENTO

Kalline Mendes Ferreira¹, Vanuza de Souza², Luan David Alcântara Campos³, Kecio Emanuel dos Santos Silva⁴, Welson Lima Simões⁵

¹Mestranda em Agronomia, PPGHI/UNEB, Juazeiro-BA, kmf.agronomia@gmail.com; ²Discente do Curso de Agronomia, DTCS/UNEB, Juazeiro-BA, van.nuzasouza@hotmail.com; ³Mestrando em Agronomia, PPGHI/UNEB, Juazeiro-BA, luan.engagro@gmail.com; ⁴Discente do Curso de Agronomia, UNEB/DTCS, Juazeiro-BA, kecio_emanuel@hotmail.com; ⁵Dr. pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, welson.simoies@embrapa.br.

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação aplicadas via gotejamento na produção de duas cultivares de cebola. O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade do Estado da Bahia, em Juazeiro-BA, no período compreendido entre setembro e dezembro de 2016. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo a parcela constituída de quatro lâminas de irrigação: 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura (ETc) e a subparcela por duas cultivares de cebola (Serena e Fernanda). Foram avaliados o diâmetro de bulbo e a produtividade comercial. A cultivar Fernanda apresentou desempenho superior em relação à Serena na variável produtividade comercial. Com o aumento da lâmina de irrigação, ocorreu o incremento no diâmetro de bulbo e produtividade comercial.

PALAVRAS-CHAVE: *Allium cepa* L., evapotranspiração, manejo da irrigação.

DIFFERENT BLADES OF IRRIGATION IN THE ONION CULTIVATION BY DRIPPING

ABSTRACT: The present work had the objective of evaluating the influence of different irrigation slides applied by drip irrigation on the production of two onion cultivars. The experiment was conducted in the experimental field of the State University of Bahia, in Juazeiro-BA, in the period from September to December 2016. The statistical design was used in randomized blocks, in a subdivided plot scheme, and the plot consisted of four Irrigation slides: 60, 80, 100 and 120% of crop evapotranspiration (ETc) and the subplot by two onion cultivars (Serena and Fernanda). Bulb diameter and commercial productivity were evaluated. The cultivar Fernanda presented superior performance in relation to Serena in the commercial productivity variable. With the increase of the irrigation blade, there was an increase in the diameter of bulb and commercial productivity.

KEY-WORDS: *Allium cepa* L., evapotranspiration, irrigation management

INTRODUÇÃO

A cultura da cebola (*Allium cepa* L.), em volume produzido e renda gerada, é a terceira espécie olerácea mais importante no Brasil (BETONNI, 2011). O Brasil, em 2014 obteve uma produção de 1,6 milhões de toneladas de cebola, alcançando um

rendimento médio de 28,5 t ha⁻¹. A produtividade média obtida no Nordeste foi de 20,7 t ha⁻¹, sendo a Bahia e Pernambuco os maiores produtores com produtividade média de 323,1 e 60,9 mil t, respectivamente (IBGE, 2015).

A cebola, conforme relatam muitos autores é extremamente dependente da disponibilidade da água (VILAS BOAS et al., 2012). Essa dependência se deve, principalmente, às raízes dos bulbos, já que apresentam cerca de 90% de água, com enraizamento superficial e pouco desenvolvido (COSTA; RESENDE, 2007).

Em virtude da preocupação, em nível mundial, com a questão do gerenciamento, conservação e economia dos recursos hídricos, tem-se recomendado, para a grande maioria das culturas, o uso do método de irrigação localizada, por ser mais eficiente na aplicação de água e de fertilizantes (NOGUEIRA; NOGUEIRA; MIRANDA, 1998).

Conforme Villas Boas et al. (2012), estudos referentes à produção de cebola irrigada por gotejamento no Brasil ainda são escassos. Devido a essa carência de informações, é grande a necessidade de desenvolvimento de pesquisas com o intuito de dar suporte ao emprego dessa tecnologia de produção. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação por gotejamento na produção de duas cultivares de cebola.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da Universidade do Estado da Bahia, em Juazeiro-BA, no período compreendido entre setembro e dezembro de 2016. O clima da região é classificado, segundo Köepen, como tipo BswH, que corresponde a uma região semiárida quente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcela subdividida, com três repetições, onde a parcela foi representada por quatro lâminas de irrigação: 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura (ET_c) e a subparcela por duas cultivares de cebola (Serena e Fernanda). O sistema de plantio foi em canteiros de 0,1 m de altura por 1,20 de comprimento por parcela, sendo que cada parcela foi constituída por 144 plantas, considerando como parcela útil 64 plantas centrais em um espaçamento de 0,1 x 0,1 m entre plantas. As mudas de cebola foram produzidas em sementeira e transplantadas para local definitivo após 31 dias da semeadura.

Para determinação da ET foram efetuadas medidas diárias nos evapotranspirômetros. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada com base em dados obtidos na estação meteorológica automática instalada em frente à área experimental e dados de evaporação do tanque Classe A (ECA) - ET_o (TCA), através da relação: ET_o = K_p ECA em que: K_p - é o coeficiente de tanque obtido pela expressão proposta por Snyder (1992). O K_c utilizado foi descrito por Costa e Resende (2007).

A colheita foi realizada aos cento e dez dias após o transplantio e as plantas foram arrancadas manualmente e mantidas ao sol durante dois dias; em seguida, sete dias à sombra, para o período de cura. Posteriormente, foram realizadas as avaliações de diâmetro dos bulbos (mm) e produtividade comercial (t ha⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente, testes de regressão para as lâminas de irrigação. Os testes estatísticos foram realizados com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância dos fatores estudados não houve efeito significativo da interação entre as cultivares e as lâminas irrigação nas características avaliadas. O diâmetro de bulbos foi influenciado de modo isolado pelas lâminas de irrigação, mostrando comportamento linear crescente a com nível de significância de 5% (Figura 1A), indicando haver um acréscimo no diâmetro de bulbos, à medida que se aumentaram as lâminas de água aplicadas.

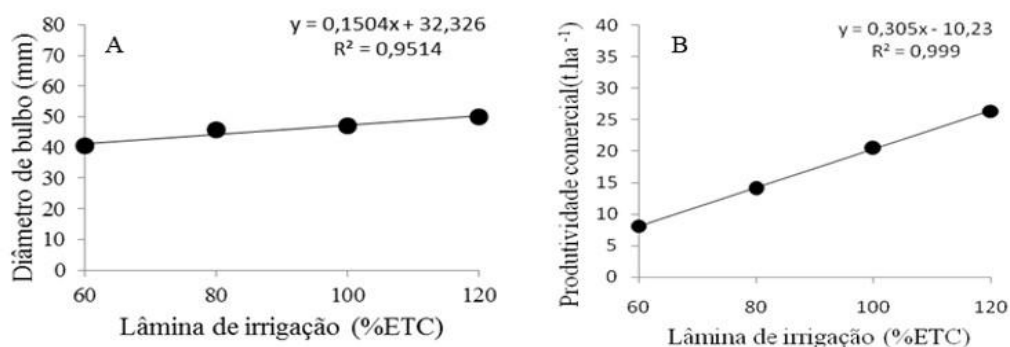


Figura 1. Diâmetro de bulbo (A) e produtividade comercial (B) da cebola, cultivares Fernanda e Serena, em função das lâminas de irrigação, na região do Submédio do São Francisco. Juazeiro/BA.

O valor máximo de diâmetro de bulbos foi obtido na lâmina de 120% da ETC, resultando em uma massa média para esta característica, de 50,10 mm. O menor diâmetro (40,58 mm) foi obtido na lâmina de 60% da ETC. Segundo Menezes Júnior, Gonçalves e Vieira Neto (2014), a baixa disponibilidade de água no solo induz a planta ao fechamento estomático. Quando isso ocorre, tanto a fotossíntese quanto o fluxo de nutrientes do solo para as raízes, seja por fluxo de massa ou difusão, são diminuídos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Portanto, é de se esperar que a ocorrência de déficits hídricos durante o cultivo, notadamente no período de bulbificação, dificulte o desenvolvimento normal das plantas, promova a formação de bulbos menores e, em consequência, reduza significativamente a produtividade (WORDELL FILHO; STADNIK, 2010).

A análise de variância para a característica produtividade comercial apresentou efeito significativo, para os fatores avaliados. Os resultados de produtividade comercial da cebola mostraram resposta linear com relação ao fator lâminas de irrigação, indicando haver um acréscimo na produtividade comercial, à medida que se aumentou a lâmina aplicada. A produtividade comercial variou de 8,15 a 26,39 t ha⁻¹, a maior média de produtividade foi observada na utilização da lâmina de 120% da ETC apresentando produtividade média de 26,4 t ha⁻¹. A menor média foi obtida pela lâmina de 60% da ETC, correspondente a menor lâmina aplicada. Esses resultados corroboram com os obtidos por Souza et al. (2015), que avaliando a influência de diferentes lâminas de irrigação na produção da cebola cultivar Fernanda, nas condições do Submédio do Vale do São Francisco, encontraram uma menor produção comercial na lâmina de 60% da ETC. Patel e Rajput (2009), analisando a produtividade total de três diferentes níveis de irrigação localizada para a cebola observaram que a produção diminuiu com a redução da lâmina de irrigação, resultado semelhante aos encontrados nas condições do presente experimento.

Em relação às cultivares (Figura 2), a Fernanda apresentou a maior média de bulbos comerciais ($19,9 \text{ t ha}^{-1}$), em comparação com a cultivar Serena, que obteve uma média de $14,53 \text{ t ha}^{-1}$, apresentando diferenças estatísticas entre si.

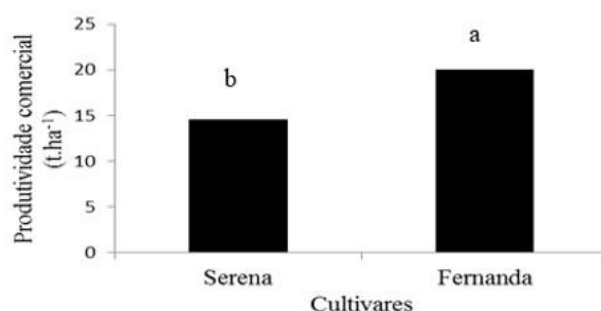


Figura 2. Produtividade comercial da cebola, cultivares Fernanda e Serena, em função das cultivares utilizadas, na região do Submédio do São Francisco. Juazeiro/BA.

Esses resultados foram inferiores aos encontrados por Souza et al. (2015), para a cultivar Fernanda na região de Juazeiro-BA, que foi de $22,8 \text{ t ha}^{-1}$ e por Bandeira et al. (2013), que avaliando o desenvolvimento de cinco cultivares de cebola, no município de Juazeiro-BA, irrigadas por gotejamento, encontraram uma média de $53,42 \text{ t ha}^{-1}$, para a cultivar Serena.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, nas condições em que foi realizado o experimento, pode-se concluir que a cultivar Fernanda apresentou desempenho superior em relação à Serena na variável produtividade comercial. Com o aumento da lâmina de irrigação, ocorreu o incremento no diâmetro de bulbo e produtividade comercial.

REFERÊNCIAS

- BANDEIRA, G. R. L.; DE QUEIROZ, S. O. P.; ARAGÃO, C. A.; COSTAN, D.; SANTOS, C. A. F. Desempenho agrônomo de cultivares. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 73- 84, janeiro-março, 2013.
- BETTONI, M.M. **Desempenho de cultivares de cebola em sistema orgânico na região metropolitana de Curitiba**. 2011. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2011.
- COSTA, N. D.; RESENDE, G. M. Sistemas de Produção. **Cultivo da cebola no Nordeste**. Embrapa Semiárido, n.3, nov. 2007. Versão Eletrônica. <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/162405/1/Cultivodacebola.pdf>> . Acesso em: 07 mai. 2017.
- IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro v.29 n.4 p.1-81. 2015.
- NOGUEIRA, L. C.; NOGUEIRA, L. R. Q.; MIRANDA, F. R. **Irrigação do coqueiro**. In: Ferreira, J. M. S.; Warwick, D. R. N.; Siqueira, L. A. (eds.). A cultura do coqueiro no Brasil. 2.ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA/SPI; Aracaju: EMBRAPA/CPATC, 1998. p.159-187.

PATEL, N.; RAJAPUT, T.B.S. Effect of subsurface drip irrigation on onion yield. **Irrigation Science**, New York, v.27, n.2, p.97-108, Jan.2009.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation Drainage Engineering of ASCE**, v.118, p.977-980, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. 722p.

SOUZA, M. A. et al. Influência de diferentes lâminas de irrigação na produção da cebola cultivar Fernanda. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25, 2015, UFS - São Cristóvão/SE. *Anais...* São Cristóvão: CONIRD, 2015. P. 863-868.

VILAS BOAS, R. C. et al. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.706-713, 2012.

WORDELL FILHO, J.A; STADNIK, M. J. Efeito de fosfitos de potássio e de manganês sobre o míldio da cebola. **Agropecuária Catarinense** 23: 84-87, 2010.

BIOCARVÃO E SUA INFLUÊNCIA NOS TEORES DE COBRE NO SOLO E NA MOSTARDA INDIANA (*Brassica juncea* L.)

Amanda Nascimento de Jesus¹, Maria Isidória Silva Gonzaga², Raquel Santos Andrade³, Jady Araújo⁴, Idamar da Silva Lima

^{1,3,4} Estudante do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (amandaagroufs@gmail.com; rqlandradesantos@hotmail.com; jadyaraujo97@outlook.com); ² Professora do departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (mariaisilva@gmail.com)

RESUMO: A presença de elevadas concentrações de metais pesados no solo prejudica a produção agrícola. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes tipos e doses de biocarvão na disponibilidade de cobre no solo e na absorção de cobre pela mostarda indiana (*Brassica juncea* L.). O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3, sendo três tipos de biocarvão, casca de coco, bagaço de laranja e lodo de esgoto, três doses (0, 30 e 60 t ha⁻¹), com quatro repetições. As plantas foram cultivadas por 60 dias, em seguida foram colhidas para avaliação das concentrações de cobre na parte aérea e na raiz. A disponibilidade de cobre no solo foi avaliada após extração com ácido cítrico. A concentração de cobre na parte aérea foi inferior àquela da raiz, porém bem acima do que é tolerado para a maioria das plantas. O biocarvão de bagaço de laranja reduziu a concentração de cobre na parte aérea, independente da dose aplicada. Porém, a aplicação de 30 t ha⁻¹ de biocarvão de casca de coco ou 60 t ha⁻¹ de biocarvão de lodo de esgoto aumentaram a concentração de cobre nas folhas. Não houve efeito da presença de biocarvão na disponibilidade de cobre no solo, exceto onde o biocarvão de laranja foi aplicado em maior quantidade, resultando em redução do cobre disponível.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos orgânicos, contaminação ambiental, metais pesados.

BIOCHAR AND ITS INFLUENCE ON THE CONCENTRATION OF COPPER IN THE SOIL AND INDIAN MUSTARD (*Brassica juncea* L.).

ABSTRACT: High concentrations of heavy metals in soil reduce crop production. The aim of the study was to evaluate different types and rates of application of biochar on the growth and nutritional status of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) cultivated in a Cu contaminated soil. The experiment was carried out under greenhouse condition, in a completely randomized design and a 3 x 3 factorial scheme, using 3 types of biochar (coconut shell (BCC), orange bagasse (BBL) and sewage sludge (LE)) and 3 rates of application ((0, 30 and 60 t ha⁻¹), with 4 replicates. The plants were allowed to grow for 60 days and harvested for the evaluation of the concentration of copper in shoot and root. The concentration of available copper in soil was also determined after citric acid extraction. Copper concentration in plant shoot was lower than in the roots; however, this value was much higher than those normally found in most plant species. Orange bagasse biochar reduced shoot copper concentration, regardless of the application rate, whereas application of 30 t ha⁻¹ of coconut biochar or 60 t ha⁻¹ of sewage sludge biochar increased shoot copper concentration. Biochar did not influence the availability of copper in the soil, except for the orange biochar, which reduced copper availability.

KEY-WORDS: Organic residues, environmental contamination, heavy metals

INTRODUÇÃO

Atividades antropogênicas relacionadas à mineração e fundição, e à agricultura, como uso de fertilizantes, pesticidas e biosólidos (BASSO et al., 2017) aumentam consideravelmente a presença de metais pesados no solo e reduzem significativamente o crescimento de plantas. A consequência é o aumento das áreas com problemas de degradação e redução na produtividade agrícola. Solos com elevados teores de cobre são encontrados em áreas de agricultura orgânica, devido ao uso da calda bordalesa, utilizada para combate às doenças fúngicas (STEFFEN et al., 2011). Esses solos oferecem risco de contaminação da cadeia alimentar quando são cultivados com hortaliças, por exemplo. Além disso, elevados níveis de cobre disponível causam toxicidade, reduzem o crescimento das plantas e afetam diretamente a renda do produtor rural.

O uso de biocarvão, um subproduto da pirólise de resíduos orgânicos, pode reduzir a disponibilidade de cobre no solo e amenizar os efeitos nocivos nas plantas (PINTO, 2016). Além disso, o biocarvão tem o potencial de melhorar a qualidade do solo, aumentar a retenção de água, o uso eficiente da irrigação e reduzir os processos de degradação ambiental. Áreas tratadas com biocarvão têm menor risco de erosão, pois os solos passam a apresentar estrutura agregada e estável, com maior potencial para a infiltração da água, o que reduz também os problemas de escoamento superficial e contaminação dos recursos hídricos. O uso de biocarvão pode reduzir a disponibilidade de cobre em função da associação do elemento com os grupos funcionais da matéria orgânica, possibilitando melhor desenvolvimento da vegetação (NAKAMURA, 2012).

A mostarda indiana (*Brassica juncea* L) se desenvolve em solos contaminados com metais pesados devido à sua elevada tolerância a esses elementos e à sua considerável produção de biomassa (BHUIYAN et al., 2011). Porém, a presença de biocarvão no solo pode reduzir a absorção de cobre pelas plantas, melhorar o crescimento e aumentar a produtividade. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes tipos e doses de biocarvão na disponibilidade de cobre no solo e na absorção de cobre pela mostarda indiana (*Brassica juncea* L).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi montado em uma casa de vegetação, com temperatura diária de aproximadamente 30°C e ambiente com umidade controlada através da presença de parede de argila irrigada continuamente. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3, sendo três tipos de biocarvão (casca de coco - BCC, bagaço de laranja-BBL e lodo de esgoto-BLE), três doses (0, 30 e 60 t ha⁻¹) e quatro repetições.

O biocarvão foi produzido utilizando um reator artesanal. O solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0-20 cm, no perfil de um Argissolo Amarelo localizado no campo experimental da Universidade Federal de Sergipe, em São Cristóvão. Antes do transplante das mudas de mostarda indiana, o solo (3,5 kg) foi misturado com biocarvão, umedecido à capacidade de campo e incubado por 5 meses.

A adubação foi realizada através da adição de 1 grama de Osmocote (14-14-14) por vaso, aos 20 dias após o plantio. As plantas foram cultivadas por 8 semanas, quando então foram colhidas, lavadas, secas em estufa, pesadas, moídas e digeridas em solução de HNO₃, de acordo com metodologia do USEPA 3050^a, para determinação da concentração de cobre na parte aérea e na raiz. Amostras de solo foram coletadas de cada vaso, secas ao ar e submetidas à determinação da concentração de cobre disponível

após a extração com solução de ácido cítrico 1% (DACERA E BABEL, 2006) e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica de chama.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificação dos efeitos relevantes, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de cobre variaram de 64,1 a 86,5 mg kg⁻¹, na parte aérea, e de 356 a 749 mg kg⁻¹, nas raízes (Tabela 1), confirmando a tendência de maior concentração de metais pesados nas raízes das plantas em relação à parte aérea. Segundo Hopkins (2000), a concentração adequada de cobre nas plantas superiores é de aproximadamente 6,35 mg kg⁻¹ e o nível crítico, que causa toxicidade, está acima de 20 a 30 mg kg⁻¹ (MARSHNER, 2002). Portanto, observa-se que as plantas de mostarda, no presente estudo, apresentaram concentrações bem acima do valor crítico, impondo restrição ao consumo.

Os diferentes tipos e doses de biocarvão provocaram diferenças significativas ($P < 0,05$) na concentração de cobre nas plantas e na disponibilidade de cobre no solo (Tabela 1). Na dose de 30 t ha⁻¹, o BCC aumentou e os biocarvões BBL e BLE reduziram a concentração de cobre na parte aérea (PA), sendo BCC > BBL = BLE. Já na dose de 60 t ha⁻¹, o BLE aumentou, o BBL reduziu e o BCC não influenciou o cobre na PA, sendo BLE > BCC > BBL. As plantas concentraram, em média, aproximadamente 7 vezes mais cobre nas raízes do que na parte aérea. Esperava-se que a concentração de cobre na parte aérea fosse maior, pois a mostarda é considerada uma planta hiperacumuladora (BADR et al, 2012), ou seja, tem alta capacidade de translocação de metais pesados das raízes para a parte aérea.

Tabela 1 Concentração de cobre no solo e nas plantas (parte aérea e raiz) de mostarda Indiana cultivadas em solo contaminado com cobre e tratado com diferentes tipos e doses de biocarvão. São Cristóvão, SE..

Dose aplicada (t ha ⁻¹)	Tipo de biocarvão		
	BCC	BBL	BLE
	Cobre na parte aerea (mg kg ⁻¹)		
0	76.2Ab	76.2Aa	76.2Ab
30	86.4Aa	67.6Bb	64.1Bc
60	77.3Bb	65.3Cb	86.5Aa
	Cobre na raiz (mg kg ⁻¹)		
0	618Aa	618Ab	618Aa
30	437Bb	749Aa	481Bb
60	603Aa	413Bc	356Bc
	Cobre no solo (mg kg ⁻¹)		
0	59.1Aa	59.1Aa	59.1Aab
30	58.5Aa	57.3Aa	64.2Aa
60	58.0Aa	49.9Bb	56.1ABb

Medias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, não são estatisticamente diferentes entre si. Medias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não são diferentes estatisticamente.

Dentre os tratamentos, o BBL, na dose de 30 t ha⁻¹, foi o que proporcionou maior concentração de cobre nas raízes das plantas. Essa alta concentração possivelmente aconteceu devido ao pouco desenvolvimento sistema radicular. Para Ent & Reeves (2015), o acúmulo de metais em diferentes partes das plantas está associado a alterações

celulares, que contribuem para a tolerância ao metal, como ligação desses às substâncias pecticas nas paredes de células do córtex da raiz. A elevada concentração de cobre nas raízes não habilita o uso da mostarda indiana para uso como fitoextratora, porém pode ser útil para a fitoestabilização do contaminante, uma vez que restringe o movimento ou lixiviação através do perfil do solo (SILVA, 2016). Pérez Esteban et al. (2013) avaliaram os efeitos de resíduos orgânicos sobre a estabilização de metais e o potencial de *Brassica juncea* para fitoestabilização de solos, e observaram que o aumento da matéria orgânica pode ser eficaz para a estabilização de metais e para aumentar a fitoestabilização da espécie estudada nos solos.

Não houve efeito significativo da presença de biocarvão na concentração de cobre disponível no solo, exceto para o BBL, na dose de 60 t ha⁻¹, onde observou-se redução da disponibilidade de cobre.

CONCLUSÕES

O efeito do biocarvão na concentração de cobre na parte aérea e nas raízes da mostarda indiana foi dependente da dose aplicada e do tipo de biocarvão.

A mostarda concentrou mais cobre nas raízes do que na parte aérea, porém os níveis de cobre na parte aérea foram acima do limite aceito para consumo.

Apenas o biocarvão de bagaço de laranja reduziu a disponibilidade de cobre no solo.

REFERÊNCIAS

BADR, N.; FAWZY, M.; AL-QAHTANI, K.M. Phytoremediation: **An Ecological Solution to Heavy-Metal-Polluted Soil and Evaluation of Plant Removal Ability.** *World Applied Sciences Journal* v. 16, p.1292-1301. 2012.

BASSO, JULIANA BROGGIO, AND CHANG HUNG KIANG. "**Retardamento e dispersão hidrodinâmica de cobre, potássio e cloreto em solos residuais do subgrupo Itararé no Estado de São Paulo.**" *Águas Subterrâneas* 31.1: 117-133p. 2017

BHUIYAN, M.S.U.; MIN, S.R.; JEONG, W.J.; SULTANA, S.; CHOI, K.S.; LEE, Y.; LIU, J.R. **Overexpression of *atam3* in *brassica juncea* confers enhanced heavy metal tolerance and accumulation.** *Plant Cell Tissue Organ. Cult.* v.107, p. 69–77. 2011.

DACERA, D.M.; BABEL, S. **Use of citric acid for heavy metals extraction from contaminated sewage sludge for land application.** *Water and Science Technology.* v.9, p. 129-135. 2006.

ENT, A. V. D.; REEVES, R. D. **Foliar metal accumulation in plants from copper-rich ultramafic outcrops: case studies from Malaysia and Brazil.** *Plant Soil*, [s.l.], v. 389, n. 1-2, p.401-418,. Springer Science + Business Media. DOI: 10.1007/s11104 015-2385-9., 2015.

FERREIRA, D.F. **Sisvar: a computer statistical analysis system.** *Science and Agrotechnology.* V.35, p.1039-1042. 2011.

HOPKINS, W. G. **Introduction to Plant Physiology**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. , 512p., 2000.

MARSHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Segunda edição. Academic Press., 889 p., 2002.

NAKAMURA, FERNANDA MANCINI. **Bioprospeção de bactérias degradadoras de hidrocarbonetos aromáticos isoladas de biocarvão de Terra Preta de Índio da Amazônia Central**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.,2012.

PÉREZ-ESTEBAN, J. ET AL. **Phytostabilization of metals in mine soils using Brassica juncea in combination with organic amendments**. *Plant Soil*, [s.l.], v. 377, n. 1-2, p.97-109,. Springer Science + Business Media. DOI: 10.1007/s11104-013-1629-9., 2013.

PINTO, F. A. **Fatores de bioconcentração e disponibilidade de bário, cádmio, cobre, níquel e zinco em solos e em culturas de interesse agrônômico**. 132. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2016.

SILVA, TIAGO JOSÉ. **Fitorremediação em escala piloto: proposta para recuperação de solos contaminados com cobre e zinco**. 2016.

STEFFEN, G. P. K. STEFFEN, R. B. ANTONIOLLI, Z. I. **Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos**. *Tecno-Lógica*, 15:15-21, 2011.

CULTIVOS SUCESSIVOS DE MOSTARDA INDIANA EM SOLO CONTAMINADO COM COBRE E TRATADO COM RESÍDUOS SÓLIDOS PIROLISADOS

Amanda Nascimento¹, Danyelle Chaves Figueiredo de Souza², Maria Isidória Silva Gonzaga³, Jady Araújo⁴, Raquel Andrade⁵

¹Mestre em^{1,4,5} Estudante do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (amandaagroufs@gmail.com; rqlandradesantos@hotmail.com;

jadyaraujo97@outlook.com); ² Mestre em Recursos hídricos, Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, (Danyelle.cf@hotmail.com);

³ Professora do departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (mariaisilva@gmail.com).

RESUMO: O uso de resíduos orgânicos pirolisados no manejo de solos contaminados com metais pesados pode estabilizar esses elementos, reduzir o risco de lixiviação e promover o crescimento de plantas. O objetivo do presente estudo foi avaliar, através de cultivos sucessivos, o crescimento de plantas de mostarda indiana em solo contaminado com cobre após tratamento com biocarvão. O estudo foi desenvolvido em condições protegidas, em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e esquema fatorial 3 x 3, sendo 3 tipos de biocarvão (casca de coco seco (BCC), bagaço de laranja (BBL) e lodo de esgoto (BLE) e 3 doses (0 (controle), 30 e 60 t ha⁻¹). As plantas foram cultivadas em 2 cultivos sucessivos, com duração de 60 dias cada. Após a colheita, foram analisadas a massa seca da parte aérea e das raízes, bem como a concentração de cobre absorvido. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. Todos os biocarvões estimularam o crescimento das plantas, principalmente no segundo cultivo, com aumentos médios de 207 -250% (30 t ha⁻¹, onde BLE = BBL > BCC) e 249 - 330% (60 t ha⁻¹, onde BCC > BBL > BLE).

PALAVRAS-CHAVE: Biocarvão; metal pesado; *Brassica juncea*.

SUCCESSIVE CULTIVATION OF INDIAN MUSTARD IN A COPPER CONTAMINATED SOIL TREATED WITH PYROLYSED SOLID WASTE

ABSTRACT: The use of pyrolyzed organic waste in the management of soils contaminated with heavy metals can stabilize these elements, reduce leachate and promote plant growth. The objective of this study was to evaluate, through successive cultivation, the growth of indian mustard plants in a copper contaminated soil treated with biochar. The study was carried out under protected environment using a completely randomized design in a 3 x 3 factorial arrangement, with 3 types of biochar (coconut husk (BCC), orange bagasse (BBL) and sewage sludge (BLE) and 3 doses (0 (control), 30 and 60 t ha⁻¹), with 4 replicates. Plants were grown in 2 cycles of 60 days each. After harvest, plants were evaluated for shoot and root dry weight, as well as Cu concentration. The means were compared using the Tukey test, at 5 % probability level. All biochars stimulated plant growth, mainly in the second crop season, with average increases of 207-250% (30 t ha⁻¹, where BLE = BBL > BCC) and 249 - 330% (60 t ha⁻¹, where BCC > BBL > BLE).

KEY-WORDS: Biochar; Pyrolysis; heavy metal; *Brassica juncea*.

INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional, o descarte inadequado de resíduos orgânicos tem causado inúmeros problemas ambientais em todos os setores da sociedade, desde a contaminação dos recursos hídricos, poluição atmosférica, poluição do solo e contaminação da cadeia alimentar, até a transmissão e proliferação de doenças (KRAEMAER, 2014). De acordo com Madari et al. (2009), o uso desses resíduos após processo pirolítico contribui para a formação de solos férteis, com teor elevado de matéria orgânica estável e ricos em fósforo, cálcio, magnésio, zinco, manganês e carbono. A retenção dos poluentes orgânicos e inorgânicos na superfície do biocarvão pode ser uma estratégia eficiente para auxiliar no processo de remediação de solos contaminados, reduzindo o efeito tóxico e estimulando o crescimento de plantas (PARMAR et al., 2014). O objetivo do presente estudo foi avaliar o potencial do biocarvão no crescimento de plantas de mostarda indiana (*Brassica juncea* L.) cultivadas em dois ciclos sucessivos em um Argissolo Amarelo contaminado com cobre.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com sistema de ventilação, temperatura controlada em torno de 28-30 °C e umidade mantida através de um sistema de parede de argila, e desenvolvido em DIC e em esquema fatorial 3 x 3, sendo três tipos de biocarvão (casca de coco seco (BCC), bagaço de laranja (BBL) e lodo de esgoto (BLE)) e três doses de biocarvão (controle (0), 30 e 60 t ha⁻¹), com quatro repetições. O solo foi coletado na camada de 0,0-0,20 m no perfil de um Argissolo Amarelo, localizado no campo experimental da Universidade Federal de Sergipe, em São Cristóvão-SE. O solo foi seco ao ar, peneirado em malha de 2 mm. Foram adicionados 100 mg kg⁻¹ de Cu, na forma de solução de Sulfato de cobre, ao solo e, após homogeneização, o solo foi umedecido ao equivalente a capacidade de campo e deixado em repouso por 30 dias antes da instalação do experimento, para o equilíbrio se estabelecer. Uma muda de mostarda indiana foi transferida para cada vaso e as plantas foram cultivadas por 60 dias, em dois cultivos sucessivos. As plantas foram coletadas, separadas em parte aérea e raízes, individualmente, lavadas com água corrente e enxaguadas em água destilada, transferidas para sacos de papel, identificadas, secadas em estufa a 60 °C por seis dias e pesadas para determinação da biomassa seca. Após secagem, as plantas foram moídas em moinho tipo Wiley, para analisar as concentrações pseudo-total de Cu nas plantas pelo método EPA 3050, obtida por extração com HNO₃-H₂O₂, e a leitura realizada por espectrometria de Absorção Atômica-AA-700. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas de mostarda indiana, cultivadas por dois cultivos, apresentaram crescimento distinto entre os tempos de cultivo. No primeiro cultivo, o crescimento das plantas foi bastante limitado em todos os tratamentos, com biomassa seca total variando de 1,04 a 3,96 g planta⁻¹. Já no segundo cultivo, as plantas apresentaram melhor crescimento, com biomassa seca total variando de 2,75 a 9,08 g planta⁻¹ (Figura 1). Como o primeiro período de cultivo ocorreu de fevereiro a abril e o segundo nos meses de abril a junho, certamente houve influência da temperatura no desenvolvimento das plantas, pois nem sempre era possível controlar a temperatura interna da casa de

vegetação. Portanto, o reduzido crescimento das plantas no primeiro cultivo pode ser atribuído às elevadas temperaturas do ambiente de crescimento e à infestação de pragas, fatores que reduziram a tolerância das plantas à elevada concentração de cobre no solo.

Observa-se que, independente da dose, a adição de biocarvão melhorou o crescimento das plantas, nos dois cultivos, com exceção do BLE, no primeiro cultivo. Já no segundo cultivo, como não houve problemas, as plantas apresentaram desenvolvimento mais satisfatório e expressaram seu potencial de crescimento. Independente do tipo e da dose aplicada, todos os biocarvões estimularam o crescimento das plantas, com aumentos significativos de 200 a 300% com relação ao controle. Contudo, o BCC promoveu maior produção de biomassa com o aumento da dose aplicada. Dao et al. (2013) aplicaram 80 t ha⁻¹ de biocarvão de casca de coco seco em um solo ferralítico, com elevada acidez, e observaram aumento de três vezes na biomassa da parte aérea de plantas de milho. Lima (2015) cultivou girassol (*Helianthus annuus* L) em Argissolo Amarelo tratado com diferentes doses de biocarvão de casca de coco seco e observou regularidade na germinação das sementes e adequado desenvolvimento das plantas, independente da dose aplicada. De acordo com Yurela (2005), os efeitos negativos do cobre sobre os processos metabólicos das plantas em solos contaminados estão diretamente relacionados à disponibilidade do elemento.

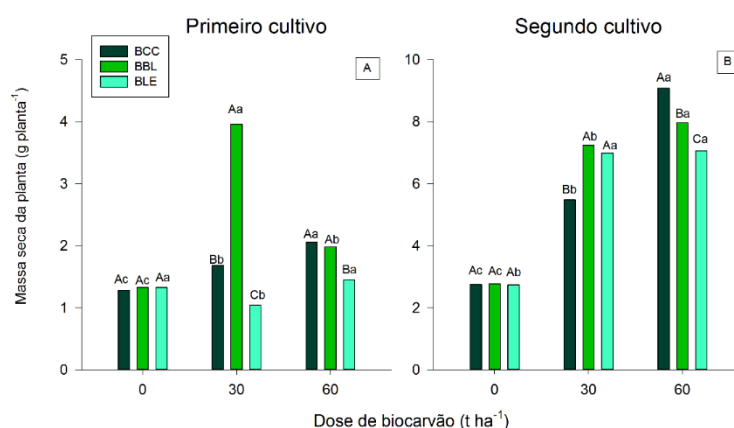


FIGURA 1. BIOMASSA SECA TOTAL DAS PLANTAS DE MOSTARDA INDIANA CULTIVADAS EM SOLO CONTAMINADO COM COBRE E TRATADO COM TRATADO COM (BLE), (BBL) E (BCC) NAS DOSES DE 30 E 60 T HA⁻¹. MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA MAIÚSCULA COMPARAM DIFERENTES BIOCARVÕES DENTRO DA MESMA DOSE DE APLICAÇÃO. MÉDIAS SEGUIDAS PELA MESMA LETRA MINÚSCULA COMPARAM DIFERENTES DOSES DO MESMO BIOCARVÃO.

As concentrações de cobre nas folhas e nas raízes das plantas de mostarda indiana, no primeiro e no segundo cultivo, estão apresentadas na Tabela 1. Houve diferença significativa na concentração de cobre na parte aérea em função tanto do tipo de biocarvão quanto das doses aplicadas, nos dois cultivos com valores que variaram de 47,7 a 94,5 mg kg⁻¹, no primeiro cultivo, e de 42,2 a 87,9 mg kg⁻¹, no segundo cultivo. As concentrações normais de cobre nas plantas superiores, segundo Kabata Pendias-Pendias (2001), estão abaixo de 20 mg kg⁻¹, pois acima desses valores já é possível ocorrer sintomas de toxicidade. Isso demonstra que, no presente estudo, as plantas de mostarda concentraram cobre em níveis tóxicos. Santos e Rodella (2007) obtiveram concentrações de cobre variando de 7,2 a 25,4 mg kg⁻¹ na parte aérea da mostarda indiana cultivada em solo contaminado com cobre.

É interessante notar que a presença dos biocarvões, de uma forma geral, reduziu as concentrações de cobre nas plantas, porém não o suficiente para permitir o consumo. Possivelmente, as quantidades de biocarvão aplicadas bem como o tempo de contato do

biocarvão com o solo contaminado foram fatores decisivos que influenciaram a absorção de cobre pelas plantas.

	Primeiro cultivo			Segundo Cultivo		
	BCC	BBL	BLE	BCC	BBL	BLE
-----Cobre na parte aérea (mg kg ⁻¹)-----						
0	72,61 Aa	72,61 Ab	72,61 Ab	87,92Aa	87,92Aa	87,92Aa
30	78,12 Aa	58,8 Bc	77,62 Ab	87,78Aa	42,24Cb	65,71Bb
60	47,71 Bb	94,51Aa	98,79Aa	56,16Bb	80,72Aa	81,79Aa
-----Cobre nas raízes (mg kg ⁻¹)-----						
0	60,6Ab	60,6Ac	60,6Ab	450,3Aa	450,3Aa	450,3Ab
30	128,35Aa	77,25Bb	74,13Ba	482Ba	286,56Cb	591,05Aa
60	37,96Bc	99,42Aa	35,8Bc	243,2Bb	237,3Bb	456,9Ab

Tabela 1. Concentração de cobre na parte aérea e nas raízes das plantas de mostarda indiana cultivadas em solo contaminado com cobre e tratado com (BLE), (BBL) e (BCC), nas doses de 30 e 60 t ha⁻¹, em dois cultivos sucessivos.

CONCLUSÕES

1. Todos os biocarvões estimularam o crescimento das plantas, porém o biocarvão de casca de coco seco e de bagaço de laranja apresentaram melhor desempenho.
2. A presença de biocarvão no solo estimulou maior absorção de cobre pelas plantas de mostarda, porém a maior eficiência ocorreu nas plantas cultivadas com biocarvão de lodo de esgoto

AGRADECIMENTOS

A CAPES, pelo incentivo financeiro no desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

DAO, T. H., ZHANG, J., & BAO, J. Characterization of inulin hydrolyzing enzyme (s) in commercial glucoamylases and its application in lactic acid production from Jerusalem artichoke tubers (Jat). **Bioresource technology**, v. 148, p. 157-162, 2013.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001.

KRAEMER, M. E. P. A questão ambiental e os resíduos industriais 2014. Disponível em; <http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo_25.Pdf>. Acesso em: 12 dez. 2016.

LIMA, Idamar da Silva. **Parâmetros físico-hídricos, lixiviação de nutrientes e desenvolvimento do girassol (*Helianthus annuus* L) em argissolo amarelo tratado com biocarvão.** 2016. 79 f. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

MADARI, B. E., CUNHA, T. J. F., NOVOTNY, E. H., MILORI, D. M. B. P., MARTIN NETO, L., BENITES, V. D. M., & SANTOS, G. A. **Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo.** p. 172-188, 2009.

PARMAR, A.; NEMA, P. K.; AGARWAL, T. Biochar production from agro-food industry residues: a sustainable approach for soil and environmental management. **Current Science**, v. 107, n. 10, p. 1673-82, 2014.

SANTOS, G. C. G. D., & RODELLA, A. A. Effect of sources of organic matter in the alleviation of the toxic effects of B, Zn, Cu, Mn and Pb to Brassica Juncea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 793-804, 2007.

Yruela, I. (2005). Copper in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 17(1), 145-156.

A INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO AO LONGO DOS DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DO ARROZ IRRIGADO

Felipe Antônio Gräf¹, Bernadete Radin²,

¹Graduando em Geografia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Estagiário na Secretaria da Agricultura do Estado do RS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, felipe.graf@hotmail.com ; ²

²Pesquisadora, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária - SEAPI, Porto Alegre, RS, bernadete-radin@agricultura.rs.gov.br

RESUMO: O rendimento do arroz irrigado está diretamente relacionado com a semeadura no período adequado e a ocorrência de condições meteorológicas favoráveis ao desenvolvimento da cultura. A semeadura tardia e índices inadequados de incidência de radiação solar, de temperatura e de acumulo de precipitação ao longo do ciclo da cultura levam a resultados abaixo do esperado ao final da colheita. De forma a melhor compreender o impacto do acumulado de precipitação no rendimento médio da cultura do arroz (Kg ha^{-1}) foi feita a análise comparativa, entre a produtividade da cultura e o acumulado de precipitação pluvial (mm) ao longo do período de semeadura do arroz, do período de transição da fase vegetativa para a reprodutiva e, por fim, do período enchimento de grãos até a colheita. Observou-se que o acumulado de precipitação, quando em excesso, tem uma forte capacidade de impactar negativamente na produtividade final do arroz, principalmente quando observado no período de semeadura do grão e início do desenvolvimento vegetativo. Acúmulos de precipitação em excesso próximos da colheita do arroz tem uma capacidade menor de diminuir a produtividade do mesmo, enquanto que no período de transição entre a fase vegetativa e reprodutiva não foi possível observar relação entre o respectivo acumulado de chuva e o rendimento final da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa*, produtividade, chuva.

THE INFLUENCE OF PRECIPITATION ALONG THE DIFFERENT STAGES OF IRRIGATED RICE DEVELOPMENT

ABSTRACT: The yield of irrigated rice is directly related to sowing in the appropriate period and the occurrence of favorable weather conditions for rice development. Late sowing and inadequate rates of solar radiation incidence, temperature and precipitation accumulation over the crop cycle, lead to below-expected results at the end of the harvest. To better understand the impact of accumulated rainfall on the average rice yield (Kg ha^{-1}), comparative analysis was made between crop productivity and accumulated rainfall (mm), over the sowing period of rice, from the transition period from the vegetative to the reproductive phase, and, finally, the period of grain filling, and the harvest. It was observed that the cumulative precipitation, when in excess, has a strong capacity to negatively impact the final yield of rice, especially when observed during the sowing period. Accumulation of precipitation in excess of rice harvest has a lower capacity to decrease grain yield, while in the transition period between the vegetative and reproductive phase it was not possible to observe the relationship between the respective accumulated rainfall and the final yield of the crop.

KEY-WORDS: *Oryza sativa*, productivity, rain.

INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Sul está consolidado como o principal produtor de arroz do Brasil. Sendo responsável por aproximadamente 8.400 das 11.900 toneladas previstas para a safra 2016/2017 em todo o país (CONAB, 2017).

Por ser um eminentemente agrícola, responde por uma parcela elevada do Produto Interno Bruto (PIB), por isso, o bom desempenho da cultura do arroz, uma das suas principais culturas, é de extrema importância para que o Rio Grande do Sul tenha bons resultados econômicos. Em virtude disso, uma eventual queda na produção do arroz logo pode ser sentida na economia estadual.

O período recomendado para o início da semeadura se dá a partir de 1º de Outubro e se estende até 30 de novembro, entre os cultivos de ciclo tardio, médio e curto (SOSBAI, 2014). De acordo com Slaton et al. (2003) os melhores rendimentos de grãos são obtidos quando semeados no início do período recomendado, e tendem a diminuir quando realizados no final do mesmo. Por fim, a época de semeadura do arroz deve ser associada às principais condições meteorológicas que influenciam no desenvolvimento do grão, quais sejam a temperatura, a radiação solar e a precipitação (ANDRADE et al., 2006; SARTORI et al., 2013). Em função do exposto, o objetivo do trabalho foi de analisar a influência da precipitação ao longo dos diferentes estádios de desenvolvimento do arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização da presente análise foram utilizados os dados mensais de precipitação registrados ao longo dos meses de Outubro a Março das safras 2009/2010 a 2015/2016 através das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizadas em municípios produtores de arroz situados da metade Sul do estado do Rio Grande do Sul (Tabela 1). Tal parcela do Estado concentra as principais regiões orizícolas do RS (IRGA, 2016). O período analisado representa desde a semeadura/plantio do arroz, a partir do início de outubro, até o término do período de floração de arroz e início da colheita, que se dá no mês de março (SOSBAI, 2014).

Os dados de precipitação mensal coletados foram analisados bimestralmente, a fim de se obter o acumulado de precipitação de cada município, em cada uma das safras, para os seguintes períodos: Outubro e Novembro, período em que ocorre a semeadura do arroz; Dezembro e Janeiro, período em que o arroz passa da fase vegetativa para a reprodutiva; Fevereiro e Março, período reprodutivo e de enchimento de grãos (SOSBAI, 2014). Posteriormente os dados de precipitação acumulados em cada um dos referidos períodos foi correlacionado com a produtividade da correspondente safra, no respectivo município, para que assim fosse possível encontrar uma relação entre o acumulado de chuvas em cada um dos períodos delimitados e o resultado final da colheita.

TABELA 8: RELAÇÃO DOS MUNICÍPIOS SITUADOS NA METADE SUL DO RS EM QUE FORAM OBSERVADOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO (MM) E PRODUTIVIDADE (KG HA⁻¹) E AS COORDENADAS GEOGRÁFICAS.

MUNICÍPIO	LOCALIZAÇÃO		
	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)
Bagé	-31,3478	-54,0133	230
Pelotas	-31,4600	-52,2000	17
Quaraí	-30,3875	-56,4514	112
Rio Grande	-32,0306	-52,0786	2,46
Santa Maria	-29,6652	-53,9098	95
Santa Vitória do Palmar	-33,5200	-53,3500	24,1
São Borja	-28,6606	-56,0044	123
São Gabriel	-30,3353	-54,2626	120
Uruguaiana	-29,8425	-57,0825	62,31

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 está demonstrada a relação entre a precipitação acumulada (mm) de bimestralmente e a produtividade (kg ha⁻¹) para os municípios localizados nas cidades da metade Sul do RS (Tabela 1), nos anos de 2009 a 2015. Observa-se uma queda de produtividade significativa com o aumento no volume de chuvas para o período de outubro e novembro. A cada 1mm no acréscimo de chuva ocorre diminuição de 1,76 kg ha⁻¹ na cultura do arroz, isso considerando que haja disponibilidade de água através da irrigação por inundação, que é o sistema de irrigação utilizado no Estado do Rio Grande do Sul. Segundo Mota (2000), o desenvolvimento da cultura é afetado, além da radiação solar e da temperatura também pela precipitação acumulada ao longo do período de semeadura do arroz, e quando há excesso, a mesma é prejudicial ao rendimento da cultura. Logo, tem-se que grandes acumulados de chuva no período de semeadura do arroz irrigado, são prejudiciais à cultura, tanto é que a emergência e os primeiros dias de crescimento devem ocorrer em solo sem irrigação (CONCENÇO et al., 2007). Quanto mais dias com chuva, maior é a nebulosidade e, conseqüentemente, diminui o índice de radiação solar que incide sobre a cultura. De acordo com Andrade et al., (2006), a menor quantidade de radiação solar, independentemente do estágio em que ela se verifica, vem a reduzir a quantidade de grãos por espiguetas, reduzindo assim, a produtividade. O entendimento é de que as condições climáticas consideradas como favoráveis, para esse período inicial do ciclo cultura do arroz, são aquelas em que o período de setembro a novembro é de poucas chuvas (FREITAS et al., 2008).

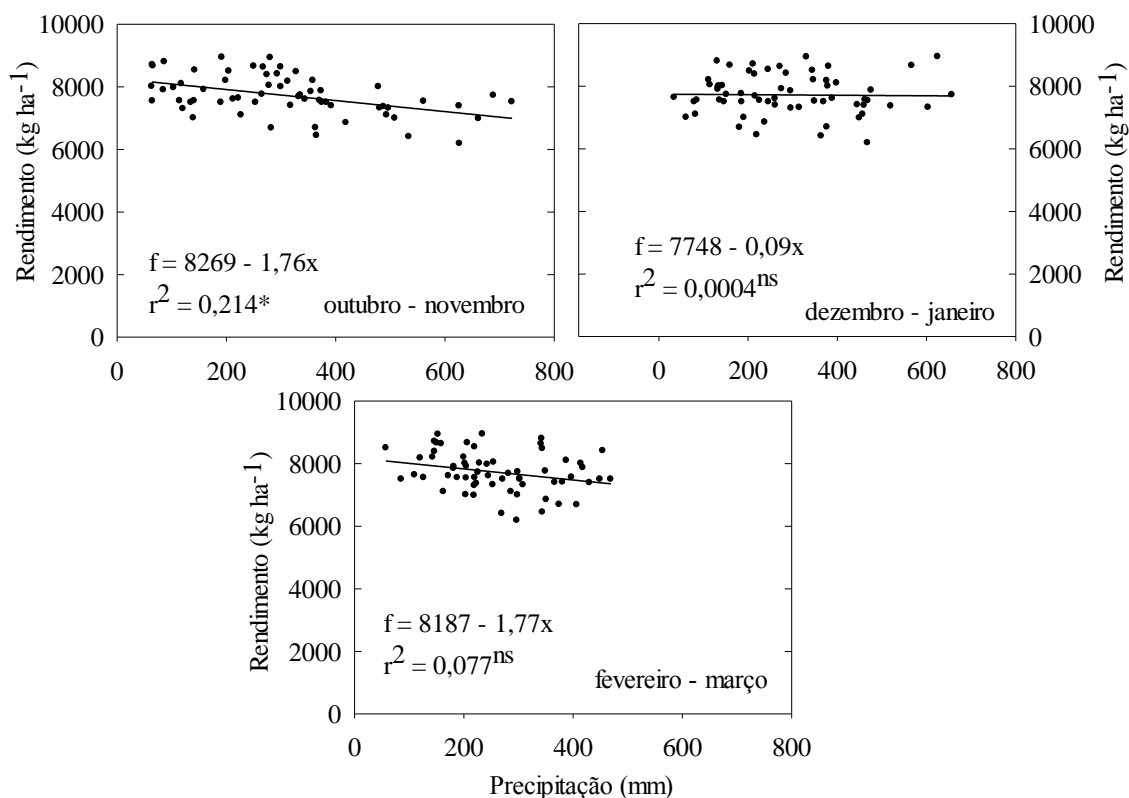


Figura 1. Relação entre o acumulado da precipitação bimestral (outubro e novembro; dezembro e janeiro; fevereiro e março) e o rendimento da cultura do arroz nos municípios de Bagé, Pelotas, Quaraí, Rio Grande, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar, São Borja, São Gabriel e Uruguaiana, no período de 2009 a 2015. * tendência significativa; ^{ns} = tendência não significativa.

Pelo acumulado de precipitação nos meses de Dezembro e Janeiro (Figura 1), observa-se que não há uma relação considerável entre o acumulado de precipitação deste período e a produtividade observada ao final da safra, com isso pode-se inferir que o acumulado de chuvas nesse período não é considerado como um fator preponderante para os resultados de produtividade.

Analisando os acumulados de precipitação do período final do ciclo do arroz, Fevereiro e Março (Figura 1), observa-se que há uma tendência de diminuição da produtividade à medida que aumentam os valores do acumulado de precipitação no período, no entanto essa tendência não foi significativa. Como a planta já alcançou um estágio bastante avançado em seu desenvolvimento, o excesso de precipitação pluvial pode favorecer o surgimento de doenças (SOSBAI, 2014) e ainda comprometer a maior disponibilidade de incidência de radiação solar, uma vez que se tem um maior número de dias chuvosos ou encobertos. Andrade et al., (2006), observaram reduções de até 70% na produtividade do arroz, quando submetido a níveis muito baixos de radiação, sendo que tal redução se acentua quando a mesma ocorre durante a fase reprodutiva e de enchimento do grão, momento em que se aproxima a colheita.

CONCLUSÕES

A cultura do arroz sofre reduções na produtividade com o aumento no volume de precipitação durante o período inicial do ciclo de desenvolvimento da cultura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FINEP pelo apoio financeiro ao Projeto Mais água e Rede Clima Sul.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. X. et al. **Influência da temperatura mínima, radiação solar e precipitação na produtividade de arroz irrigado.** UFPel. 2006.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: Maio de 2017.

CONCENÇO, G. et al. Emergência e crescimento inicial de plantas de arroz e capim arroz em função do nível de umidade no solo. **Planta daninha**, v. 25, n. 3, p. 457-463, 2007.

FEE - FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. **FEE Dados.** Disponível em: <<http://feedados.fee.tche.br/feedados/#!pesquisa=0>>. Acesso em: Abril de 2017.

FREITAS, T.F.S. et al. Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2397-2405, 2008.

IRGA – INSTITUTO RIOGRANDENSE DE ARROZ. **Disponibilidade da radiação solar em dezembro, janeiro e fevereiro na região orizícola do RS.** Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em: Abril de 2017.

MOTA, F.S. Influência dos fenômenos El niño e La niña sobre o rendimento do arroz irrigado na região de pelotas (RS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n.2, 21-24, 2000.

SARTORI, G. M. S. et al. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**, v.43, n.3, p.397-403, 2013.

SLATON, N.A. et al. Seeding date effect on rice grain yields in Arkansas and Louisiana. **Agronomy Journal**, v.95, n.1, p.218- 223, 2003.

SOSBAI - Sociedade Sul-brasileira de Arroz Irrigado **Arroz Irrigado - Recomendações Técnicas Da Pesquisa Para O Sul Do Brasil.** XXX REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. UFSM. 2014.

NITROGÊNIO E FÓSFORO EM FOLHAS DE CAFÉ CONILON TRATADO COM BIOCARVÃO DE LODO DE ESGOTO

José Carlos de Jesus Santos¹, Maria Isidória Silva Gonzaga², Bruno de Santana Mendonça³, Kairon Rocha Andrade⁴, André Quintão de Almeida⁵

¹ Estudante do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (josecarlos17san@gmail.com); ² Professora do departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (mariaisisilva@gmail.com); ³ Estudante do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (brunoestudo8@gmail.com); ⁴ Engenheiro Agrônômico, Servidor do Instituto Federal do Sertão Pernambuco, Ouricuri, Pernambuco (kaironrocha@hotmail.com); ⁵ Professor do departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (andreaq@gmail.com)

RESUMO: A adição de lodo de esgoto e de seu biocarvão ao solo pode ser uma alternativa eficiente para a destinação de resíduos e para a melhoria das propriedades do solo, reduzindo muitos problemas ambientais. O objetivo desse trabalho foi avaliar a concentração foliar de nitrogênio e fósforo em plantas de café conilon cultivadas em solo tratado com lodo de esgoto e biocarvão de lodo. O experimento foi realizado no campus experimental da Universidade Federal de Sergipe, no município de São Cristóvão, Sergipe, em delineamento de blocos casualizados, sendo 3 tratamentos (controle, biocarvão de lodo de esgoto e lodo de esgoto sem carbonizar, ambos com taxa de aplicação de 20 t ha⁻¹) e 8 repetições. As mudas de café conilon foram introduzidas em consórcio com bananeira. Sete meses após a aplicação dos tratamentos, amostras de folhas foram colhidas para avaliação do estado nutricional das plantas. As concentrações de N na planta variaram de 11,8 a 12,2 g kg⁻¹ e as de P variaram de 0,7 a 1,8 g kg⁻¹. O biocarvão de lodo de esgoto não influenciou a concentração de N na planta, porém reduziu significativamente a concentração de P. A adição dos resíduos também não influenciou o pH do solo e os teores de carbono orgânico.

PALAVRAS-CHAVE: Pirólise, resíduos sólidos, carbono preto

NITROGEN AND PHOSPHORUS IN LEAVES COFFEE PLANTS TREATED WITH SEWAGE SLUDGE BIOCHAR

ABSTRACT: Addition of sewage sludge and its biochar to soil can be an efficient alternative to waste management and to improve soil properties, reducing many environmental problems. The objective of this study was to evaluate the concentration of N and P in the shoots of coffee plants cv. Conilon cultivated in soil treated with sewage sludge and sewage sludge biochar. The experiment was carried out at University Federal of Sergipe experimental station, in São Cristóvão, Sergipe, and it was set up as randomized block design, with 3 treatments (control, sewage sludge and sewage sludge biochar, both applied at a rate of 20 t ha⁻¹) and 8 replicates. The coffee seedlings were planted in consortium with banana plants. Seven months after planting, samples of leaves were collected for the evaluation of the nutritional status of the plants. The concentration of N varied from 11,8 to 12,2 g kg⁻¹ and P varied from 0,7 to 1,8 g kg⁻¹. The sewage sludge biochar did not influence shoot N concentration, however, it caused a significant reduction in P concentration. None of the treatments influenced soil pH and organic carbon.

KEY-WORDS: Pyrolysis, solid wastes, black carbon

INTRODUÇÃO

O cafeeiro é uma planta perene, de clima tropical e de grande importância econômica, sendo cultivada em extensas áreas no Brasil, sobretudo nos estados do Espírito Santo, Rondônia e Bahia. Porém, no estado de Sergipe não há plantios dessa cultura, principalmente em função de fatores climáticos e edáficos. A introdução do café conilon, variedade mais resistente e adaptada a temperaturas mais elevadas, embora menos cultivada em comparação com as variedades de café arábica, em Sergipe pode favorecer a diversificação agrícola e melhorar a economia da região. Para tanto, é necessário, além de condições climáticas favoráveis (NUNES et al., 2007), a utilização de estratégias de manejo de solo visando a melhoria do ambiente de crescimento das plantas.

A aplicação de resíduos orgânicos, como lodo de esgoto, pode melhorar a qualidade do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Porém, na forma de biocarvão, o lodo de esgoto oferece mais benefícios em função da redução da carga patogênica e do maior tempo de permanência no solo (YUE et al., 2017). A utilização desses resíduos, além de reduzir as chances de contaminação de solos, rios e água subterrânea, aumenta a disponibilidade de nutrientes na agricultura, pois são fontes de N e P e podem melhorar as propriedades do solo (NASCIMENTO et al., 2011).

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do biocarvão de lodo de esgoto e do lodo de esgoto nas concentrações de N e P em plantas de café sombreado na sub-bacia do rio Poxim, município de São Cristóvão, Sergipe.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo está sendo desenvolvido no campo experimental da Universidade Federal de Sergipe, área inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Poxim, localizada no município de São Cristóvão-SE, cujas coordenadas geográficas são: 10° 55' 29" de latitude sul e 37° 11' 58" de longitude oeste. O clima de acordo com a classificação de Thornthwaite é do tipo C₂sA'a', ou seja, subúmido com déficit de água no verão, o período chuvoso ocorre entre os meses de abril e agosto, a temperatura média na região é de 24,85 °C e a precipitação média anual de 1576,30 mm. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2007).

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com 3 tratamentos (biocarvão de lodo de esgoto, lodo de esgoto e controle, sem adição de nenhum resíduo) e 8 repetições. Os resíduos foram adicionados na dose de 20 t ha⁻¹ em faixas de 0,5m X 0,5m, e incorporados a 10 cm de profundidade, em setembro de 2016, em uma área cultivada com café conilon sombreado com bananeira. O espaçamento do cafeeiro é de 3 m X 1 m. Os tratamentos foram aplicados 4 meses após o plantio das mudas de café. O biocarvão foi produzido em um forno artesanal. Antes da aplicação, o biocarvão foi moído e passado em peneira de 2 mm.

Seis meses após a aplicação dos tratamentos, amostras de folhas foram colhidas em 10 plantas úteis em cada tratamento, lavadas, secas em estufa a 60 °C e moídas para análise. As concentrações de N e P nas plantas foram determinadas utilizando-se o método da digestão ácida. Para a determinação do N_{total}, utilizou-se a metodologia da destilação com arraste de vapor, proposta por Kjeldahl (1883) e descrita em Silva (2009). A concentração de P foi determinada por colorimetria (MURPHEY e RILEY, 1962).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F para verificação dos efeitos dos tratamentos. As médias estão apresentadas com o desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Figura 1 mostram a influência do biocarvão na capacidade de absorção de P e N pela planta, o pH e a concentração de C orgânico no solo. A aplicação de lodo de esgoto ou de seu biocarvão não influenciou significativamente o pH do solo e o teor de carbono orgânico, em comparação com o controle. Observa-se no entanto que, o lodo de esgoto sem carbonizar reduziu o pH do solo com relação ao biocarvão. O aumento no pH do solo tratado com biocarvão é frequentemente relatado na literatura (VAN ZWIETEN, 2010), porém esse efeito nem sempre é observado para o biocarvão de lodo de esgoto, o qual não apresenta elevado pH (< 7) como os demais biocarvões (pH > 9). Além disso, embora o lodo de esgoto seja uma fonte importante de C, seu processo de mineralização pode causar acidez no solo, e isso é observado pela redução do pH no tratamento com lodo de esgoto que obteve o menor valor de pH. Os solos do Brasil, em sua grande maioria, são ácidos, sendo necessárias constantes aplicações de corretivos.

As concentrações de N na planta variaram de 11,8 a 12,2 g kg⁻¹, valores considerados baixos para o café. Fialho et al. (2012) encontraram concentrações de N entre 16,0 e 21,5 g kg⁻¹, porém suas plantas de café foram cultivadas em vasos e em condições protegidas, diferente do presente estudo, desenvolvido em condições de campo. As concentrações de P variaram de 0,7 a 1,8 g kg⁻¹, valores próximos aos encontrados no estudo de Fialho et al. (2012) que observaram concentrações de P entre 1,5 a 2,0 g kg⁻¹. Não houve efeito da aplicação dos resíduos na concentração de N nas folhas do cafeeiro, porém a concentração de P foi significativamente afetada. A aplicação tanto de lodo de esgoto quanto de seu biocarvão reduziu as concentrações de P na planta, sendo o maior efeito observado no solo com biocarvão.

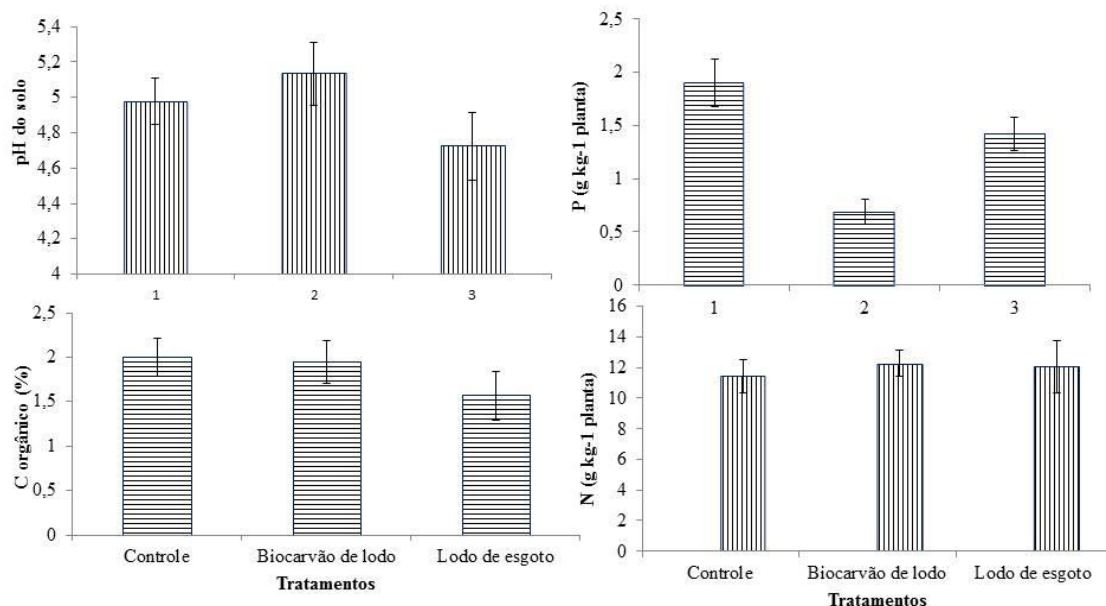


Figura 1. Carbono orgânico e pH do solo e concentrações de P e N em plantas de café conilon cultivadas em solo tratado com lodo de esgoto e biocarvão de lodo de esgoto em Argissolo Amarelo, na sub bacia do rio Poxim, São Cristóvão, Sergipe.

As menores concentrações de P nas plantas tratadas com os resíduos podem estar relacionadas ao maior crescimento e conseqüentemente uma maior diluição do nutriente na planta, já que não foi observado sintoma de deficiência. Os teores de P em Argissolo Amarelo são normalmente baixos em função da grande capacidade de fixação

de P, o que restringe a disponibilidade desse nutriente para a planta. A adição de resíduos ricos em P como lodo de esgoto estimula a absorção de P pela planta e promove maior crescimento e produção de biomassa.

A adição de biocarvão de lodo de esgoto normalmente aumenta a disponibilidade de P no solo, principalmente em função da existência de elevada concentração de P na matéria prima (HOSSAIN et al., 2011), o que é intensificado durante o processo de produção pirolítica. A não interferência no pH do solo, o que foi observado no presente estudo, enfraquece também a hipótese de redução da biodisponibilidade de P no solo tratado com os resíduos. Contudo, como o experimento de campo ainda é recente, mais investigações são necessárias na área de estudo para melhor entendimento dos efeitos do biocarvão no solo e nas plantas.

CONCLUSÕES

1. O biocarvão de lodo de esgoto não influenciou a concentração de N na planta, porém reduziu significativamente a concentração de P.
2. A adição dos resíduos também não influenciou o pH do solo e os teores de carbono orgânico.

REFERÊNCIAS

FIALHO, C.M.T.M SILVA, A.A., FARIAS, A.T., TORRES, L.G., ROCHA, P.R.R., SANTOS, J.B. 2012. Teor foliar de nutrientes em plantas daninhas e de café cultivadas em competição. **Planta Daninha**, v.30, 65-73

HOSSAIN, M.K., STREZOV, V., CHAN, K.Y., NELSON, P.F. 2011. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Chemosphere**, 78, 1167–1171.

MURPHY, J., RILEY, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analítica Chimica Acta**. V.27, 31–36.

NASCIMENTO, A. L.; SAMPAIO, R. A.; JÚNIOR, D. S. B.; JUNIO, G. R. Z.; FERNANDES, L. A. 2011. Crescimento e produtividade de semente de mamona tratada com lodo de esgoto. **Revista Caatinga**. v.24, 145-151.

NUNES, E.L., AMORIN, R.C.F., SOUZA, W.G., RIBEIRO, A., SENNA, M.C.A., LEAL, B.G. 2007. **Zoneamento agroclimático da cultura do café para a bacia do rio doce**. V. 22, 297-302.

SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2009. 627 p.

VAN ZWIETEN, L., KIMBER, S., MORRIS, S., CHAN, K.Y., DOWNIE, A., RUST, J., JOSEPH, S., COWIE, A., 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. **Plant Soil**. 327, 235–246.

YUE, Y. CUI, L., LIN, Q., ZHAO, X. 2017. Efficiency of sewage sludge biochar in improving urban soil properties and promoting grass growth. **Chemosphere**, v. 173, 551-556

RESPOSTA DA MELANCIA À APLICAÇÃO DE DOSES E FONTES NITROGENADAS EM SISTEMA DE PRODUÇÃO ORGÂNICO

Rogério Pereira dos Santos¹, Gertrudes Macário de Oliveira², Paulo Augusto da Costa Pinto³; Clarismar de Oliveira Campos⁴, Pedro Pereira Santos Júnior⁵

¹Estudante de graduação em Eng. Agrônoma, Depto. de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB, Juazeiro, Bahia, rogerio-p-s@hotmail.com; ²Doutora, Prof. Titular, Depto. de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB, Juazeiro, gemoliveira@uneb.com.br; ³Eng. Agrônomo, Prof. Titular, Depto. de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB, Juazeiro, pacostapinto@hotmail.com; ⁴Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, Depto. de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB, Juazeiro, clarismarcampus2dts@uol.com.br; ⁵Mestrando PPGHI, Depto. de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB, Juazeiro, ppereirasj@hotmail.com

RESUMO: O aumento no nível de informação sobre os cultivos de base ecológica pela população, face à crescente utilização de insumos de base industrial e sintéticos, vem requerendo a realização de pesquisas sobre produção orgânica de alimentos, por apresentarem melhor viabilidade e sustentabilidade ambiental, econômica e social. Neste contexto, propôs-se avaliar a resposta da melancia à aplicação de doses e fontes de nitrogênio, em sistema de produção orgânico, para as condições edafoclimáticas de Juazeiro-BA. A pesquisa foi conduzida na área experimental de produção orgânica do DTCS/UNEB, Juazeiro. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 2 x 3 (fontes de N x diferentes doses), cinco repetições. As fontes de N utilizadas foram torta de mamona e húmus de minhoca e doses: 0, 100 e 200% dos respectivos fertilizantes. Foram realizadas análises de componentes de produção e qualidade de frutos da melancia. A melancia adubada com fonte torta de mamona apresentou maiores valores para a produção de frutos por planta e produtividade, 6,40 kg e 53.354,08 kg ha⁻¹, respectivamente. Já na variável peso médio de fruto, ambas as fontes, a dose 100% mostrou-se mais eficiente. Sugere-se prioritariamente a aplicação da torta de mamona ou, secundariamente, a de húmus de minhoca, na aplicação de 100% da necessidade da cultura da melancia em sistema de produção orgânico, para as condições edafoclimáticas de Juazeiro-BA.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrullus lanatus*, húmus de minhoca, torta de mamona.

RESPONSE OF WATERMELON TO THE APPLICATION OF NITROGENED DOSES AND SOURCES IN ORGANIC PRODUCTION SYSTEM

ABSTRACT: The increase in the level of information on ecologically based crops by the population, in view of the increasing use of industrial and synthetic inputs, has been requiring research on organic food production, since they have improved environmental, economic and social feasibility and sustainability. In this context, it was proposed to evaluate the response of watermelon to the application of doses and nitrogen sources, in an organic production system, for the edaphoclimatic conditions of Juazeiro-BA. The research was conducted in the experimental area of organic production of DTCS / UNEB, Juazeiro. The experiment was conducted in a completely randomized design, 2 x 3 factorial scheme (N x sources different doses), five replicates. The sources of N used were castor bean and earthworm humus and doses: 0, 100 and 200% of the respective fertilizers. Analyzes of production components and fruit quality of the watermelon were carried out. The watermelon fertilized with castor bean source showed

higher values for fruit yield per plant and yield, 6.40 kg and 53.354.08 kg ha⁻¹, respectively. In the variable average fruit weight, both sources, the 100% dose was more efficient. Priority is given to the application of castor-oil cake or, secondarily, to earthworm humus, in the application of 100% of the water-melon cultivation requirement in an organic production system, for the Juazeiro-BA edaphoclimatic conditions.

KEY-WORDS: *Citrullus lanatus*, earthworm humus, castor cake.

INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus lanatus*) é uma Cucurbitaceae tropical de ciclo curto, originária da África e de grande importância econômica no Brasil e no mundo (OLIVEIRA et al., 2012). A produção mundial de melancia em 2012 atingiu 105,4 milhões de toneladas, cultivadas em 3,5 milhões de hectares, proporcionando uma produtividade média de 30,1 t ha⁻¹ (FAO, 2014). A produtividade média nacional em 2012, de acordo com o IBGE (2014) ficou em torno de 22,0 t ha⁻¹. No Brasil, a região Nordeste do país é uma das principais produtoras de melancia, respondendo por mais de 27% da produção nacional (IBGE, 2015).

Nos últimos anos tem aumentado à exigência do mercado consumidor por alimentos mais saudáveis, produzido sem o emprego de produtos químicos. Portanto, o aumento no nível de informação sobre os cultivos de base ecológica pela população, face à crescente utilização de insumos de base industrial e sintéticos, vem requerendo a realização de pesquisas sobre produção orgânica de alimentos em sistemas familiares, por apresentarem melhor viabilidade e sustentabilidade ambiental, econômica e social, além de serem mais saudáveis, por possuírem valor biológico superior.

A utilização de fontes orgânicas no cultivo da melancia além de melhorar a drenagem e a aeração do solo, incrementa a capacidade de armazenamento de água, níveis de nutrientes e a população de microrganismos benéficos ao solo e à planta, estimulando o desenvolvimento radicular (MALAVOLTA; GOMES; ALCARDE, 2002).

O nitrogênio é considerado um dos nutrientes mais requerido pela cultura da melancia (ALMEIDA, 2012); por apresentar função estrutural importante, sendo componentes de estruturas que estão relacionados com a defesa da planta e com os processos bioquímicos e fisiológicos mais importantes que ocorrem na planta (TAIZ; ZEIGER, 2004). Neste contexto, propôs-se neste trabalho, avaliar a resposta da melancia irrigada à aplicação de doses e fontes de nitrogênio, em sistema de produção orgânico, para as condições edafoclimáticas de Juazeiro-BA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área de produção orgânica do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus III, município de Juazeiro (09° 24' 50" S; 40° 30' 10" O; altitude, 368 m). O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 2013). Análises químicas de amostras do solo correspondentes à camada de 0-20 cm foram realizadas no Laboratório de Análises de Água, Solo e Calcário do DTCS/UNEB (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo das características químicas do solo da área experimental

Camada (cm)	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Na	H + Al	CTC	V %
0-20	5,54	40,00	0,79	6,40	1,10	0,15	0,05	8,49	99,4

O preparo inicial do solo consistiu na implantação de coquetel de espécies vegetais, que foi utilizado como adubação verde a fim de melhorar a estrutura do solo, fornecer nutrientes e biomassa para o solo (ANGELETTI, et al., 2016; BOER et al., 2007). Foram utilizados na formulação do coquetel de espécies vegetais 5 kg ha⁻¹ de feijão guandu; 25 kg ha⁻¹ de *Crotalaria juncea*; 25 kg ha⁻¹ de *Crotalaria spectabilis*; 12 kg ha⁻¹ de sorgo; 10 kg ha⁻¹ de girassol, ceifando-os 70 dias após a semeadura, em plena floração e incorporando ao solo até 20 cm de profundidade. Sessenta dias após a incorporação da matéria verde ao solo, a área foi preparada para o plantio com sulcamento em linhas, espaçadas em 2,0 m e com profundidade de 40 cm. A cultura foi irrigada utilizando-se uma linha de gotejadores por fileira e emissores espaçados de 0,5 m ao longo da lateral, com vazão de 2,0 L h⁻¹ e pressão de serviço variando de 0,5 a 2,0 kgf cm⁻².

A cultivar de melancia utilizada foi a ‘Crimson Select Plus’ (*Citrullus lanatus*) da empresa Agristar do Brasil LTDA, com as seguintes especificações contidas na embalagem: pureza – 99,9%; germinação – 85%; peso líquido – 500 g. A Melancia ‘Crimson Select Plus’ apresenta formato arredondado, coloração verde vivo com estrias verde escuro, polpa vermelha intensa e tolerante/resistente a: Antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e *Fusarium* spp. Quinze dias antes da semeadura foi realizada a adubação de fundação, com base na análise de solo e seguindo a recomendação do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA, 2008) para a cultura, aplicando-se, por berço, 36,0 g de Fosfato Natural de Argélia (10,0% de P₂O₅ solução em ácido cítrico e 36,0% Ca) como fonte de Fósforo (P), totalizando 300 kg ha⁻¹. Na adubação de cobertura, adicionou-se 72,0 g de cinza de biomassa (1,2 de N, 1,19 de P, 23,50 de K, 382,5 de Ca e 12,5 g kg⁻¹ para macronutrientes, além de 70,0 de B, 123,0 de Cu, 1.670,0 de Fe, 990,0 de Mn, 135,0 de Zn e 3.700,0 mg kg⁻¹ de Na para micronutrientes) como adubação potássica por planta, totalizando 600 kg de cinza ha⁻¹, parcelados em partes iguais aos 20 e 40 dias após a semeadura.

Considerando que o mercado interno e externo tende a optar por frutos de menor peso, abaixo de 4 kg fruto⁻¹ e que, a diminuição nos frutos pode ser proporcionada pela redução no espaçamento entre linhas e entre plantas (REZENDE; COSTA; DIAS, 2010), adotou-se o espaçamento de 2,0 x 0,6 m, visando à obtenção da maior produção de frutos pequenos. Os berços foram abertos nas dimensões de 0,4 x 0,4 x 0,4 m, espaçados de 0,6 m entre plantas e 2 m entre linhas, com densidade de plantio de 8.333 plantas ha⁻¹. Sete dias antes da semeadura incorporou-se adubo orgânico nos berços, mantendo-os irrigados para posterior semeadura. No plantio foram utilizadas quatro sementes por berço a uma profundidade de 3,0 cm. O desbaste foi realizado em duas etapas: a primeira quando as plantas apresentaram três folhas definitivas, retirando-se as plântulas menos desenvolvidas, permanecendo no berço três plântulas; o segundo desbastes, efetuado 15 dias após o primeiro. Em ambas as etapas, utilizou-se uma tesoura devidamente esterilizada com hipoclorito de sódio e deixando apenas uma planta por berço.

O controle fitossanitário preventivo foi feito a cada sete e quinze dias, realizando pulverizações com produtos e técnicas especificadas para o cultivo orgânico da melancia irrigada. Os tratamentos consistiram de aplicações 0,5% Bordasul[®], 0,5% Sulfocal[®] e 1% Óleo de Neem. Além das pulverizações foram realizadas capinas,

visando ao controle das plantas espontâneas, evitando a concorrência desta com a cultura por água, luz e nutrientes; os frutos foram protegidos com plásticos para evitar o contato direto com a umidade do solo e consequente apodrecimento, conferindo melhor qualidade da casca. Já o penteamento foi realizado duas vezes durante o ciclo da cultura.

O manejo da irrigação foi realizado por meio da estimativa diária da evapotranspiração da cultura (ET_c), utilizando-se da expressão: $ET_c = ET_o \times K_c$, sendo ET_o é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}) e K_c o coeficiente de cultura.

A evapotranspiração de referência foi determinada com base nos dados obtidos na estação meteorológica automática localizada a poucos metros da área experimental utilizando o método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 1998). Os valores de K_c foram obtidos na literatura (SILVA, et al., 2015) para as condições do Vale São Francisco: I – Inicial (0,51); II – Vegetativo (0,52); III – Floração (1,23) e estágio o IV – Maturação (1,13).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×3 (fontes de nitrogênio x diferentes doses), com cinco repetições. Foram utilizadas as fontes: torta de mamona (5% de N) e húmus de minhoca (1,5% de N) e doses dos respectivos fertilizantes em 0, 100 e 200% da necessidade da cultura (IPA, 2008). As adubações foram realizadas em duas etapas, em fundação (1/4 da dose de N) 15 dias antes da semeadura em conjunto com a fonte fosfatada; e 3/4 aplicados em cobertura, parcelados em partes iguais aos 20 e 40 dias após a semeadura em conjunto com a fonte potássica.

Para a análise de produção e de seus componentes, utilizaram-se todos os frutos da área útil da parcela ($9,6 \text{ m}^2$). As características avaliadas foram: PFP - produção de frutos por planta: determinada pela produção (kg) de melancia da parcela dividida pela quantidade de planta existente, expressa em kg de frutos de melancia por planta; NF número de frutos por hectare: resultado da contagem de frutos da área útil da parcela e transformado para frutos ha^{-1} ; Produtividade: estabelecida a partir do somatório dos frutos da área útil da parcela, expressa em kg ha^{-1} ; PMF - peso médio de fruto: obtida dividindo-se a massa de frutos pelo número de frutos, expresso em kg; NFP - número de frutos por planta: foi obtido pela razão entre quantidade de frutos e número de plantas da área útil da parcela experimental.

As avaliações envolvendo os componentes de qualidade dos frutos foram realizadas coletando-se aleatoriamente, três frutos representativos da área útil da parcela experimental. Foram determinadas as seguintes características químicas: SS - sólidos solúveis: obtidos a partir da análise da polpa, por refratometria com correção da temperatura a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, e o resultado expresso em $^\circ\text{Brix}$; AT - acidez titulável: obtida a partir da polpa, determinada por titulometria, pela titulação de 10 g de polpa, homogeneizada e diluída para 100 mL em água destilada, com solução padronizada de NaOH a 1 N, conforme o método da IAL (2008), resultados expressos em g de ácido cítrico 100 g^{-1} de polpa – 0,1 N (NaOH); pH - potencial hidrogeniônico: obtido a partir da polpa, determinado em amostras constituídas de 10 g de polpa em 100 mL de água destilada, utilizando-se pHgâmetro, em que os resultados foram expressos em unidades de pH, com base no método do IAL (2008); SS/AT - índice de maturação: obtido pelo quociente relacionado aos sólidos solúveis/acidez titulável para avaliar o estado de maturação e palatabilidade dos frutos; C/D - índice de formato de fruto: determinado pela razão das medidas de comprimento do fruto, medido no sentido transversal na região equatorial (C) e o diâmetro (D) de fruto, medido na região seccionada com auxílio de uma fita graduada em mm.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do software estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta, 2016 (SILVA, 2016), comparando-se as médias entre tratamentos pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância para as variáveis produtivas da melancia estão apresentados na Tabela 2. De acordo com a análise de variância, verificou-se interação significativa entre os fatores fontes e doses de nitrogênio (N) apenas para a variável peso médio de frutos ($p < 0,01$). Entretanto, houve efeito significativo dos tipos de fonte de N para produção de fruto por planta ($p < 0,05$) e produtividade ($p < 0,01$). As demais variáveis avaliadas não diferiram significativamente entre si para os tratamentos testados.

Tabela 2. Resultado da análise de variância para as características produtivas da melancia cultivada sob efeito de fontes e doses de nitrogênio, nas condições do Submédio do Vale do São Francisco. Juazeiro, BA, 2016

FV	GL	Quadrado Médio				
		PFP	NF	Produtividade	PMF	NFP
Fontes (F)	1	20,090*	22605810,185ns	2795126355,450**	7,610**	0,3392ns
Doses (D)	2	2,731ns	1582395,254ns	64693930,237ns	1,777ns	0,0041ns
F x D	2	6,134ns	4295023,727ns	87339786,247ns	3,500**	0,0461ns
Blocos	4	0,985ns	5244500,289ns	177931324,548ns	1,129ns	0,0559ns

PFP: produção de frutos por planta; NF: número de frutos por hectare; PMF: peso médio de fruto; NFP: número de frutos por planta. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 < p < 0,05$) e ns não significativo ($p > 0,05$).

A produção de frutos por planta e a produtividade não foram influenciadas pelo fator dose de fertilizante, ocorrendo apenas efeito isolado do tipo fonte. O cultivo da melancia adubada com a fonte torta de mamona apresentou maiores valores na produção de fruto por planta e na produtividade, obtendo-se 6,40 kg e 53.354,08 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Estes resultados confirmam que a torta de mamona é boa fonte de nutrientes, com rápida decomposição e liberação de seus nutrientes para as plantas Severino et al. (2005).

Apesar de não se ter observado efeito significativo da resposta das doses sobre a produção de frutos por planta e produtividade, a superioridade da fonte torta de mamona pode ser explicada, em parte, pela mineralização ser muito mais rápida, permitindo maior liberação de nutrientes. Ainda segundo Severino et al. (2005), a decomposição ocorre devido aos altos teores de nitrogênio, fósforo e potássio presentes na torta, além de condições ótimas de submissão do material para a atividade microbiana: alta umidade, boa aeração e temperatura em torno de 28 °C. Porém, deve-se ressaltar que a decomposição não seja tão rápida quanto à liberação do N por fertilizantes químicos.

Tabela 3. Valores médios de produção de frutos por planta e produtividade total da melancia ‘Crimson Select’ em função das fontes torta de mamona e húmus de minhoca

Fonte	Variáveis	
	Produção de frutos por planta (kg)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Torta de mamona	6,40 a*	53.354,08 a
Húmus de minhoca	4,76 b	34.049,07 b
Média¹	5,58	43.701,57
CV² (%)	34,06	34,01

⁽¹⁾ Média geral; ⁽²⁾ Coeficiente de variação. *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A vantagem do uso de adubo orgânico em relação à da aplicação de fertilizantes químicos é a liberação gradual dos nutrientes à medida que são demandados para o crescimento da planta. Se os nutrientes forem imediatamente disponibilizados no solo, como ocorre com os fertilizantes químicos, podem ser perdidos por volatilização (principalmente o nitrogênio), fixação (fósforo) ou lixiviação (principalmente o potássio). Por outro lado, a mineralização de alguns materiais orgânicos, como o húmus, pode ocorrer de forma muito mais lenta, de forma que os nutrientes não são disponibilizados em quantidade suficiente e o crescimento da planta é limitado por carência nutricional (SEVERINO et al., 2005).

O desdobramento da interação (F x D) para o peso médio de fruto (PMF) da melancia revela que aplicação crescente da torta de mamona não influenciou no peso médio dos frutos (Tabela 2). Valores que decresceram à medida que se aumentou a dose, embora não sejam estatisticamente diferentes ($p < 0,05$). Na fonte húmus de minhoca, não houve ganho de peso de fruto quando se aplicou 100% da dose recomendada; contudo, para a dose de 200% do recomendado, observou-se redução no peso médio de frutos (Tabela 4). A aplicação de torta de mamona em doses elevadas pode provocar toxidez sobre as plantas, sugerindo-se que isso ocorra devido à rápida mineralização dos nutrientes, provocando excesso de nitrogênio no solo (SEVERINO et al., 2007). Dessa forma, alternativas de manejo que minimizassem a velocidade de decomposição da torta, portanto, seria uma estratégia para minimizar este problema.

Ainda na Tabela 4, verifica-se que as plantas de melancia cultivadas com adubação de torta de mamona e húmus de minhoca apresentaram valores de peso médio de fruto estatisticamente iguais para a dose de 100%; ao passo que na maior dose (200%), os maiores valores tendem a ser da torta de mamona, um indicativo de que sua decomposição nessa quantidade é muito mais rápida do que o húmus de minhoca, e que seus nutrientes são rapidamente disponibilizados para as plantas logo após sua adição ao solo como adubo (SEVERINO et al., 2005).

Tabela 4. Valores médios de peso (kg) de fruto da melancia ‘Crimson Select’ sob diferentes doses de torta de mamona e de húmus de minhoca

Fonte	Doses de N (%)		
	0	100	200
Torta de mamona	5,69 Aa*	5,14 Aa	4,91 Aa
Húmus de minhoca	5,12 Aa	5,30 Aa	3,93 Bb

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da análise de variância para as variáveis qualitativas da melancia. Constata-se na tabela significância entre os fatores

fontes e doses de nitrogênio (N) para as variáveis sólidos solúveis (SS) ($p < 0,01$) e comprimento do fruto (CF) ($p < 0,05$) da melancia. Considerando os fatores isolados, tipos de fonte proporcionou diferença significativa para diâmetro de fruto (DF) ($p < 0,05$); e doses de fertilizantes produziu efeito significativo para pH e DF ($p < 0,05$). As demais variáveis em estudo: acidez titulável (AT); índice de maturidade (SS/AT) e índice de formato (C/D) não apresentaram efeitos significativos em nenhum dos tratamentos aplicados (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância dos componentes de qualidade da melancia cultivada sob o efeito de fontes e doses de nitrogênio nas condições do submédio do Vale do São Francisco. Juazeiro, BA, 2016

FV	GL	Quadrado Médio						
		SS	AT	pH	SS/AT	CF	DF	C/D
Fontes (F)	1	10,800**	0,501ns	0,017ns	0,022ns	25,687**	15,208*	0,0019ns
Doses (D)	2	2,902**	0,308ns	0,023*	0,158ns	11,902**	8,308*	0,0090ns
F x D	2	5,106**	0,064ns	0,013ns	0,349ns	5,500*	4,075ns	0,0014ns
Blocos	4	1,835*	0,221ns	0,018*	0,506ns	3,015ns	0,697ns	0,0022ns

SS: sólidos solúveis; AT: acidez titulável; pH: potencial hidrogeniônico; SS/AT: relação sólidos solúveis/acidez titulável; CF: comprimento fruto; DF: diâmetro fruto; C/D: relação comprimento/diâmetro do fruto. ** significativo ($p < 0,01$), * significativo ($0,01 = < p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p > = 0,05$).

Valores médios de sólidos solúveis são apresentados na tabela 6. Percebe-se na tabela diferença significativa ($p < 0,01$) para SS ao considerar tipos de fonte, apenas sem aplicação de doses de N. Considerando o fator dose, verifica-se que a planta adubada com torta de mamona não foi influenciada pelo aumento das doses (Tabela 6). Embora não significativos, valores decrescentes de °Brix são observados à medida que se aumentou a quantidade do insumo. Estes resultados divergem daqueles encontrados por Mousinho et al. (2003) que, aplicando diferentes doses de nitrogênio, variando de 0 a 300 kg ha⁻¹, observaram influência sobre os teores de sólidos solúveis dos frutos de melancia, reduzindo-os com o aumento do nível. No entanto, corroboram com os resultados de Andrade Júnior et al. (2006) que, trabalhando com doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120, e 160 kg ha⁻¹ de N) na cultura da melancia verificaram que não houve efeito significativo para essa característica. Garcia e Souza (2002) constataram também, que níveis de adubação nitrogenada não exercem efeito sobre o teor de sólidos solúveis.

Para o vermicomposto, o menor valor de SS foi encontrado quando não se aplicou o húmus, havendo acréscimos dos sólidos solúveis de 18,5% com a dose 100% e 11,3% com a dose de 200%. Cavalcante et al. (2010) observaram que a adubação orgânica, independente da fonte, contribui para o desenvolvimento da planta e na qualidade de seus frutos.

Tabela 6. Valores de sólidos solúveis (°Brix) da melancia ‘Crimson Select’ sob diferentes doses de torta de mamona e húmus de minhoca

Fonte	Doses de N (%)		
	0	100	200
Torta de mamona	16,10 Aa*	15,80 Aa	15,55 Aa
Húmus de minhoca	13,30 Bb	15,75 Aa	14,80 Aa

*As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de sólidos solúveis é uma importante característica organoléptica e um parâmetro fundamental para a avaliação de qualidade, que expressa à concentração de

açúcares e outros sólidos diluídos na polpa ou suco do fruto (LEÃO et al., 2008). Muitos países adotam os valores do conteúdo de SS como referência de mercado para aceitabilidade, com variação de 8 a 10 °Brix (VÁSQUEZ et al., 2005), podendo alcançar valores acima de 12 °Brix (BARROS et al., 2012). Neste sentido, os valores de SS neste trabalho indicam frutos de excelente qualidade pelo seu alto teor de °Brix apresentado.

Em termos de valores médios de comprimento de fruto, a aplicação de diferentes doses da fonte torta de mamona não produziu efeito significativo nesta variável (Tabela 7). Tal fato pode ser justificado, considerando que o solo da área experimental apresentou características desejáveis para a produção da melancia, com saturação por base alta (V=99,41%), esse parâmetro, por sua vez, é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo interpretado como um solo fértil.

Outro fator importante que deve ser levado em consideração, é o fato de o solo ter recebido coquetel de espécies vegetais (leguminosas, gramíneas e oleaginosas), evitando a degradação química, ação na reciclagem de nutrientes, possível sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo da planta de cobertura (BRAZ et al., 2004) e transporte de nutrientes de camadas inferiores para camadas superiores pela ação de diferentes sistemas radiculares presentes, melhorando química, física e biologicamente o solo da área. Isso, somado ao fato do coquetel apresentar na sua composição maior quantidade de leguminosas, que pode ter levado a fixação de nitrogênio no solo em quantidades suficientes exigida pela cultura.

Tabela 7. Valores de comprimento de fruto (cm) da melancia ‘Crimson Select’ sob diferentes doses de torta de mamona e húmus de minhoca

Fonte	Doses de N (%)		
	0	100	200
Torta de mamona	24,37 Aa*	24,50 Aa	22,80 Aa
Húmus de minhoca	20,87 Bb	23,87 Aa	21,37 Ba

*As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o húmus de minhoca, o maior comprimento de fruto foi evidenciado quando a aplicação da dose foi de 100%, com ganho superior a 14,4% de comprimento. O húmus de minhoca se apresenta na forma coloidal e pode influir em diversas propriedades físicas e químicas do solo melhorando a estrutura, reduzindo a plasticidade e coesão, aumentando a capacidade de retenção de água, principalmente para as regiões áridas e semiáridas, onde nesse caso, a evapotranspiração supera a precipitação média, amenizando a variação da temperatura, aumentando a CTC e poder tampão do solo (FINATTO et al., 2013).

Quanto ao diâmetro de fruto da melancia, os maiores valores foram observados para a fonte torta de mamona, 20,24 cm, superando aproximadamente 11% o valor obtido para o húmus de minhoca, 18,81 cm (Tabela 8).

Em se tratando do efeito das doses sobre o diâmetro do fruto, verificou-se que os maiores valores ocorreram nas plantas adubadas com a dose 100% da necessidade da cultura (20,51 cm), ao passo que as doses 0 e 200% na diferiram significativamente entre si, apresentando valores em 18,71 e 19,36 cm, respectivamente (Tabela 8). Neste sentido, as adubações em 100% da necessidade da cultura da melancia (IPA, 2008) trouxeram resultados positivos com as fontes utilizadas para a variável estudada neste experimento.

Tabela 8. Valores médios de diâmetro de fruto e potencial hidrogeniônico (pH) da ‘Crimson Select’ sob diferentes doses de torta de mamona e húmus de minhoca

FV	Diâmetro fruto (cm)	pH
Fonte		
Torta de mamona	20,24 a*	-
Húmus de minhoca	18,81 b	-
Dose (%)		
0 %	18,71 b	5,05 b
100 %	20,51 a	5,14 a
200 %	19,36 ab	5,07 ab
Média¹	19,52	5,09
CV² (%)	7,43	1,45

⁽¹⁾ Média geral; ⁽²⁾ Coeficiente de variação. *As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em se tratando do efeito das doses sobre a variável pH, verifica-se que essa foi influenciada significativamente, apresentando maior valor para a dose 100% (Tabela 8). Esse resultado diverge dos observados por Morais et al. (2008) e por Andrade Junior et al. (2006), que estudando diferentes níveis de N, concluíram que não houve influência no pH.

A acidez produzida pelos ácidos orgânicos é uma característica importante no que se refere ao sabor das frutas. A baixa acidez dos frutos de melancia atrai muitos consumidores cujo valor observado de 5,14 se mantém na faixa obtida em outros trabalhos e também dentro do intervalo de pH desejável pelo mercado consumidor (ANDRADE JÚNIOR et al., 2006).

O nitrogênio é, para a maioria das culturas, o nutriente de maior requerimento pelas plantas, com uma exigência em torno de 10 vezes a do fósforo e 1,5 vezes a do potássio (PENTEADO, 2003). Porém, quando aplicado em excesso provoca crescimento excessivo das plantas, aumenta o risco de anomalias do fruto, podendo causar a diminuição da acidez titulável, a fragilidade da polpa, e frutos aquosos e insípidos (MORAES, 2006). Por sua vez, a deficiência de nitrogênio limita o incremento da produtividade de frutos da melancia (LEÃO et al., 2008), bem como afeta negativamente a eficiência no uso da água pela cultura.

CONCLUSÕES

A fonte torta de mamona mostrou-se mais eficiente nas características produtivas da melancia. Um dos componentes de qualidade mais importantes do fruto da melancia, os sólidos solúveis (SS), tanto para a torta de mamona quanto para o húmus de minhoca apresentaram resultados semelhantes. Dessa forma, sugere-se prioritariamente a aplicação da torta de mamona ou, secundariamente, a de húmus de minhoca, na aplicação de 100% da necessidade da cultura para o cultivo da melancia em sistema de produção orgânico, para as condições edafoclimáticas de Juazeiro-BA.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 301 p.

ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; NÓBREGA, G. N.; PINHEIRO, E. A. R.; LIMA, F. F. Crescimento e marcha de absorção de macronutrientes para a cultivar de melancia Crimson Sweet. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 6, n. 3, p. 205-214, 2012.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; DIAS, N. S.; FIGUEREDO JUNIOR, L. G. M.; RIBEIRO, V. Q.; SAMPAIO, D. B. Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n. 4, p. 836-841, 2006.

ANGELETTI, M. P.; SOUZA, J. L. de; COSTA, H.; SOUZA, G. S. de; EWALD, M. C.; BREMEMKAMP, C.; MUNIZ, E. S.; BAHIENSE, D. V. Utilização de espécies vegetais como cobertura de solo no sistema de plantio direto e como adubação verde na região serrana do ES. **Revista Científica Intelletto**, Venda Nova do Imigrante, v. 2, n. 1, p. 87-102, 2016

BARROS, M. M.; ARAÚJO, W. F.; NEVES, L. T. B. C.; CAMPOS, A. J. de; tosin, J. M. Produção e qualidade da melancia submetida à adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p.1078-1084, 2012.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 2, p. 83-87, 2004.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.

CAVALCANTE, I. H. L.; ROCHA, L. F.; SILVA JÚNIOR, G. B.; AMARAL, F. H. C.; FALCÃO NETO, R.; NÓBREGA, J. C. A. Fertilizantes orgânicos para o cultivo de melancia (*Citrullus lanatus*) sob efeito de diferentes concentrações de biofertilizantes. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 5, n. 4, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.

FAO. **Agricultural production: primary crops**. Rome, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 18 de abr. 2017.

FINATTO, J.; ALTMAYER, T.; MARTINI, M. C.; RODRIGUES, M.; BASSO, V. HOEHNE, L. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 5, n. 4, p. 85-93, 2013.

GARCIA, L. F.; SOUSA, V. A. B. Influência do espaçamento e da adubação nitrogenada sobre a produção da melancia. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracay, v. 28, n. 1, p. 59-70, 2002.

IBGE. **Produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

IBGE. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 1.ed. 2008, 1020 p.

IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. Recife: **Instituto Agrônomo de Pernambuco**, 2^a aproximação, 2008. 64 p.

LEÃO, D. S. S.; PEIXOTO, J. R.; VIEIRA, J. V.; CECÍLIO FILHO, A. B. Produtividade de melancia em diferentes níveis de adubação química e orgânica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 32-41, 2008.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F.P.; ALCARDE, J.C. **Adubos e Adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.

MORAIS, N. B. de; BEZERRA, F. M. L.; MEDEIROS, J. F. de; CHAVES, S. W. P. Resposta de plantas de melancia cultivadas sob diferentes níveis de água e de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 369-377, 2008.

MORAES, I. V. M. **Cultivo de hortaliças**. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT, 2006.

MOUSINHO, F. E. P.; COSTA, R. N. T.; SOUZA, F.; GOMES FILHO, R. R. Função de resposta da melancia à aplicação de água nitrogênio para as condições edafoclimáticas de Fortaleza - CE. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 264-272, 2003.

OLIVEIRA, P. G. F. de; MOREIRA, O. C.; BRANCO, L. M. C.; COSTA, R. N. T.; DIAS, C. N. Eficiência de uso dos fatores de produção água e potássio na cultura da melancia irrigada com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 153-158, 2012.

PENTEADO, S. R. **Introdução à agricultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 235 p.

REZENDE, G. M.; COSTA, N. D.; DIAS, R. C. S. **Sistema de produção de melancia: Plantio**. Brasília: Embrapa Semiárido, 2010. Disponível em: <<file:///C:/Users/Fernanda/Desktop/Trabalho%20melancia%20IC%202015-2016/DADOS%20MELANCIA%202016/Dados%20fatorial/Plantio.html>>. Acesso em: 23 de abr. 2017

SEVERINO, L. S.; TAVARES, M. J. V.; NASCIMENTO, J. J. V. R. do; FERREIRA, G. B. **Toxidez causada pelo excesso de torta de mamona como fertilizante orgânico**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007, 4 p.

SEVERINO, L. S. COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristovão, v. 5, n. 1, p. 54-59, 2005.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT: Versão 7.7 beta**. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 01 de Junho de 2016. Disponível em: <<http://www.assistat.com/>>. Acessado em: 25 de Julho de 2016.

SILVA, R. R. da; SANTOS, I. M. S.; OLIVEIRA, G. M. de; CARVALHO, A. R. P. de; SANTOS JUNIOR, P. P.; GONÇALVES, I. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultura para melancia. **Revista Brasileira de agricultura irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 6, p. 392-399, 2015. Disponível em: < <http://www.inovagri.org.br> > doi: 10.7127/rbai.v9n600325

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VÁSQUEZ, M. A. N.; FOLEGATTI M. V; DIAS, N. S.; SOUSA, V. F. de. Qualidade pós-colheita de frutos de meloeiro fertirrigado com diferentes doses de potássio e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 199-204, 2005.

BIOCARVÃO DE LODO DE ESGOTO E SEU EFEITO NO CRESCIMENTO DO CAFEIRO EM SERGIPE

Bruno de Santana Mendonça¹, José Carlos de Jesus Santos², Gilvan Sant'Anna Telles³,
Maria Isidória Silva Gonzaga⁴, André Quintão de Almeida⁵

¹ Estudante do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (brunoestudo8@gmail.com); ² Estudante do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (josecarlos17san@gmail.com); ³ Agrônomo da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (gilvansantanna@hotmail.com); ⁴ Professora do departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (mariaisilva@gmail.com) ⁵ Professor do departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe (andreqa@gmail.com);

RESUMO: A produção de resíduos sólidos é cada vez maior nas grandes cidades e sua destinação final é um problema ambiental que merece destaque. A utilização destes resíduos como insumo na agricultura vem crescendo cada vez mais nos últimos anos e sendo apontada como um bom destino final. Portanto, o objetivo foi avaliar o efeito do biocarvão de lodo de esgoto e do lodo de esgoto no crescimento de plantas de cafeeiro Robusta (*Coffea canephora*) na região de Tabuleiro Costeiro do Nordeste do Brasil. O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com 3 tratamentos: i, biocarvão de lodo de esgoto; ii, lodo de esgoto; e, iii, controle, sem adição de nenhum resíduo; cada um com cinco repetições. Foram avaliados a altura e o diâmetro do caule das plantas e as suas médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os valores máximos de altura de plantas foram observados no tratamento de lodo cru. Já os maiores valores mínimos, médio e máximo de diâmetro do caule foram observados no tratamento controle. Não foi observada diferença significativa nos valores médios de diâmetro de caule, apenas para a variável altura de plantas, tendo o tratamento de lodo cru o maior valor (67,58 cm) médio. Pode-se concluir que não houve diferença significativa entre os tratamentos para o diâmetro do caule, já para a altura de plantas, o tratamento de lodo cru apresentou os melhores resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Aproveitamento de resíduos, sustentabilidade ambiental, *Coffea Robusta*

BIOCHAR AND ITS INFLUENCE ON THE CONCENTRATION OF COPPER IN THE SOIL AND INDIAN MUSTARD (*Brassica juncea* L.).

ABSTRACT: Solid wastes have been produced in large quantities in urban areas and their disposal is a serious environmental problem. The use of these residues as soil amendment has been greatly enforced in the last years as an alternative to the improper disposal. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of sewage sludge biochar and sewage sludge on the growth of coffee plants (*Coffea canephora*) in the Coastal Tableland of the Brazilian Northeast region. The experiment was carried out as randomized block design, with 3 treatments (control, sewage sludge and sewage sludge biochar, both applied at a rate of 20 t ha⁻¹) and 8 replicates. Plant height and colon diameter were evaluated and the means were compared using the Tukey test at 5 % probability level. The maximum values of plant height were observed in the sewage

sludge treatment. The highest minimum, medium and maximum values of the colon diameter were observed in the control. There was no significant difference on the mean values of the colon diameter, however, plant height was highest in the sewage sludge treatment (67,58 cm). In conclusion, there was no significant effect of the treatments on the colon diameter, but plant height was greatly improved when soil was treated with sewage sludge.

KEY-WORDS: waste recovery, environmental sustainability, *Coffea Robusta*

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos, como o lodo de esgoto, tem sido considerado um dos grandes problemas para o saneamento das grandes cidades (NASCIMENTO et al., 2011). Por possuir riqueza de resíduos orgânicos, o lodo de esgoto tem sido visto como sendo de grande utilidade para a agricultura (NASCIMENTO et al. 2011). Entretanto, para que o lodo de esgoto possa ser utilizado pelo setor agrícola, é necessário que o mesmo passe por um tratamento cuidadoso, para que não ocorra contaminação por substâncias tóxicas e metais pesados (HOSSAIN et al., 2010).

Como alternativa de uso do resíduo de lodo de esgoto das grandes cidades, o processo de produção de biocarvão a partir deste material vem aumentando significativamente nos últimos anos (LIU et al., 2014). Além de ser uma excelente forma de tratamento para esse material, após ser carbonizado, o lodo de esgoto, agora na forma de biocarvão, fica livre de agentes patogênicos e tem a sua disponibilidade de metais pesados reduzida, além de eliminar o mau cheiro (HOSSAIN et al., 2010).

A carbonização de biomassa dá origem ao biocarvão, através do processo de pirólise, que envolve o aquecimento da matéria orgânica, nesse caso o lodo de esgoto, na ausência de oxigênio, após esse processo é criado o produto rico em carbono chamado de biochar ou biocarvão, quando utilizado no solo.

A utilização de biocarvão no solo proporciona benefícios consideráveis para o solo, como a melhora da biologia, aumento da retenção de nutrientes e a capacidade de retenção de água (LEHMANN; JOSEPH, 2009). Tais características citadas anteriormente tornam o biocarvão de grande utilidade para a recuperação de áreas degradadas, além também, de poder gerar economia na utilização de fertilizantes na agricultura podendo ser utilizado como fonte de nutrientes.

Diante do exposto acima, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do biocarvão de lodo de esgoto e do lodo de esgoto no crescimento de plantas de cafeeiro Robusta (*Coffea canephora*) na região de Tabuleiro Costeiro do Nordeste do Brasil, município de São Cristóvão, Sergipe.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na região de Tabuleiro Costeiro, no campo experimental da Universidade Federal de Sergipe, localizado no município de São Cristóvão-SE, cujas coordenadas geográficas aproximadas são: 10° 55' 29" de latitude sul e 37° 11' 58" de longitude oeste. O clima de acordo com a classificação de Thornthwaite é do tipo C₂sA'a', ou seja, subúmido com déficit de água no verão, o período chuvoso ocorre entre os meses de abril e agosto, a temperatura média na região é de 24,85 °C e a precipitação média anual é de 1576,30 mm. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo segundo EMBRAPA (2007).

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com 3 tratamentos (i - biocarvão de lodo de esgoto, ii - lodo de esgoto e iii - controle, sem

adição de nenhum resíduo) e cinco repetições. Os resíduos foram adicionados na dose de 20 t ha⁻¹ em faixas de 0,50 x 0,50 m, distante - 5 cm da planta, e incorporados a 10 cm de profundidade, em setembro de 2016, 4 meses após o plantio das mudas de café. O biocarvão foi produzido em um forno artesanal adaptado, utilizando um modelo desenvolvido pela IBI (Iniciativa Internacional de Biocarvão), o TLUD (Top Lid Updraft). Antes da aplicação, o biocarvão foi moído e passado em peneira de 2 mm.

Seis meses após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram avaliadas, sendo mensurados altura das plantas (AP), com auxílio de trena graduada, e diâmetro do caule (DC) a 2 cm do solo, com auxílio de paquímetro digital. O plantio de café conilon, variedade Vitória (*Coffea Robusta*) foi realizado em maio de 2016, com espaçamento de 2 metros entre linhas e 20 cm entre plantas. A adubação de plantio foi realizada. Todos os tratamentos culturais foram realizados.

Os dados foram avaliados pela análise de variância, e as médias foram comparadas, utilizando o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. A análise estatística dos dados foi realizada no software R 3.1.0 (R Development Core Team, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as estatísticas descritivas dos valores de altura e diâmetro do caule das plantas de café conilon submetidas e diferentes tratamentos. Em ambas variáveis analisadas, os maiores valores mínimos foram encontrados no tratamento controle. Para o diâmetro do caule, os maiores valores médios e máximo também foram observados para o tratamento controle. Já para os valores médios e máximo de altura de planta, o tratamento de lodo cru, apresentou os maiores valores, com 67,6 e 86,5 cm, respectivamente. Alguns estudos mostram que o biocarvão pode provocar efeitos negativos no desenvolvimento de plantas, em virtude da elevada competição pelos nutrientes do solo, tornando-os indisponíveis para que a planta utilize no seu desenvolvimento. Porém, é um processo que merece mais investigação.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos valores de Altura e Diâmetro do Coletor (DC) de plantas de café submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamento	Mínimo (cm)		Média (cm)		Máximo (cm)	
	Altura	DC	Altura	DC	Altura	DC
Testemunha	47,00	1,30	58,06	1,83	79,00	2,35
Biocarvão	40,20	1,20	56,40	1,65	66,50	2,20
Lodo cru	43,00	1,10	67,58	1,70	86,50	2,10

CV = 12,87%

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk (p-valor = 0,094), os resíduos podem ser considerados normais para a altura de plantas. Na Tabela 2, observam-se os valores médios da altura das plantas de café conilon cultivadas com tratamentos de biocarvão de lodo de esgoto e lodo de esgoto. Analisando a Tabela constata-se que a testemunha e o biocarvão de lodo de esgoto não mostram uma diferença significativa, tendo uma

variação menor que 5%, já o lodo de esgoto apresentou o melhor resultado no crescimento das plantas, tendo um valor de altura média de plantas de café de 67,58 cm.

Tabela 2– Valores médios de altura de plantas de café conilon cultivados com lodo de esgoto cru e biocarvão de lodo de esgoto.

Grupo	Tratamento	Média altura plantas
A	Testemunha	58,06
A	Biocarvão	56,40
B	Lodo cru	67,58

Dentro da mesma coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

1. Os tratamentos não apresentaram diferença em relação ao diâmetro do coleto.
2. O lodo de esgoto apresentou melhor resultado quanto à altura das plantas.

REFERÊNCIAS

R Core Team. R Foundation for Statistical Computing. R: A language and environmet for statistical computing. Disponível em: <[http://www.R- project.org/](http://www.R-project.org/)>. Acesso em: 11 maio. 2017.

FILHO, C.M.T.m SILVA, A.A., FARIAS, A.T., TORRES, L.G., ROCHA, P.R.R., SANTOS, J.B. 2012. Teor foliar de nutrientes em plantas daninhas e de café cultivadas em competição. **Planta Daninha**, v.30, 65-73.

HOSSAIN, M.K., STREZOV, V., CHAN, K.Y., NELSON, P.F. 2011. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Chemosphere**, 78, 1167–1171.

LEHMANN, J., JOSEPH, S., 2009. Biochar for Environmental Management: Science and Technology. **Earthscan**, London.

LIU, T., LIU, B., ZHANG, W., 2014. Nutrients and heavy metals in biochar produced by sewage sludge pyrolysis: its application in soil amendment. **Polish Journal of Environmental Studies**. 23, 271-275.

NASCIMENTO, A. L.; SAMPAIO, R. A.; JÚNIOR, D. S. B.; JUNIO, G. R. Z.; FERNANDES, L. A. Crescimento e produtividade de semente de mamona tratada com lodo de esgoto. **Revista Caatinga**, 24: 145-151, 2011.

YUE, Y. CUI, L., LIN, Q., ZHAO, X. 2017. Efficiency of sewage sludge biochar in improving urban soil properties and promoting grass growth. **Chemosphere**, v. 173, 551-556.

PRODUÇÃO DE ALFACE ROXA EM DIFERENTES TELAS DE SOMBREAMENTO NAS CONDIÇÕES DE JUAZEIRO - BA

Karol Alves Barroso^{1,2}; Pâmella Thalita Souza Sena^{1,3}; Isa Gabriela Vieira de Andrade^{1,4}; Gilmário Noberto de Souza^{1,5}; Carlos Alberto Aragão⁶

¹Discente do programa de pós-graduação em Horticultura Irrigada da Universidade do Estado da Bahia - DTCS/UNEB. Av. Edgard Chastinet SN, Juazeiro, BA, ²k.alvesbarroso@gmail.com; ³pamellathalita@gmail.com; ⁴isagva@hotmail.com; ⁵gilmario_jua@hotmail.com; ⁶Docente da Universidade do Estado da Bahia - DTCS/UNEB. Av. Edgard Chastinet SN, Juazeiro, BA, carlosaragao@hotmail.com

RESUMO

A alface é uma das hortaliças mais consumidas mundialmente. No entanto, sua produção pode ser inviabilizada em condições de altas temperaturas, como as encontradas no Vale do Submédio São Francisco. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de telas de sombreamento no cultivo da alface para as condições climáticas de Juazeiro - BA. O experimento foi conduzido em área experimental de hortaliças da Universidade do Estado da Bahia, tendo como tratamentos duas telas de sombreamento 50%, com tela preta e tela branca, e um tratamento a pleno sol. O delineamento experimental usado foi o em blocos casualizados, tendo como variáveis analisadas: massa fresca comercial; massa seca; comprimento do caule e produtividade. Tanto a tela preta quanto a branca apresentaram resultados positivos quando comparadas ao tratamento pleno sol. Contudo, nenhum dos tratamentos apresentou influência sobre a variável produtividade.

PALAVRAS CHAVE: *Lactuca sativa*; temperatura; produtividade

PRODUCTION OF PURPLE LETTUCE IN DIFFERENT SHADE SCREENS UNDER CONDITIONS OF JUAZEIRO - BA

ABSTRACT

Lettuce is one of the most consumed vegetables worldwide. However, their production can be made unfeasible in conditions of high temperatures, such as those found in the Lower São Francisco Valley. Thus, the objective of this work was to evaluate the use of shade screens in lettuce cultivation for the climatic conditions of Juazeiro - BA. The experiment was conducted in an experimental area of vegetables of the State University of Bahia, with two treatments of 50% shading, with black screen and white screen, and a treatment in full sun. The experimental design was a randomized complete block design, with analyzed variables: commercial fresh mass; Dry mass; Stem length and productivity. Both the black and white screen presented positive results when compared to full sun treatment. However, none of the treatments had an influence on the productivity variable.

KEYWORDS: *Lactuca sativa*; temperature; productivity

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa*. L.) é um cultura anual pertencente à família Asteraceae, sendo considerada uma das hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil

(ZUFFO *et al.*, 2016). De acordo com a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM), a alface atingiu uma produção de 1,277 milhões de toneladas no Brasil no ano de 2012, ocupando o 5º lugar no volume de produção, perdendo apenas para o cultivo de melancia, tomate, cebola e repolho.

Nos últimos anos as cultivares roxas, cuja coloração característica é proveniente do pigmento antocianina, se destacaram no mercado alimentício (HENZ; SUINAGA, 2009; SANTANA *et al.*, 2009). Entretanto, em regiões de clima característico de altas temperaturas o seu cultivo ainda é inviabilizado por apresentar seu melhor desenvolvimento em temperaturas entre 15 e 20°C, deixando de atingir todo o seu potencial em condições adversas (SANTANA *et al.*, 2009).

Na cidade de Juazeiro – BA, município pertencente a região do Vale do Submédio São Francisco, durante as épocas de temperaturas elevadas associadas à alta umidade devido à irrigação, o cultivo da alface é inviabilizado, resultando em um aumento no seu custo de produção (FILGUEIRA, 2000). Desse modo, diante da necessidade de produzir hortaliças de qualidade durante todo o ano, a utilização de telado, constitui-se uma alternativa tecnológica disponível, que pode contribuir para melhorar a rentabilidade e qualidade do vegetal.

Neste sentido, objetivou-se avaliar o uso de telas de sombreamento no cultivo da alface para as condições climáticas da cidade de Juazeiro - BA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo de hortaliças do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da Universidade do Estado da Bahia (DTCS - UNEB) localizado na cidade de Juazeiro - BA, no período de dezembro de 2016 a janeiro de 2017. A região apresenta clima semiárido, sendo classificado como tipo BswH, segundo a classificação de Köppen, com média de temperatura máxima de 32,5 °C, média mínima de 21,9 °C e média anual de 26,4 °C (EMBRAPA, 2015). O solo da área do ensaio é classificado como Neossolo flúvico com as características químicas na camada de 0-20 cm: K = 0,64 cmolc/dm³; Ca = 3,4 cmolc/dm³; Mg = 1,3 cmolc /dm³; Na = 0,32 cmolc/dm³; P = 93,38 mg/dm³ e 5,2 de pH em H₂O.

No experimento foram avaliados três tratamentos, o que corresponde a três tipos de sombreamento: tela de cor preta com 50% de sombreamento, tela de cor branca com 50% de sombreamento e como testemunha a pleno sol; utilizando a cultivar de alface tipo roxa indicada para cultivo em condições de altas temperaturas: Mondai.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 4 repetições e 24 plantas por parcela, utilizando as 4 plantas centrais como parcela útil. A parcela foi constituída de um canteiro com área útil de 1,0 m² com 0,25 m de altura e 0,50 m de comprimento e espaçamento entre canteiros de 0,50m. Para o sombreamento, foi utilizada uma estrutura de 1,0 m² feita com canos de PVC com 25 mm de diâmetro, que correspondeu a área da parcela, com 1,0 de altura, de modo que todo o canteiro permanecesse sombreado ao longo do dia.

As mudas de alface foram produzidas em bandejas de polietileno sob ambiente protegido com substrato comercial indicado para a produção de mudas de hortaliças, sendo a semeadura realizada no dia 21 de dezembro de 2016. O transplante foi realizado no dia 14 de janeiro de 2017, onde as mudas continham cerca de 4 a 5 folhas

definitivas, o que correspondeu a 23 dias após a sementeira. O espaçamento foi de 0,25 x 0,25 m, com 4 linhas de cultivo. Diariamente foi efetuada irrigação por micro aspersão de modo a manter o teor de água próxima a capacidade de campo. Durante todo o experimento foram realizadas capinas manuais para a manutenção de plantas daninhas no local de plantio. Também fez-se necessário realizar adubação nitrogenada conforme recomendação técnica.

A colheita foi realizada no dia 25 de fevereiro de 2017, com 64 dias após a sementeira. Os seguintes parâmetros foram avaliados: Massa fresca comercial (MFC), massa seca (MS), diâmetro da roseta comercial (DRC), em que foram descartadas as folhas externas que estavam velhas ou danificadas; comprimento do caule (CC) e produtividade (PC).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o sistema Assistat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos resultados obtidos (Tabela 1), nota-se que as plantas cultivadas com tratamento com tela preta ou branca, ambos com 50% de sombreamento, para a variedade de alface roxa Mondai obtiveram resultados positivos para os parâmetros massa fresca (MF), massa seca (MS), diâmetro (DM) e comprimento de caule (CC).

Tabela 1. Valores de massa fresca comercial (MFC), massa seca (MF), diâmetro da roseta comercial (DRC), comprimento do caule (CC) e produtividade (PD) para a variedade de alface roxa Mondai cultivada em diferentes ambientes de sombreamento: Pleno sol, tela preta 50% (TP 50%) e tela branca 50% (TB 50%).

Tratamento	MFC (g)	MS (g)	DRC (cm)	CC (cm)	PD (t/ha)
Pleno Sol	14,33 b	1,28 b	8,34 b	10,36 b	1,03 a
TP 50%	39,08 a	2,43 ab	12,41 a	16,59 a	0,41 a
TB 50%	34,43 a	2,81 a	10,42 ab	15,34 a	1,17 a
CV (%)	39,91	37,49	15,25	18,18	43,96

*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Estes parâmetros não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, mostrando que o uso de telas de sombreamento teve grande influência, demonstrada por meio de um aumento de todos os parâmetros avaliados quando comparados ao tratamento a pleno sol. Segundo Luz *et al.* (2009), o comprimento do caule das plantas pode ser considerado uma característica de verificação de tolerância ao pendoamento, verificando-se que o uso de telas de sombreamento, seja da cor branca ou preta, diminui o efeito do pendoamento sobre as plantas de alface (Tabela 1).

Para as condições de Juazeiro – BA, município pertencente a região do Vale Submédio do São Francisco, característico por apresentar altas temperaturas e baixa umidade relativa, o uso de sombreamento pode vir a proporcionar uma melhoria nas condições físico-climáticas de plantas sob telado, permitindo um melhor controle dos efeitos da radiação solar, temperatura e umidade relativa por meio da formação de um microclima adequado para o desenvolvimento fisiológico da cultura da alface (SOUSA NETO *et al.*, 2010).

O único parâmetro em que não houve influência dos tipos de cobertura foi a produtividade. Queiroga *et al.*, (2001) demonstraram que o uso da tela de cor branca e preta apresentaram maiores resultados para a cultivar Verônica, exibindo maior altura de plantas, bem como massa seca e produtividade, atingindo valores de até 62,96 t/ha para o sombreamento com tela branca. Estes dados diferem dos encontrados por alguns autores, onde o tratamento a pleno sol, ou seja, sem nenhum tipo de cobertura, foi o que apresentaram melhores resultados (AQUINO *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2011; SANTANA *et al.*, 2009). Neste experimento, a produtividade não diferiu para os diferentes tratamentos, demonstrando não haver diferença entre os diferentes tipos de sombreamento neste parâmetro para a variedade Mondai nas condições da região.

De acordo com Dalastra *et al.* (2014), os resultados contraditórios encontrados com o uso de telas de sombreamento pode ser devido a capacidade de um material genético se adaptar a determinado ambiente de cultivo, obtendo-se respostas diferenciadas em função da espécie, cultivar, local e época de cultivo.

As médias de massa fresca e massa seca, bem como de produtividade, obtidas neste experimento estão muito abaixo das médias encontradas em experimentos semelhantes, tal como encontrado por AQUINO *et al.* (2014), em que a produtividade da cultura variou entre 24,20 e 46,11 t ha⁻¹. Provavelmente, estes baixos valores podem ser devido à baixa tolerância da variedade Mondai às altas temperaturas encontradas na região durante a época do ano em que o experimento foi desenvolvido, o que prejudica o crescimento e desenvolvimento da cultura da alface, já que na cidade de Juazeiro - BA apresenta temperaturas de até 26,2° no mês de janeiro. Este fato ressalta a importância da seleção de variedades que apresentem tolerância às condições adversas encontradas na região e no emprego de técnicas de cultivo onde as plantas estejam protegidas, garantindo sua produção durante todo o ano.

CONCLUSÕES

O uso de telas de sombreamento não constitui uma alternativa para o cultivo da variedade de alface roxa Mondai, sendo esta não recomendada para as condições da cidade de Juazeiro-BA durante o período de altas temperaturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, C.R.; SEABRA JUNIOR, S.; CAMILI, E. C.; DIAMANTE, M.S.; PINTO, E.S.C. Produção e tolerância ao pendoamento de alface-romana em diferentes ambientes. **Rev. Ceres**, vol.61 n.4 Viçosa July/Aug, 2014.

COSTA RC; CALVETE EO; REGINATTO FH; CECCHETTI D; LOSS JT; RAMBO A; TESSARO F. Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, 29: 98-102, 2011.

DALASTRA, G.M.; HACHMANN, T. L.; ECHER, M. M.; GUIMARÃES, V. F.; FIAMETTI, M. S. Características produtivas de cultivares de alface mimosa, conduzidas sob diferentes níveis de sombreamento, no inverno. **Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon**, v. 15, n. 1, jan./mar., p. 15-19, 2016.

EMBRAPA, Médias Anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro (Petrolina-PE 09°09'S, 40°22'W). Período 1975-2014. **Embrapa semiárido**. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>, 2015.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 402p, 2000.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F.A. Tipos de alface cultivados no Brasil. Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças - Comunicado Técnico**, 75, 7 p. , 2009.

LUZ, A.O., SEABRA, J. S, SOUZA, S.B.S de; NASCIMENTO, A. B. **Resistência ao pendoamento de genótipos de alface em ambientes de cultivo**. Agrarian, 2:71-82, 2009.

QUEIROGA, R. C. F. Produção de alface em função de cultivares e tipos de tela de sombreamento nas condições de Mossoró. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 192-196, 2001.

SANTANA, C. V. S.; ALMEIDA, A. C.; TURCO, C. H. N. Produção de alface roxa em ambientes sombreados na região do Submédio São Francisco - BA. **Revista Verde**, Mossoró, v.4, n.3, p. 01- 06, 2009.

SOUSA NETO, O.N. Produção de alface hidropônica e microclima de ambiente protegido sob malhas termo-refletoras. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 84-90, 2010.

ZUFFO, A. M. JÚNIOR, J. M. A., da SILVA, R. L., de MENEZES, K. O. Análise de crescimento em cultivares de alface nas condições do sul do Piauí. **Revista Ceres**, v. 63, n. 2, p 113-120, 2016.

MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO DE CHUVA E TEMPERATURA DO AR NA REGIÃO DAS MATAS DE MINAS

Williams Pinto Marques Ferreira ¹, Thalyta Varejão Miranda ²

¹ Pesquisador Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Viçosa, MG, williams@embrapa.br; ² Bolsista de iniciação científica EPAMIG Sudeste, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, thalyta.miranda@ufv.br;

RESUMO: A cultura do café tem importância significativa na economia brasileira. Hoje Minas Gerais, é o Estado de maior participação na produção do grão, no qual se destaca a região das Matas de Minas. Essa região apresenta grande potencial ao cultivo do cafeeiro arábica, e é reconhecida pela qualidade da produção. Nesse contexto, faz-se necessário uma investigação técnica acerca dos elementos climáticos que podem afetar a produção regional. O mapeamento dos elementos climáticos da região permite avaliar espacialmente as condições ambientais que permeiam a produtividade das lavouras. Objetivou-se neste trabalho investigar a exatidão de interpoladores frequentemente usado no mapeamento do padrão de chuva e temperatura do ar. Tendo a região das Matas de Minas como área de estudo, e os meses das fases reprodutiva e vegetativa do ciclo fenológico do café arábica como escala temporal. Para tanto, foram feitas interpolações das informações das estações do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, a fim de avaliar os erros gerados pela estimativa desses interpoladores. Constatou-se que o método da Cokrigagem ordinária para chuva, e da Krigagem ordinária para temperatura do ar, foram os que apresentaram melhor desempenho para a interpolação de dados de chuva e temperatura do ar na região de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Café, clima, interpolação, INMET.

INTERPOLATING METHODS TO MAPPING OF RAIN AND AIR TEMPERATURE IN THE MATAS DE MINAS REGION – MG

ABSTRACT: The coffee culture has significant importance in the Brazilian economy. The country is the largest exporter of coffee in the world, with Minas Gerais is the state with the largest share of grain production, with emphasis on the Matas de Minas region. This region presents a great potential for the cultivation of coffee Arabica and it is recognized by the quality of the production. In this context it is necessary a technical investigation about the climatic elements that can affect the regional production. The mapping allows the spatial evaluate of the conditions that pervade the productivity of the crop. The objective of this work was to generate maps that represent the pattern of rainfall and air temperature in the Matas de Minas region in the reproductive and vegetative phases of the the Arabica coffee phenological cycle. Tests of interpolation method and semivariogram adjustment models were performed, with the program Arcgis version 10.3, with different interpolators, to evaluate the correctness of the information from the (INMET, in Portuguese) National Meteorology Institute. It was used a time scale with 53 years, containing records of rainfall and air temperature of meteorological stations. It was concluded that the geo-statistical methods were the methods with the best performance for the mapping of these elements in the study region.

KEY-WORDS: Coffee, climate, interpolation, INMET.

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como o maior exportador de café do mundo, sendo Minas Gerais o Estado que registra os maiores volumes na produção do grão, onde a região das Matas de Minas situada no sudeste do estado, tem se destacado com significativo crescimento do cultivo do café arábica. Considerando a importância da produção cafeeira no estado, e a relevância do padrão do clima para o desenvolvimento vegetal, o mapeamento de elementos climáticos é uma importante ferramenta para estudar a aptidão à produção de determinada cultura (MEIRELES et al., 2007). No entanto, uma limitação à confecção de mapas que expressem os elementos climáticos que podem interferir nos resultados da safra do café, é a pequena quantidade de estações climatológicas na região.

De acordo com Carvalho, Assad, Pinto (2012) quando se tem pequeno volume de dados para representação espacial, métodos de interpolação são utilizados para estimar valores de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma região. Esses métodos são classificados em estatísticos, geoestatísticos e combinados (LI; HEAP, 2008).

Mediante a importância da produção cafeeira da região, a relevância do estudo do clima para o cultivo de café, e das particularidades fenológicas da planta, o objetivo desse trabalho é avaliar o desempenho de diferentes interpoladores, para o mapeamento das médias mensais de chuva e temperatura do ar na região das Matas de Minas, durante os meses das fases reprodutivas e vegetativas do café arábica.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram tabulados dados de precipitação, temperatura mínima e máxima do ar de 65 estações meteorológicas, do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia contidas nas Matas de Minas, e em regiões vizinhas. Ao definir a escala temporal dos dados das estações meteorológicas, consideraram-se os meses de setembro a março, referentes a primeira, terceira e quarta fases do ciclo fenológico do café arábica (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

A escolha dos interpoladores foi feita em conformidade com o trabalho de Perin et al. 2015, que fez uma revisão bibliográfica para averiguar métodos mais utilizados e mais eficientes para mapeamento de chuva e temperatura do ar. Esse trabalho mostrou que na espacialização de dados térmicos e pluviométricos, o IDW, foi o interpolador mais frequente entre os não geoestatísticos, e dentre os geoestatísticos destacou-se a Krigagem em suas variações (PERIN et al., 2015). A Krigagem é um método geoestatístico que estima valores ótimos amostrais de um ponto, e leva em consideração o número de amostras e sua localização, a distância entre as amostras, a zona a ser estimada, e a continuidade espacial da variável em estudo (PERIN et al., 2015). Já o IDW – Inverso da Distância ao Quadrado (sigla em inglês) é um interpolador estatístico que estima valores de um atributo por meio de combinação linear dos pontos mais próximos (PERIN et al., 2015)

A partir disso, para elaborar os mapas do padrão de chuva e temperatura do ar na região das Matas de Minas, considerou-se os interpoladores IDW, krigagem ordinária - KO, krigagem universal - KU, e Cokrigagem ordinária – CO (com valores altimétricos como variável secundária tendo em vista as características topográficas da área de estudo), como variações de método geoestatísticos de estimativa.

Foi utilizado o software Microsoft Excel, para elaboração de planilhas com médias mensais de temperatura do ar e precipitação, de setembro a março. Ao todo,

foram agrupadas informações referentes a cinquenta e três anos de registro, de 1961 a 2014, das estações meteorológicas do INMET, nos meses de setembro a março, período referente a fase reprodutiva e vegetativa do café arábica.

A partir do georreferenciamento das informações das estações meteorológicas, fez-se interpolações dos valores médios de temperatura (máxima e mínima) do ar e de precipitação mensal média na extensão *geostatistical analyst* do programa ArcGis 10.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1 são apresentados valores dos erros médios das interpolações IDW, Krigagem ordinária, Krigagem universal e Cokrigagem ordinária nos meses de estudo, para as médias de temperatura máxima e mínima, e médias mensais de precipitação, gerados pelos interpoladores.

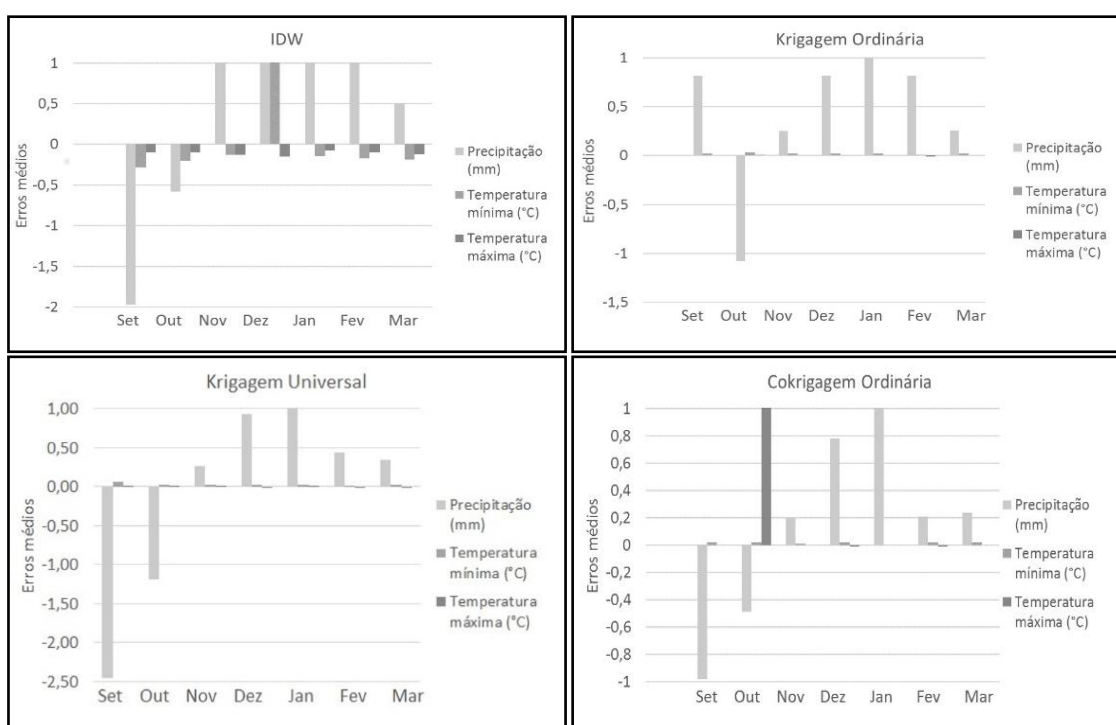


Figura 1 - Erros médios obtidos com a interpolação com IDW, Krigagem ordinária, Krigagem universal e Cokrigagem ordinária dos valores de temperatura máxima, mínima, e precipitação.

Com base na Figura 1, pode-se observar menor exatidão nos resultados do IDW, possivelmente devido a pequena concentração de pontos. Esse interpolador apresentou grande discrepância nos valores de erros médios, sobretudo com a variável precipitação, uma vez que seus parâmetros de cálculo fazem previsões de novos valores tomando como base os pontos mais próximos.

Diferentemente, as variações da Krigagem apresentaram menores erros, sobretudo para valores de temperatura do ar.

Os erros médios gerados pelos semivariogramas dos interpoladores geoestatísticos foram menores com os métodos de interpolação geoestatísticos. Houve também significativa diferença entre as interpolações de chuva, e temperatura.

CONCLUSÕES

A partir dos erros médios gerados pelos interpoladores, pode-se apontar os interpoladores geoestatísticos como métodos mais exatos para mapear dados de chuva e temperatura do ar na região a partir de informações de estações meteorológicas, no período analisado.

REFERÊNCIAS

CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CARVALHO, J. R. P. de, ASSAD, e. D. e PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2012.

LI, J.; HEAP, A. A. Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists. **Geoscience Australia Record**, Canberra, 2008.

MEIRELES, E. J. E; VOLPATO, M. M. L; ALVES, H.M.R; VIEIRA, T. G. C. Zoneamento agroclimático: Um estudo de caso para o café. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 241, p. 50 - 57, 2007.

PERIN, E. B., NOVAES V. L. F., RICCE W.S., MASSIGNAM, A. M., PANDOLFO, C. Interpolação das variáveis climáticas temperatura do ar e precipitação: revisão dos métodos mais eficientes. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 40, n. 2, p. 269-289, 2015.

PARAMETRIZAÇÃO DO ALBEDO PARA ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR REFLETIDA EM SUPERFÍCIE URBANA

Ayrton Zenón De La Cruz Alfaro¹, Joana Madeira Krieger², Francisco Leite de Albuquerque Neto³, Gustavo Bastos Lyra⁴

¹Mestrando em Engenharia de Biosistemas, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, ayrtondelacruz@gmail.com; ²Mestranda em Práticas em Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, joanakrieger@gmail.com; ³Pesquisador, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, albuquerque@lma.ufrj.br; ⁴Professor, Departamento de Ciências Ambientais do Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, gblyra@gmail.com

RESUMO: O albedo é essencial para estimativa do balanço de radiação solar, e assim permite quantificar a radiação absorvida à superfície e utilizada em processos físicos, biogeoquímicos e biofísicos. Esse trabalho compara a influência de três parametrizações do albedo à superfície na estimativa da radiação solar refletida (Q_r) no município do Rio de Janeiro. As medições da radiação solar incidente e refletida foram realizadas por dois piranômetros posicionados acima de uma superfície de solo nu entre o final do outono e início do inverno de 2015. Avaliou-se a precisão (coeficiente de determinação) e exatidão (coeficiente de eficiência de Nash e Sutcliffe e erro percentual absoluto médio) das estimativas de Q_r em relação às suas observações. A parametrização proposta por Yang (2006) apresentou estimativas mais exatas e com precisão similar a Orsini et al. (2000) para a região de estudo, sendo ambas superiores ao uso do albedo médio diário. As parametrizações do albedo horário tem influência da região onde elas são propostas, sendo importante desenvolver parametrizações representativas de diferentes realidades ou um modelo universal eficiente.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação solar, modelagem, coeficiente de reflexão.

PARAMETERIZATION OF ALBEDO FOR THE ESTIMATION OF REFLECTED SOLAR RADIATION TO AN URBAN SURFACE

ABSTRACT: The albedo is essential for the estimation of the shortwave radiation budget and allows to quantify absorbed radiation at surface to be used in physical, biogeochemical and biophysical processes. Therefore, this work assesses three parameterizations of the albedo in the estimation of reflected solar radiation (Q_r) in the city of Rio de Janeiro. The measurements of incident and reflected solar radiation were performed by two pyranometers positioned above a bare soil surface between late autumn and early winter of 2015. The precision (coefficient of determination) and accuracy (Nash and Sutcliffe efficiency coefficient and mean absolute percentage error) of the estimates of Q_r were evaluated. The parameterization proposed by Yang (2006) presented more accurate estimates, but with similar precision to Orsini et al. (2000) for the region of study. The parameterizations of the hourly albedo have influence of the region where they are proposed, being important to develop representative parameterizations of different realities or an efficient universal model.

KEY-WORDS: Solar radiation, modelling, coefficient of reflection.

INTRODUÇÃO

O balanço de energia na Terra tem influência em diferentes processos e escalas. A radiação solar incidente é absorvida pela superfície ou refletida de volta para o espaço, sendo redistribuída dentro da atmosfera e entre a atmosfera e a superfície. Esse balanço radiativo afeta o clima, os ciclos biogeoquímicos, os processos biofísicos, entre outros. Entende-se então a necessidade de determinar as diferentes componentes do balanço radiativo, que possibilitam identificar as variações na temperatura do ar, precipitação, evapotranspiração e na absorção diária de CO₂.

Medidas da radiação solar incidente à superfície (Q_g) e da radiação solar refletida (Q_r), variáveis importantes para a determinação do albedo, são escassas nas estações meteorológicas convencionais, sendo que apenas 20 % das estações fazem medidas dessas variáveis (LIMA, 2005). Segundo Liu *et al.* (2009), devido à dificuldade de mensuração contínua e de qualidade dessas variáveis existe a necessidade de desenvolver métodos para estimá-las.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar diferentes parametrizações do albedo horário na estimativa da radiação de ondas curtas refletida por uma superfície urbana no município do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na área da Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA) em Santa Cruz, município do Rio de Janeiro (22° 55' 13" S e 43° 41' 6" W). O Q_g e o Q_r foram obtidos por dois piranômetros (CMP3, Kipp & Zonen, The Netherlands) instalados numa estação micrometeorológica localizada em uma área de terreno plano, descampado e com solo exposto. Os piranômetros estavam conectados a um sistema automático de aquisição de dados (CR1000, Campbell Scientific, Utah, USA), programado para realizar medidas a cada minuto e armazenar a média de 30 min. A campanha de medidas ocorreu durante maio e junho de 2015. Para as análises, foram escolhidos 14 dias de céu sem nebulosidade, caracterizados por período de insolação superior a noventa por cento com transmissividade global da atmosfera superior a 0,85.

Aproximadamente 30 % (cinco dias) das medições foram utilizadas para calcular o albedo para o ângulo zenital igual a 60° (α_{60}), para a máxima elevação solar (α_x) e o albedo médio (α), determinado pela média aritmética dos albedos obtidos a partir das medidas. Além desses, foram calculados ao longo do período diurno os ângulos zenital e de elevação solar em intervalos de 30 min (IQBAL, 1983; CAMPBELL e NORMAN, 1989). Os outros 70% das observações (nove dias) foram aplicados para testar os valores determinados por meio das diferentes parametrizações do albedo horário.

Na primeira parametrização, o albedo varia em função do ângulo zenital conforme proposto por Yang (2006) para grandes planícies do sudoeste americano e ilhas de Manus e Nauru na região tropical do Pacífico e, a segunda, varia com a elevação solar segundo descrito por Orsini *et al.* (2000) para condições extremas em Reeves Neve Glacier, Antártica. Além disso, foi testado o uso do albedo médio diário constante. As parametrizações são descritas abaixo:

$$\alpha_h = \alpha_{60} (1,773 - (2,753 \times \cos Z) + (3,053 \cos Z^2) - (1,367 \times \cos Z^3)) \quad (1)$$

$$\alpha_h = \alpha_x + (1 - \alpha_x) \times e^{(-0,1 \times ES - \frac{1 - \alpha_x}{2})} \quad (2)$$

em que, $\cos Z$ é o cosseno do ângulo zenital e ES (graus) é o ângulo de elevação solar.

A radiação solar no topo da atmosfera (Q_o), Q_g e Q_r foram estimados para cada uma das parametrizações do albedo pelas eq. abaixo (IQBAL, 1983; CAMPBELL e NORMAN, 1989):

$$Q_o = J_o \ dr \ \cos Z \quad (3)$$

$$Q_g = Q_o \ e^{[-ke \ (\frac{1}{\cos Z})]} \quad (4)$$

$$Q_r = \alpha \ Q_g \quad (5)$$

em que, J_o (1390 W/m^2) é a constante solar, dr é a distância média Terra-Sol, ke é o coeficiente de extinção e α é o albedo para cada uma das parametrizações e para o valor médio. J_o , dr e $\cos Z$ foram determinados conforme descrito em Iqbal (1983). O coeficiente de extinção ($ke = 0,2833$) foi obtido com base nas observações de Q_g e da eq. 4, com auxílio do software *OpenModel*. Apesar de ke não ter sido diretamente analisado estatisticamente, foram avaliados parâmetros dependentes dele.

Nos testes, Q_r estimada em função das parametrizações do albedo foi comparada a Q_r observada. Para isso, consideraram-se os índices estatísticos: coeficiente de determinação (r^2), que permite inferir sobre a precisão das estimativas em relação as observações; o coeficiente de eficiência de Nash e Sutcliffe (*COE*), responsável por quantificar a exatidão das estimativas e o erro percentual absoluto médio (*MAPE*), que indica o erro médio expresso em porcentagem do valor observado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que a parametrização segundo Orsini *et al.* teve o maior r^2 em relação à parametrização apresentada por Yang e ao albedo médio. Contudo, o *COE* para a parametrização proposta por Yang foi superior ao valor observado para Orsini *et al.* e o albedo médio. O *MAPE* foi menor para a parametrização de Yang em relação as outras duas abordagens. Esses resultados indicaram que as estimativas de Q_r quando considerada a parametrização de Orsini *et al.* foi mais precisa, enquanto Yang proporcionou estimativas mais exatas. De qualquer forma, as diferenças entre os índices estatísticos avaliados para as parametrizações de Orsini *et al.* e Yang tiveram diferenças menores que 3%.

Tabela 1. Índices estatísticos dos modelos estudados

Parametrização	r^2	<i>COE</i>	<i>MAPE</i>
Albedo médio	0,9568	0,8996	61,7 %
Orsini <i>et al.</i>	0,9868	0,9379	58,7 %
Yang	0,9759	0,9713	57,1 %

A energia refletida estimada a partir do albedo médio teve tendência de subestimar os valores no início da manhã e no final da tarde e a superestimar nos horários próximos ao meio dia solar (Figura 1 e 2). Essa tendência pode ser explicada pela constância do albedo, que não reflete sua variação ao longo do dia, e tende a ser maior (menor) quanto menor (maior) é o ângulo zenital.

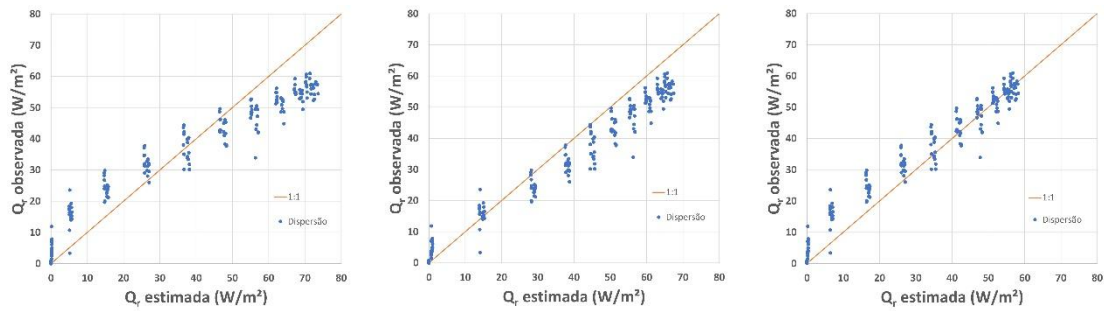


Figura 1. Relação linear entre a radiação solar refletida (Q_r) observada e estimada pelas parametrizações: a) albedo médio, b) Orsini et al. (2000) e c) Yang (2006).

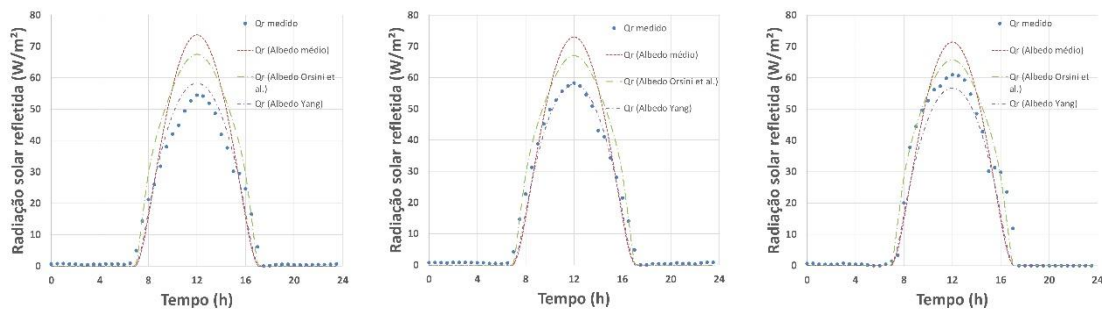


Figura 2. Radiação solar refletida pela superfície para cada parametrização de albedo e as observações para os dias: a) 05/06, b) 08/06 e c) 29/06.

As simulações baseadas no albedo proposto por Orsini *et al.* superestimaram os valores observados de Q_r ao longo de todo o dia. Isso pode ser explicado pois a parametrização proposta pelos autores apresentou resultado satisfatório para regiões de maiores latitudes e com superfície coberta de neve. A neve sobre a superfície aumenta a reflexão de irradiância devido a características intrínsecas. Entende-se então o resultado alto observado para o caso de uma região tropical e solo nu.

A parametrização de Yang apresentou superestimativa dos valores de Q_r no dia 05/06 e subestimativa no dia 29/06, com melhor representação da variação de Q_r em 08/06. Esses resultados indicaram que pode haver influência sazonal no albedo, que não é representada na plenitude por esse modelo. Entretanto, como os dados utilizados neste trabalho são do final do outono até início do inverno, são necessárias séries que contemplem ao menos um ano de medições para análises mais detalhadas.

CONCLUSÕES

Para as condições experimentais, a parametrização de Yang (2006) apresenta melhor representação da estimativa da radiação solar refletida pela superfície. Apesar de a parametrização de Orsini *et al.* (2000) apresentar precisão e exatidão equivalentes à de Yang (2006), essa parametrização induz a superestimativa da radiação refletida.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (processo 461429/2014-4) e a FAPERJ (processo E-26/010.001504/2014) pelo auxílio financeiro para a aquisição dos equipamentos e a CSA pelo auxílio financeiro e também pela facilitação de acesso a área do experimento e segurança patrimonial.

REFERÊNCIAS

CAMPBELL, G.S.; NORMAN, J.M. **An introduction to environmental biophysics**. Springer-Verlag New York. Second Edition. 1998.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. Academic Press Canada, 1983.

LIMA, E.P.; **Evapotranspiração de referência de Penman-Moith, padrão FAO (1998), a partir de dados de temperaturas máxima e mínima de Minas Gerais**, (Dissertação de Mestrado) Curso de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2005.

LIU, X.; MEI, X.; LI, Y.; WANG, Q.; JENSEN, J.R.; ZHANG, Y.; PORTER, J.R. Evaluation of temperature-based global solar radiation models in China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.149, p. 1433-1446, 2009.

ORSINI, A.; CALZOLARI, F.; GEORGIADIS, T.; LEVIZZANI, V.; NARDINO, M.; PIRAZZINI, R.; RIZZI, R.; SOZZI, R.; TOMASI, C. Parameterisation of surface radiation flux at an Antarctic site. **Atmospheric Research**, v.54, p. 245-261, 2000.

YANG, F. Parameterizing the Dependence of Surface Albedo on Solar Zenith Angle Using Atmospheric Radiation Measurement Program Observations. **Sixteenth ARM Science Team Meeting Proceedings**, Albuquerque, NM, 28p, Março, 2006.

VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DO SOLO EM FUNÇÃO DA COBERTURA DE BRAQUIÁRIA E SOLO NU

Guilherme Bariviera¹, Rivanildo Dallacort², Rafael Cesar Tieppo³, Francielle Freitas Vieira⁴, André Tavares de Vasconcelos⁵

¹Graduando em agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, guilherme.bariviera@hotmail.com; ²Egn. Agrícola, Professor, Dr, Universidade do Estado de Mato Grosso-PPGASP, Tangará da Serra, MT, rivanildo@unemat.br; ³Eng. Agrícola, Professor, Dr, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, rafael@unemat.br; ⁴mestranda em Ambiente e sistemas de produção agrícola-PPGASP, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, franciellereitascosta@hotmail.com; ⁵Graduando em agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, andre.vasconcelos04@gmail.com

RESUMO: A temperatura do solo tem importante papel no desenvolvimento das plantas, e tem seu comportamento influenciado por variáveis climáticas e pela cobertura do solo. O objetivo desse trabalho é analisar a variabilidade diária e horária da temperatura do solo sob influência da cobertura de braquiária. Realizou-se o monitoramento da temperatura do solo utilizando sensores termopares do tipo K na profundidade de 5 cm, no período de 20/outubro a 20/novembro de 2015. Dentre o período estudado, escolheu-se o dia 13/outubro de 2015 para analisar o comportamento diário da temperatura do solo. Os tratamentos tinha área de 36 m² cada um, a cobertura de 4000 kg de braquiária foi colocada na área no dia 15/outubro de 2015 e, os sensores foram instalados no dia 14/setembro de 2015. A utilização de cobertura do solo de 4000 kg de braquiária provocou redução de até 1,86 °C nas médias de temperatura do solo. A temperatura do solo no decorrer do dia alcança maiores média entre as 16:00 e 17:00 horas, com temperatura de 29,14 e 27,28 para solo nu e com cobertura, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Amplitude térmica, termopares, perfil do solo

VARIATION OF SOIL TEMPERATURE IN FUNCTION OF BRAQUIARIA AND WITHOUT SOIL COVERAGE

ABSTRACT: Soil temperature has an important role in the development of plants, and its behavior is influenced by climatic variables and soil cover. The objective of this work is to analyze the daily and hourly variability of soil temperature under the influence of Brachiaria cover. Soil temperature monitoring was carried out using thermocouple type K sensors in the depth of 5 cm, from October 20 to November 20, 2015. During the study period, October 13, 2015 was chosen to analyze the daily behavior of soil temperature. The treatments had an area of 36 m² each, the cover of 4000 kg of brachiaria was placed in the area on October 15, 2015 and the sensors were installed on September 14, 2015. The use of soil cover of 4000 Kg of brachiaria caused reduction of up to 1.86 ° C in soil temperature averages. The soil temperature in the course of the day reaches the highest average between 16:00 and 17:00 hours, with a temperature of 29.14 and 27.28 for both naked and covered soil, respectively.

KEY-WORDS: Thermal amplitude, thermocouples, soil profile

INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores de produção está relacionado ao solo, devido sua função de sustentação das plantas, fornecimento de água, nutrientes e calor, sendo condições essas, indispensável para o desenvolvimento de plantas (OLIVEIRA et al., 2005).

Dentre as características do solo que influenciam o sistema de produção de qualquer cultura, destaca-se a temperatura do solo. De acordo com Gasparim et al.(2005) a germinação de sementes, liberação de nutrientes e reações químicas necessitam de temperatura do solo adequadas para ocorrerem.

O solo com ou sem cobertura é a variável que exerce grande influência no armazenamento e troca de energia na superfície do solo (CARNEIRO et al.; 2013). Segundo Gasparim et al. (2005) a cobertura do solo reduz a temperatura do perfil, em comparação ao solo nu. Ribas et al. (2015) relatam menor amplitude térmica do solo com cobertura, em relação ao solo desnudo.

Desta forma, o estudo da temperatura do solo em profundidades diferentes, permitem o conhecimento da condutividade térmica do solo, bem como o comportamento térmico do solo (CARNEIRO et al. 2013). Segundo Moura e Quirino (2010) o fluxo de calor compõe o balanço de energia, a partir disso, pode-se justificar o armazenamento e a variação de calor no interior do solo.

O objetivo desse trabalho é analisar a variabilidade diária e horária da temperatura do solo sob influência da cobertura de braquiária.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus de tangará da Serra, nas dependências do laboratório de meteorologia e horticultura, situado nas seguintes coordenadas geográficas, latitude 14° 39' S, longitude 57° 25' W e 440 m de altitude.

O clima da região é caracterizado por duas estações bem definida, uma estação seca que compreende os meses de maio a setembro e outra chuvosa que engloba os meses de outubro a abril (DALLACORT et al., 2011), com precipitação média anual de 1.800 mm e temperatura média anual de 24,5 °C (DALLACORT et al., 2010). De acordo com a Embrapa (2006) o solo dessa região é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, apresentando textura muito argilosa.

O experimento constitui-se de dois tratamentos, no qual, T1 – solo nu e T2 – solo com cobertura de 4.000 kg de braquiária por hectare. O material vegetal, foi coletado, posteriormente, colocado para secagem em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 65 °C por 72 horas, para determinar a massa seca, após isso, foi calculado a quantidade de material vegetal a ser colocado na área para representar os 4.000 kg por hectare, sendo isso realizado no dia 15/10/2015. As dimensões de cada parcela do tratamento foi de 6 x 6 m, totalizando uma área experimental de 72 m².

Para a coleta dos dados de temperatura, utilizou-se sensores termopares do tipo K, composto de cobre e constantan, unidos na extremidade, envoltos por cápsula de alumínio, lacradas com resina e fita de autofusão, para proteger da oxidação. Os sensores foram alocados no centro da área experimental no dia 14 de setembro de 2015, na profundidade de 5 cm. Esses sensores foram conectados a um datalogger do modelo CR 1000 da Campbell Scientific para o armazenamento dos dados de temperatura, no qual, eram armazenados em intervalos de 10 minutos.

O período da coleta de dados se deu a partir do dia 20 de outubro de 2015 a 20 de novembro de 2015, totalizando 32 dias de coleta. Dentre os 32 dias de coleta dos dados, escolheu-se aleatoriamente o dia 13 de outubro de 2015 para analisar o comportamento da temperatura nos dois tratamentos no decorrer das 24 horas. Deu-se o intervalo de 35 dias entre a instalação dos sensores e a coleta de dados, para a verificação do correto funcionamento dos mesmos e para o solo se agregar e ter melhor contato com os sensores. Os dados desse período foram separados e trabalhados em planilhas do Software Excel®, posteriormente construídos gráficos para discussão dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média do ar e a incidência da radiação solar foram de 26,78 °C e 19,60 MJ/m², respectivamente, com um total de precipitação acumulado de 186,69 mm, durante o período do experimento.

Verifica-se que a temperatura do solo varia em função da cobertura presente na superfície do solo, na profundidade de 5 cm, no qual o solo nu apresenta maiores temperaturas em relação ao solo com cobertura (Figura 01). De acordo com Coelho et al. (2013) a cobertura atua como barreira física, interceptando a incidência de radiação solar, diminuindo assim, a transferência de energia e vapor de água para atmosfera, reduzindo as oscilações da temperatura do solo na superfície.

A temperatura média entre o dia 20/10/2015 a 20/11/2015, período que compreende o trabalho foi de 29,14 °C para solo nu e 27,28 °C no solo com cobertura. Comportamento semelhante, foram observados por Gasparim et al. (2005) onde encontraram temperatura média para solo nu, solo com 4000 e 8000 kg.ha⁻¹ de cobertura com aveia preta de 24,8 °C, 23,5 °C e 23,0 °C, respectivamente.

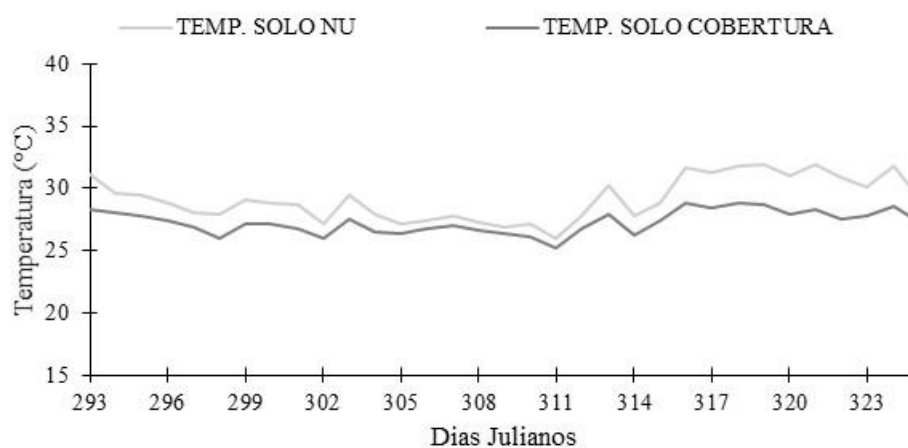


Figura 01. Temperatura média diária do solo nu e com cobertura de 4000 Kg.ha⁻¹ de braquiária, a 5 cm de profundidade na região de Tangará da Serra – MT.

Para a variação da temperatura ao longo do dia, ou seja, durante as 24 horas do dia 13 de outubro de 2015, verifica-se comportamento semelhante entre o solo nu e com cobertura, contudo, o solo nu apresenta maiores médias de temperatura no decorrer do dia em relação ao solo com cobertura (Figura 02).

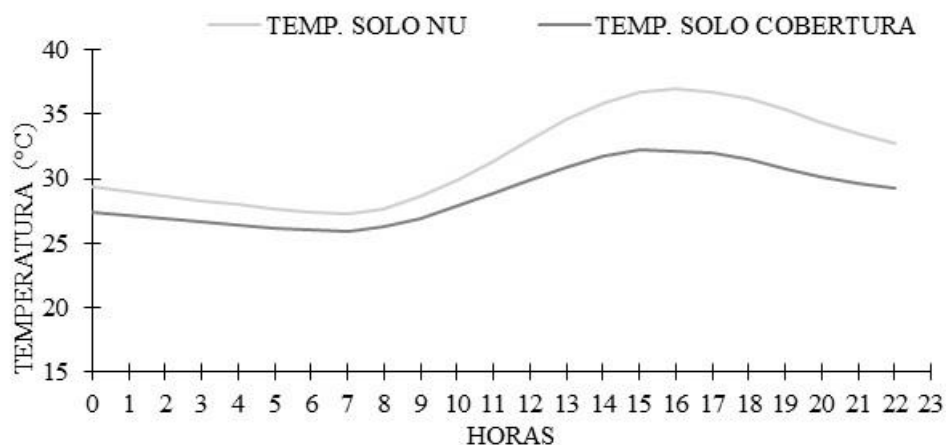


Figura 02. Variação da temperatura do solo no decorrer de 24 horas, para o solo nu e com cobertura de 4000 Kg.ha⁻¹ de braquiária na região de Tangará da Serra – MT.

Nas primeiras horas da manhã, tem-se as menores médias de temperatura do solo, a partir das 09:00 horas da manhã começa a ocorrer um aquecimento do solo, assim a temperatura se eleva, atingido as maiores médias entre as 16:00 e 17:00 horas da tarde, com temperatura de 36,91 e 36,72 °C para solo nu e, 32,22 e 32,17 °C para o solo com cobertura.

Gasparim et al. (2005) verificaram o mesmo comportamento para a temperatura do solo, na profundidade de 5 cm, no qual o solo nu apresentou maior média de temperatura durante o dia, atingindo o máximo da temperatura as 16:00 horas da tarde, salientando que a cobertura reduz a temperatura do solo no perfil, em relação ao solo nu.

CONCLUSÕES

A cobertura do solo com braquiária reduziu a temperatura em 1,86 °C do solo em relação ao solo nu.

A temperatura do solo nu e com cobertura foi de 29,14 e 27,28 °C, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Ao Cnpq pela concessão da bolsa de iniciação científica para o desenvolvimento do trabalho e a Fapemat pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

CARNEIRO, R. G. et al. Estudo da temperatura do solo em dois biomas florestais nos períodos, chuvoso e seco. **Revista Brasileira de Geografia e Física**, v. 6, n. 4, p. 1009 – 1022, 2013.

COELHO, M. E. H. et al. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 369 – 378, 2013.

DALLACORT, R. et al. Aptidão agroclimática do pinhão manso na região de Tangará da Serra, MT. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 373–379, 2010.

DALLACORT, R. et al. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193–200, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: EMBRAPA, 2006. 306 p.

GASPARIM, E. et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 107 – 115, 2005.

MOURA, M. A. L.; QUERINO, C. A. S. Variação sazonal do fluxo de calor no solo dentro de um manguezal tropical. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 296 – 302, 2010.

OLIVEIRA, M. L. et al. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 535 – 539, 2005.

RIBAS, G. G. et al. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 5, p. 817 – 828, 2015.

CALIBRAÇÃO DO CEPTÔMETRO ACCUPAR PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR NA CANA-DE-AÇÚCAR

Herica Fernanda de Sousa carvalho¹, Magna Soelma Beserra de Moura², ³Thieres George Freire da Silva, ⁴Geovane Damasceno Silva, ⁵Carlos Tiago Amâncio Rodrigues

¹Bolsista DTI, CNPQ, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, hericafernanda_17@hotmail.com;

²Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, magnamoura@embrapa.br; ³Professor, UFRPE/UAST;

⁴Graduando ciências biológicas-UPE Petrolina-PE; ⁵ Mestrando, UNIVASF, Juazeiro-BA.

RESUMO: Para determinar o índice de área foliar (IAF) vários métodos diretos e indiretos são utilizados. Os métodos diretos são pouco utilizados, apesar de serem mais precisos, também são mais trabalhosos; enquanto os métodos indiretos são mais rápidos, em geral utilizando a interceptação de luz pelo dossel, tornando-se uma alternativa para estimativa deste parâmetro. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a calibração do sensor portátil ceptômetro Accupar visando a sua utilização em estimativas do IAF na cultura da cana-de-açúcar. Para tanto, foram realizadas leituras do IAF em campo por meio do equipamento ceptômetro Accupar em quatro subáreas de 1 m² do canavial. As plantas e folhas de todas as subáreas foram coletadas e levadas ao laboratório para determinação da área foliar. A partir da correlação entre os dados, percebeu-se que, os dados do ceptômetro accupar, método indireto, situaram próximos aos dados do integrador de área foliar, método direto, indicando que o equipamento ceptômetro Accupar é adequado para estimar o IAF ao longo do ciclo da cultura da cana-de-açúcar ao longo do tempo, sem a necessidade de realizar a correção dos dados.

PALAVRAS-CHAVE: área foliar, accupar, instrumentação.

CALIBRATION OF THE CEPTOMETER ACCUMULATE FOR DETERMINATION OF THE FOLIAR AREA INDEX IN THE SUGAR CANE

ABSTRACT: To determine leaf area index (LAI) several direct and indirect methods are used. Direct methods are little used, although they are more precise, they are also more laborious; While indirect methods are faster, generally using light interception by the canopy, making it an alternative to estimate this parameter. Thus, the objective of this work was to perform the calibration of the portable sensor Accupar ceptômetro for its use in estimates of the IAF in the sugarcane crop. In order to do so, IAF readings were performed in the field using the Accupar ceptometer equipment in four subareas of 1 m² of the cane field. The plants and leaves of all the subareas were collected and taken to the laboratory to determine the leaf area. From the correlation between the data, it was noticed that the data of the cepupometer accupar, indirect method, located close to the data of the leaf area integrator, direct method, indicating that the Accupar ceptometer equipment is adequate to estimate the LAI along the Cycle of the sugarcane crop over time, without the need to perform the correction of the data.

KEY-WORDS: accupar, instrumentation, leaf area.

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar, pertencente ao grupo de vegetais C4, se destaca pelas altas produtividades de biomassa, particularmente sob condições irrigadas, sendo muito importante para a economia brasileira (SILVA et al., 2012). Neste sentido, acompanhar o seu crescimento ao longo do ciclo de cultivo torna-se uma necessidade para estimar sua capacidade produtiva, ou possíveis alterações que venha ocorrer durante seu desenvolvimento.

Para suprir essa necessidade, vários métodos diretos e indiretos são utilizados para determinar o índice de área foliar (IAF) ou índice de cobertura vegetal (ICV), parâmetro biofísico, que permite avaliar a capacidade e velocidade de determinada comunidade vegetal ocupar a área de solo disponível (LUCCHESI, 1987). A área foliar tem relação com a interceptação da radiação solar, trocas gasosas e energéticas, possuindo assim relação direta com a produtividade. Essa variável é utilizada também na entrada de modelos hidrológicos e de crescimento, sendo dessa forma, importante de verificar métodos simples e rápidos para uso em campo.

De modo geral, os métodos diretos são pouco utilizados, apesar de serem mais precisos, pois necessita realizar a desfolha das plantas em campo, tornando o trabalho dificultoso e reduzindo o stand de campo. Assim, os métodos indiretos têm sido mais utilizados, uma vez que os equipamentos utilizados possuem prático manuseio e apresentam resultados próximos aos do método direto. As estimativas do IAF por meio de equipamentos pertencentes aos métodos indiretos precisam ser calibrados, visando obter leituras próximas aos métodos diretos. Assim, objetivou-se realizar a calibração do sensor portátil ceptômetro Accupar, visando a sua utilização em estimativas do IAF na cultura da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área de cana-de-açúcar irrigada, no município de Juazeiro-BA, (09°26'S; 40°19'O; 396 m), variedade VAT 90-212, terceiro ciclo de produção, cultivada no solo do tipo Vertissolo, plantada em sentido leste-oeste, com fileiras em espaçamento duplo de 1,3 m x 1,0 m, irrigada por gotejamento subsuperficial. Segundo a classificação de Köopen, o clima da área de estudo é do tipo BSw^h, tropical semiárido, com temperatura do ar variando de 20,7 °C a 32,1 °C, mínima e máxima, média de 26,4 °C, umidade relativa do ar média de 62% e precipitação anual de 520 mm (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2015).

O índice de área foliar (IAF) foi determinado pelo método indireto e direto, em quatro subáreas de 1 m², caracterizando os estágios de crescimento do canavial. Em cada coleta, as subáreas foram delimitadas utilizando uma grade de 1 m², na qual foram realizadas as determinações do IAF utilizando-se o sensor portátil ceptômetro (AccuPAR, LP-80, Decagon Devices, Pullman, USA). Este equipamento se baseia na técnica não destrutiva de interceptação da luz para estimativa do IAF, e para sua aplicação foram realizadas quatro medidas da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) acima e mais quatro abaixo do dossel de cana-de-açúcar, nesse caso, as medições foram realizadas a 0,10 m da superfície do solo.

Em seguida, as plantas dessas subáreas foram cortadas, acondicionadas em sacos plástico e levadas ao laboratório, onde foram desfolhadas e tiveram sua área foliar integralizada por meio do medidor de bancada de área foliar (LI-3100, LI-COR Inc., Lincoln, NE). Posteriormente, as folhas foram armazenadas em sacos de papel e levadas a estufa de ventilação forçada até obtenção de massa seca constante.

Os dados do índice de área foliar obtidos pelo método direto (técnica destrutiva) e pelo método indireto (técnica da interceptação da luz) foram submetidos à análise de regressão, cuja significância de seus parâmetros foi avaliada pelo teste F e “t” de Student ao nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentada a correlação entre os dados estimados pelo ceptômetro Accupar (método indireto) e determinados de forma destrutiva (método direto), na qual se constatou alta correlação, com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,93, significativo ao nível de 1% de probabilidade. Resultados semelhantes foram relatados por Facchi et al. (2010) ao comparar os dois métodos, visando obter a mesma calibração para o IAF na cultura do milho.

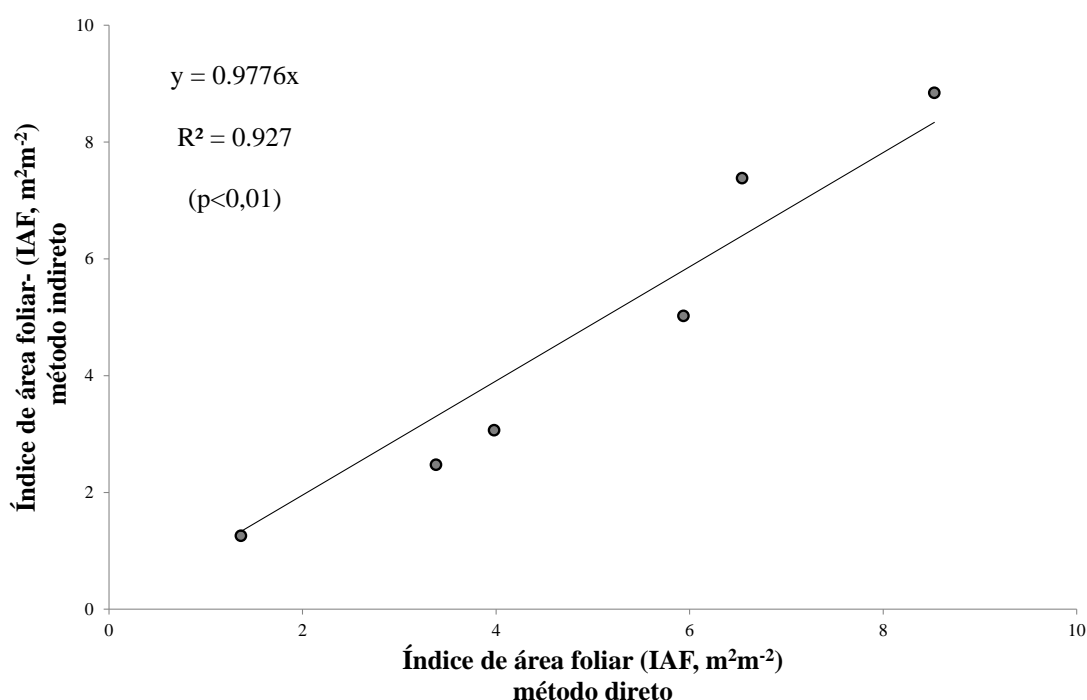


Figura 1. Correlação entre os dados de índice de área foliar estimado pelo método indireto e observado pelo método direto, da cana-de-açúcar irrigada, no Submédio do Vale do São Francisco.

Ao se comparar os resultados obtidos da calibração do fabricante, com a calibração do equipamento na cultura da cana-de-açúcar, observa-se que a curva ficou bem próxima daquela recomendada pelo fabricante (Figura 2). Neste caso para fins de utilização de dados com maior precisão, é necessário realizar a correção com a equação gerada por meio da correlação apresentada na Figura 1. White et al. (2000), obtiveram resultados satisfatórios do IAF em ecossistemas áridos estimado pelo LAI 3100 e ceptômetro, mostrando semelhança entre eles, dentre outros métodos utilizados.

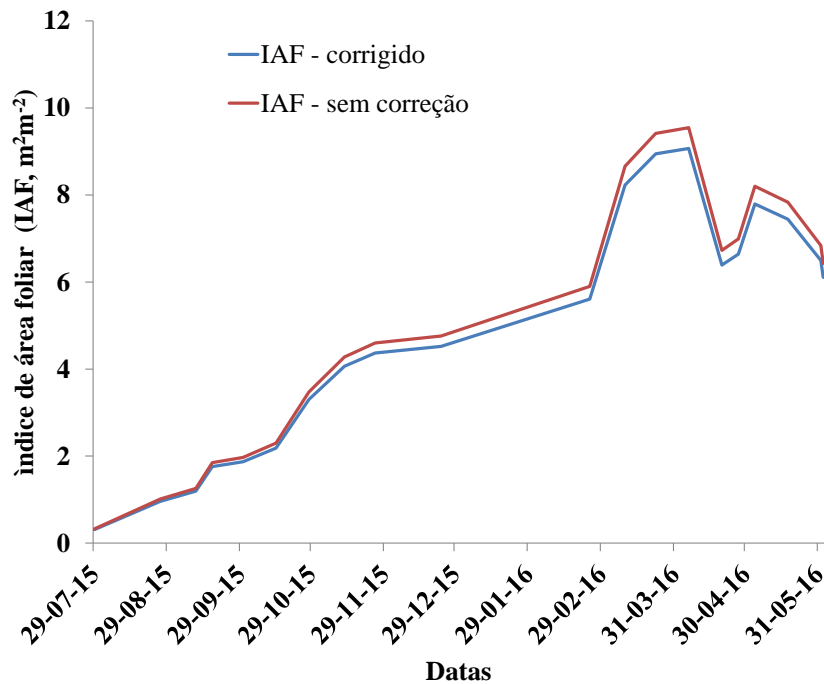


Figura 2. Comportamento do índice de área foliar ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale São Francisco.

As variações dos valores de IAF ao longo do ciclo demonstram o comportamento do desenvolvimento da cultura durante seu desenvolvimento, sendo possível utilizar o Accupar para estimar o IAF da cana-de-açúcar. Na primeira data de observação 29-07-2015, que correspondeu aos 46 dias após o corte (DAC), a cultura se encontrava com $0,39 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, apresentando crescimento lento até meados de janeiro (29-01-16), seguido de rápido aumento, alcançando $9,00 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ no período de máximo crescimento. Ainda na Figura 2, nota-se o decréscimo do IAF entre 31-03-16 e 30-04-16, época em que ocorreu o tombamento da cana-de-açúcar, posteriormente, seguido por oscilações nos valores em função do acamamento da palhada e retomada do crescimento da planta.

Vale ressaltar que pode ocorrer variação na curva de crescimento da cultura, dependendo das condições edáficas, manejo de irrigação, além da variedade. Na mesma região do presente estudo, Silva et al. (2012) encontraram IAF máximo de $5,30 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, para a variedade RB 92579, irrigada por sulcos. Na Paraíba, Farias (2001) observou IAF de $6,48 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ para a variedade SP 791011 irrigada, enquanto Valela (2002), encontrou IAF de $7,08 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Dessa forma, no presente estudo foram registrados valores de IAF mais elevados, e na realidade, esta cultivar (VAT 90-212) está se destacando no Submédio do São Francisco com elevados valores de produção.

CONCLUSÕES

O equipamento ceptômetro Accupar é adequado para estimar o IAF ao longo do ciclo da cultura da cana-de-açúcar ao longo do tempo, sem a necessidade de realizar a correção dos dados.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Processo 483223/2011-5) pelo auxílio financeiro e a CAPES pela concessão da Bolsa de Pós-graduação da primeira autora.

REFERÊNCIAS

FACCHI, A. et al. Comparing optical and direct methods for leaf area index determination in a maize crop. **Journal of Agricultural Engineering**, Itália, v. 1, p. 33-40, 2010.

FARIAS, C.H. de A. Desempenho morfofisiológico da cana-de-açúcar em regime irrigado e de sequeiro na Zona da Mata paraibana. UFPB/PB, 2001,78p. (Dissertação de Mestrado).

LUCCESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In. Castro, P. R. C.; Ferreira, S. O.; Yamada, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba, Associação Brasileira para pesquisa de Potassa e Fosfato, 1987. P. 1-11.

SILVA, T. G. F. et al. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana de açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.1, p.64-71, 2012.

WHITE, M. A. et al. Measuring Fractional Cover and Leaf Area Index in Arid Ecosystems: Digital Camera, Radiation Transmittance, and Laser Altimetry Methods. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.74, p. 45-57, 2000.

VARELA, A.C.G., Análise do comportamento morfofisiológico da cana-de-açúcar irrigada, variedades SP 791011 e SP 716949, nos Tabuleiros Costeiros Paraibanos. UFPB/PA, 2002, 89p. (Dissertação de Mestrado).

PARTIÇÃO DO FLUXO LÍQUIDO DE CO₂ EM ECOSISTEMA DE PASTAGEM

José Darlon Nascimento Alves¹, Eduardo Alvarez Santos², Aristides Ribeiro³

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, E-mail: jose.darllon@hotmail.com; ² PhD em Land Resource Science e professor na Kansas State University, Manhattan, Kansas, EUA. E-mail: esantos@ksu.edu; ³ Doutor em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) e professor na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, E-mail: aristides.ufv@gmail.com.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi particionar o fluxo líquido de carbono em fotossíntese e respiração de um ecossistema de pastagem natural por meio da técnica de covariância de vórtices turbulentos. O sítio experimental está localizado em uma área de pastagem natural com aproximadamente 3.487 hectares, na Universidade do Estado do Kansas, em Manhattan, Kansas, Estados Unidos. Foram analisados dados de fluxos obtidos durante o período de maio a outubro de 2016. As medições dos fluxos de CO₂ foram realizadas por meio da técnica da covariância de vórtices turbulentos na frequência de 20 Hz. Foi realizada a estimativa da respiração durante o dia, a partir da relação não linear entre a troca líquida do ecossistema durante a noite e a temperatura do solo noturna, a cada dois meses (maio-junho, julho-agosto, setembro-outubro). Observou-se variação do fluxo líquido de CO₂ na pastagem entre -30 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ e 15 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. Ao realizar a partição do fluxo de CO₂ do ecossistema, foram obtidas maiores taxas de fotossíntese em relação à respiração do ecossistema em todos os meses analisados. Durante o experimento, o ecossistema atuou como sumidouro de carbono, o que refletiu em aumento de biomassa.

PALAVRAS-CHAVE: Atmosfera, carbono, micrometeorologia.

PARTITIONING THE CO₂ NET FLUX IN A GRASSLAND ECOSYSTEM

ABSTRACT: The objective this study was to partition of the CO₂ net in grassland ecosystem using the eddy covariance technique. The experimental site is located in a grassland ecosystem with an area of approximately 3,487 hectares at the Kansas State University in Manhattan, Kansas, United States. The flux data obtained were analyzed during the period from May to October 2016. The CO₂ flux was measured using the eddy covariance technique at a frequency of 20 Hz. Estimates of daytime respiration were performed using the nonlinear relationship between nighttime net ecosystem exchange and soil temperature for bi-monthly periods (May-June, July-August, September-October). The values of CO₂ net flux in the grassland varied from -30 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ to 15 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. Higher rates of photosynthesis were obtained in relation to the respiration of the ecosystem in all months analyzed. That ecosystem acted as a carbon sink, which reflected an increase in biomass.

KEY-WORDS: Atmosphere, carbon, micrometeorology.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas de pastagens são fundamentais para a manutenção do ciclo de carbono na Terra, para acúmulo de matéria orgânica no solo, alimentação animal e para a diversificação da fauna e flora (O'MARA, 2012).

A separação do fluxo líquido de CO₂ em produção primária bruta e respiração do ecossistema é de grande importância para conhecer e analisar a variabilidade dos componentes ao longo do tempo frente a diferentes pressões ambientais.

Segundo Grant et al. (2012) a dinâmica do carbono em pastagens varia com as estações do ano, nas quais esses ecossistemas comportam-se alternadamente como fonte e sumidouro de carbono. A técnica de correlação de vórtices turbulentos é ideal para o estudo do potencial de sequestro de carbono desses ecossistemas, pois permite medidas com alta resolução temporal (< 1 hora) por longos períodos de tempo (BALDOCCHI et al., 2015).

Em ecossistemas de pastagens, compreensão das respostas da fotossíntese e respiração do ecossistema em relação às condições meteorológicas, em diferentes latitudes, ainda não foi totalmente esclarecida. Dessa forma, estudos que visam aprofundar a análise do fluxo de carbono ao longo do tempo são de grande importância.

O objetivo do trabalho foi particionar o fluxo líquido de carbono em fotossíntese e respiração do ecossistema em pastagem natural por meio da técnica de covariância de vórtices turbulentos.

MATERIAL E MÉTODOS

O sítio experimental está localizado em uma área de pastagem natural com aproximadamente 3.487 hectares, na Universidade do Estado do Kansas (39°05' N, 96°35' W, altitude 378 m), em Manhattan, Kansas, Estados Unidos.

O clima da região é caracterizado por variabilidade sazonal e interanual significativa, com menor temperatura média do ar em janeiro (-2,7 °C) e com uma maior em julho (26,6 °C). A precipitação média anual total é de 835 mm e o solo do local é classificado como Neossolo.

O local de estudo é dominado principalmente por gramíneas C4 nativas, como *Andropogon gerardii*, *Panicum virgatum*, *Schizachyrium scoparium* e *Sorghastrum nutans* (NIPPERT et al., 2011), cuja altura média é de 1,0 m. No local não ocorre pastejo, todavia, neste sítio ocorrem queimadas bienais.

A medição do fluxo de CO₂ foi realizada com uso da técnica de covariância de vórtices turbulentos durante o período de maio a outubro de 2016. As concentrações de CO₂ foram medidas por meio de um analisador de gás infravermelho (LI7500, Licor, Lincoln, Nebraska), com uma leve inclinação de 15°. Para medição de velocidade do vento foi utilizado um anemômetro sônico (CSAT3, Campbell Scientific, Logan, UT). Ambos os instrumentos medidores de fluxo estavam localizados na torre micrometeorológica na altura de 2,5 m. Todas as variáveis micrometeorológicas foram medidas a uma frequência de 20 Hz utilizando-se um sistema de aquisição de dados (CR3000, Campbell Scientific). Os dados de fluxos obtidos foram processados no software EddyPro 6.0 (LICOR, 2015).

A separação do fluxo líquido de CO₂ (NEE) em fotossíntese (GPP) e respiração do ecossistema (Reco) foi feita de acordo com o proposto por Baldocchi (2015). A respiração do ecossistema durante o período diurno foi estimada a partir de média dos valores de NEE noturno (respiração do ecossistema), a cada dois meses, dentro da estação de crescimento da pastagem natural (maio a outubro), por meio da regressão não linear entre o NEE e temperatura do solo (Ts).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações e os coeficientes adotados para a estimativa da respiração do ecossistema diurna estão descritos na Tabela 1, em que foram obtidos R^2 entre 0,29 a 0,87. (Tabela 1).

Tabela 1: Modelos adotados de estimativa da respiração média noturna do ecossistema de pastagem em função da temperatura do solo. Manhattan, Kansas, Estados Unidos, 2016.

Maio – Junho					
Modelo	Equação	β_0	β_1	β_2	R^2
Reco x Ts	$\text{Reco}=1,1395*e(0,0757*Ts)$	1,1395	0,0757	-	0,67
Julho – Agosto					
Reco x Ts	$\text{Reco}=1,6691*e(0,0652*Ts)$	1,6691	0,0652	-	0,29
Setembro – outubro					
Reco x Ts	$\text{Reco}=0,5221*e(0,1197*Ts)$	0,5221	0,1197	-	0,87

ns: não significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F.

Durante a estação de crescimento (maio-outubro), observou-se valor máximo do fluxo líquido de CO_2 (NEE) na faixa de $15 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e o valor mínimo de $-30 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 1).

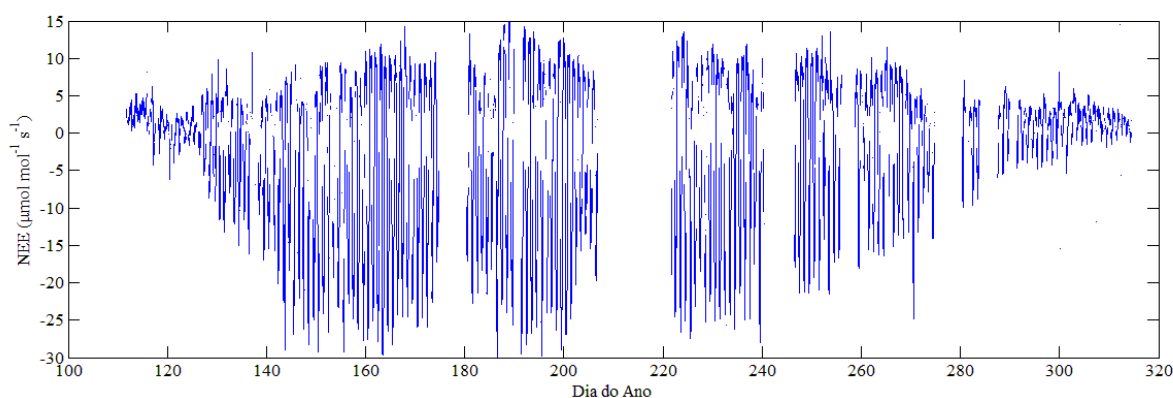


Figura 1: Troca líquida do ecossistema (NEE) a cada 30 minutos em pastagem natural. Manhattan, Kansas, Estados Unidos, 2016.

Durante os meses de maio a outubro, observou-se que a pastagem atuou como sumidouro de carbono, contribuindo no sequestro de CO_2 atmosférico, resultado que mostra a grande importância desse ecossistema no balanço de carbono na Terra (SENAPATI et al., 2016). Além disso, essas respostas são fundamentais em estudos para cenários futuros, para compreender a adaptação das pastagens frente as condições ambientais adversas.

São perceptíveis menores valores de NEE nos meses de maio e outubro, devido às características das estações mais frias, em que as atividades metabólicas das plantas são reduzidas em decorrência de menores temperaturas e precipitações. As plantas C_4 necessitam de temperaturas elevadas para a maximização da fotossíntese.

Ao realizar a partição do fluxo de CO_2 do ecossistema, a partir da relação exponencial com a temperatura do solo, verificou-se maior intervalo de incerteza nos meses de julho e agosto, em decorrência do baixo R^2 encontrado, porém foram obtidas maiores taxas de fotossíntese em relação à respiração do ecossistema em todos os meses

analisados, o que promoveu maior acúmulo de biomassa nas plantas nos meses de junho (153-182 dias) e julho (183-213 dias) e menor nos meses de maio (122-152 dias) e outubro (275-305 dias) (Figura 2).

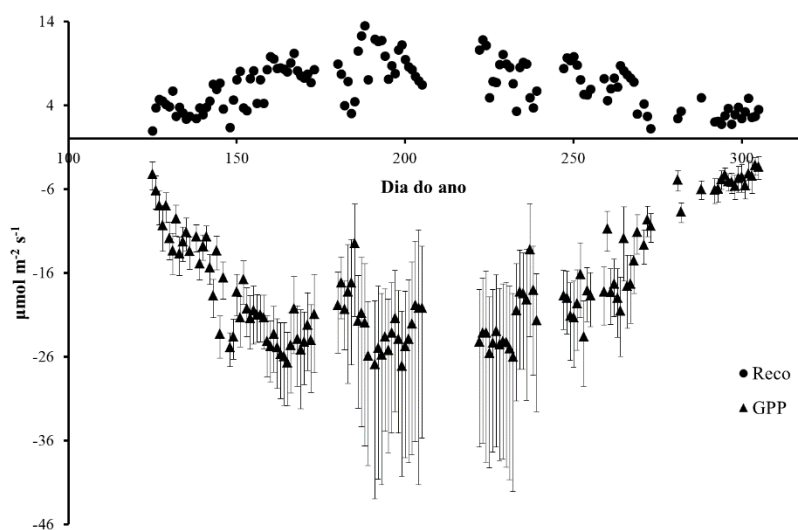


Figura 2: Partição do fluxo líquido CO₂ diário em fotossíntese (GPP) e respiração do ecossistema (Reco) em pastagem natural. Manhattan, Kansas, Estados Unidos, 2016.

Outro aspecto importante é a relação diária entre respiração e fotossíntese, em que em dias que ocorrem maiores valores de fotossíntese, houve maiores taxas de respiração. Isso pode estar relacionado à maior produção de fotoassimilados, que são utilizados para a respiração de crescimento, sendo convertidos em parte aérea e desenvolvimento radicular.

Baldocchi et al. (2015) ao estudarem a correlação existente entre fotossíntese e respiração do ecossistema, encontraram forte correlação positiva, ou seja, quanto menor for a taxa de fotossíntese mais baixa será a atividade respiratória.

CONCLUSÕES

Durante o ano de 2016, o fluxo líquido de CO₂ (NEE) em pastagem natural variou de -30 a 15 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, o que caracterizou esse ecossistema como sumidouro de carbono.

Após a realização da partição da troca líquida do ecossistema, apresentou alta taxa fotossintética para as pastagens durante a estação de crescimento, o que refletiu em aumento da biomassa.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de Doutorado, à Kansas State University pela coleta dos dados, à NSF e a FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

BALDOCCHI, D. STURTEVANT, C. CONTRIBUTORS, F. Does day and night sampling reduce spurious correlation between canopy photosynthesis and ecosystem respiration? **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdã, v. 207, n. 7, p.117–126, 2015.

GRANT, R. F. BALDOCCHI, D. D. MA, S. Ecological controls on net ecosystem productivity of a seasonally dry annual grassland under current and future climates: Modelling with ecosys. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdã, v. 152, n. 1, p.189– 200, 2012.

LICOR. **EddyPro® 6.0 - Eddy Covariance Software**. Lincoln: Licor. 2015, 313p.

NIPPERT, J. B. OCHELTRIE, T. W. SKIBBE, A. M. KANGAS, L. C. HAM, J. M, ARNOLD. K. B. S. BRUNSELL, N. A. Linking plant growth responses across topographic gradients in tallgrass prairie. **Oecologia**, Berlim, v. 166, n. 4, p. 1131–1142, 2011.

O'MARA, F. P. The role of grasslands in food security and climate change. **Annals of Botany**, Londres, v. 110, n. 6, p.1263–1270, 2012.

SENAPATI, N. JANSSON, P. E. SMITH, P. CHABBI, A. Modelling heat, water and carbon fluxes in mown grassland under multi-objective and multi-criteria constraints. **Environmental Modelling & Software**, Oxford, v. 80, n. 6, p. 201-224, 2016.

BALANÇO DE RADIAÇÃO E ENERGIA NA PALMA FORRAGEIRA ANTES E DEPOIS DE EVENTO DE CHUVA

Poliana de Caldas Pereira¹, Carlos André Alves de Souza², Marcelo José da Silva³, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim², Thieres George Freire da Silva⁴

¹Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, po.caldas@hotmail.com

²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, carlosandre08_@msn.com, alexandremrfj@gmail.com

³Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, marcelosilva145@hotmail.com

⁴Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, thiheoprofissional@hotmail.com

RESUMO: A dinâmica dos fluxos energéticos em um agroecossistema pode ser afetada pela disponibilidade hídrica do local. Logo, objetivou-se avaliar a influência de um evento de chuva nos balanços de radiação e de energia em um cultivo de palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), no Semiárido pernambucano. O experimento foi conduzido na Fazenda Algodões (-8,30°; -38,51°; 380,83 m), município de Floresta, onde foi instalada uma torre micrometeorológica com sensores eletrônicos para medição dos elementos dos balanços de radiação e de energia. Na avaliação da influência da chuva nos balanços de radiação e de energia foram escolhidos dois dias, um antes e outro depois de um evento de chuva (48,2 mm). Como resultados, verificou-se que este evento diminuiu a magnitude do albedo, que passou de 15% para 12%. E em relação ao balanço de energia, o sistema solo-palma aumentou expressivamente o fluxo de calor latente, passando da partição de 1,1 MJ m⁻² dia⁻¹ para 9,7 MJ m⁻² dia⁻¹ no dia posterior ao evento. Conclui-se que, ainda que uma espécie cactácea, a partição de energia para o fluxo de calor latente em um cultivo de palma forrageira aumentou significativamente após a ocorrência de um evento de chuva.

PALAVRAS-CHAVE: Razão de Bowen, Semiárido brasileiro, *Opuntia stricta*.

RADIATION AND ENERGY BALANCE IN FORAGE CATUS BEFORE AND AFTER A RAIN EVENT

ABSTRACT: The dynamics of energy flows in an agroecosystem can be affected by the water availability of the site. The objective of this study was to evaluate the influence of a rainfall event on energy and radiation balance in a forage cactus crop (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) in the semiarid region of the State of Pernambuco. The experiment was carried out at Fazenda Algodões (-8,30°, -38,51°; 380,83 m), a municipality of Floresta, where a micrometeorological tower was installed with electronic sensors to measure the elements of the radiation and energy balances. In the evaluation of the influence of rain on the radiation and energy balances, two days were chosen, one before and one after a rain event (48.2 mm). As results, it was verified that this event decreased the magnitude of the albedo that went from 15% to 12%. In relation to energy balance, the soil-palm system significantly increased latent heat flux from 1.1 MJ m⁻² day⁻¹ to 9.7 MJ m⁻² day⁻¹ partition on the day after event. It is concluded that, although a cactus species, the energy partition for latent heat flux in a forage cactus crop increased significantly after the occurrence of a rain event.

KEY-WORDS: Bowen ratio, Brazilian semi-arid, *Opuntia stricta*.

INTRODUÇÃO

A pecuária no Semiárido brasileiro sofre influências da variabilidade espaço-temporal das chuvas, com paralização da produção de forragem nos meses de pouca chuva. Nestas condições, o risco da pecuária local diminui quando se utilizam plantas com boa adaptabilidade as condições climáticas (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014).

Entre essas plantas, a palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.), uma cactácea, destaca-se, pois possui características morfofisiológicas que a auxiliam na sobrevivência em ambiente de baixo regime hídrico, alta temperatura do ar e solos de baixa fertilidade. Apesar dessas informações da sua adaptabilidade, ainda são poucas as informações de sua interação planta-ambiente, em especial das trocas de energia da interface palma-atmosfera. A compreensão destes fluxos é crucial para conhecer os fatores que regem os ciclos de água e carbono nos ecossistemas (HAO et al., 2007).

Modificações nas dinâmicas dos fluxos em um agroecossistema são fortemente influenciadas pela disponibilidade hídrica (SOUZA FILHO et al., 2006). Em condições de restrição de água, maior parte da energia disponível é convertida em calor sensível e, ou, no armazenamento de calor no solo. Já em condições com suprimento hídrico, maior parte radiação é convertida em calor latente (TEIXEIRA; BASTIAANSEN e BASSOI, 2008). Porém, em ambas as condições, a partição do saldo de radiação depende do tipo de superfície.

Logo, objetivou-se avaliar a influência de um evento de chuva nos balanços de radiação e de energia em um cultivo de palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Algodões (-8,30°; -38,51°; 380,83 m), no município de Floresta, Semiárido pernambucano. A palma forrageira, cultivar Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), foi implantada no espaçamento de 0,5 m entre plantas e de 2 m entre fileiras, em agosto de 2014.

No centro da área foi instalada uma torre micrometeorológica de quatro metros de altura posicionada de tal modo que resultou uma razão bordadura:altura mínima de 40:1. Na torre foram acoplados os sensores eletrônicos para mensuração dos elementos do balanço de radiação e de energia. Os sensores foram: dois psicrômetros aspirados; dois pirômetros, sendo um posicionado de forma invertida para obtenção da radiação solar global refletida; um saldo radiômetro; um pluviômetro, e 12 termopares Cobre-Constantan do tipo T inseridos nas plantas para medição da temperatura dos cladódios e, subsequente, estimativa do calor armazenado pelo dossel. Ainda foram instalados dois fluxímetros a 0,05 m de profundidade para medição do fluxo de calor no solo (G , $W m^{-2}$). Todos os dados foram registrados por sistema de aquisição de dados (CR1000, Campbell Scientific, Logan, Utah, USA). As medidas foram realizadas a cada 60 segundos, e médios foram calculadas em intervalos de 10 minutos.

O balanço de radiação foi contabilizado a partir das mensurações do saldo de radiação (R_n ; $W m^{-2}$); radiação solar global incidente (R_g ; $W m^{-2}$); radiação solar global refletida (R_r ; $W m^{-2}$), balanço de ondas curtas ($BOC = R_g - R_r$, $W m^{-2}$); o balanço de ondas longas ($BOL = R_n - BOC$; $W m^{-2}$).

O balanço de energia foi representado pela seguinte equação:

$$R_n = LE + H + G + Misc \quad (1)$$

O fluxo de calor latente (LE , $W m^{-2}$) foi estimado usando o método da razão de Bowen. O estoque de energia na biomassa e armazenamento no dossel da cultura ($Misc$, $W m^{-2}$) foi calculado a partir da adaptação do método proposto por Lewis e Nobel

(1977), considerando o estoque de energia armazenado pelos cladódios das plantas, e a energia contida no ar dentro do dossel. O fluxo de calor sensível (H , $W m^{-2}$) foi calculado por resíduo da equação 1.

Para avaliar o efeito da chuva sobre os componentes do balanço de radiação e de energia foram escolhidos dois dias, um antes (29/03/2016) e outro depois (31/03/2016) de um evento de chuva de 48,2 mm (30/03/2016). As partições (R_n/R_g , LE/R_n , H/R_n , G/R_n e $Misc/R_n$) foram calculadas para ambos os dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são demonstrados os componentes do balanço de radiação dos dois dias avaliados (29/03/2016 e 31/03/2016).

A radiação solar global incidente (R_g) totalizou 19,32 e 22,55 $MJ m^{-2} dia^{-1}$ nos dias 29/03/2016 e 31/03/2016, respectivamente, indicando, que no dia antecedente a nebulosidade foi mais efetiva. Observa-se, que a intensidade de radiação logo após o meio dia reduziu mais rapidamente no dia 29/03/2016 (Figura 1A) do que no dia 31/03/2016 (Figura 1B).

As condições de regime de água entre os dois dias alteraram as magnitudes e as partições dos componentes do balanço de radiação e de energia.

O evento de chuva diminuiu a fração da R_g destinada à radiação solar global refletida (R_r) (albedo), passando de 15% ($2,87 MJ m^{-2} dia^{-1}$) no dia 29/03/2016 para 12% ($2,88 MJ m^{-2} dia^{-1}$) no dia 31/03/2016 (Figuras 1 A e C). O aumento da turgidez das plantas justifica a diminuição do albedo da cultura (ANDRADE et al., 2014).

A maior quantidade de água no sistema também proporcionou maiores valores do balanço de ondas curtas (BOC), isso por causa da diminuição do albedo e incremento da R_g no dia seguinte à chuva (31/03/2016), aumentando assim, a quantidade de radiação no sistema. O mesmo foi observado no balanço de ondas longas (BOL), em que o evento promoveu maiores magnitudes desse componente (menos negativo), por causa da maior incidência de radiação, e incremento do vapor d'água na atmosfera, que reduz a perda de energia de ondas longas (Figura 1B e 1D).

Como consequência, no dia 31/03/2016 houve elevação do saldo de radiação (R_n , 12,74 $MJ m^{-2} dia^{-1}$ para dia anterior, e 16,69 $MJ m^{-2} dia^{-1}$ para o dia posterior à chuva), o que incrementou a razão R_n/R_g , passando de 66% no dia 29/03/2016 para 74% no dia 31/03/2016.

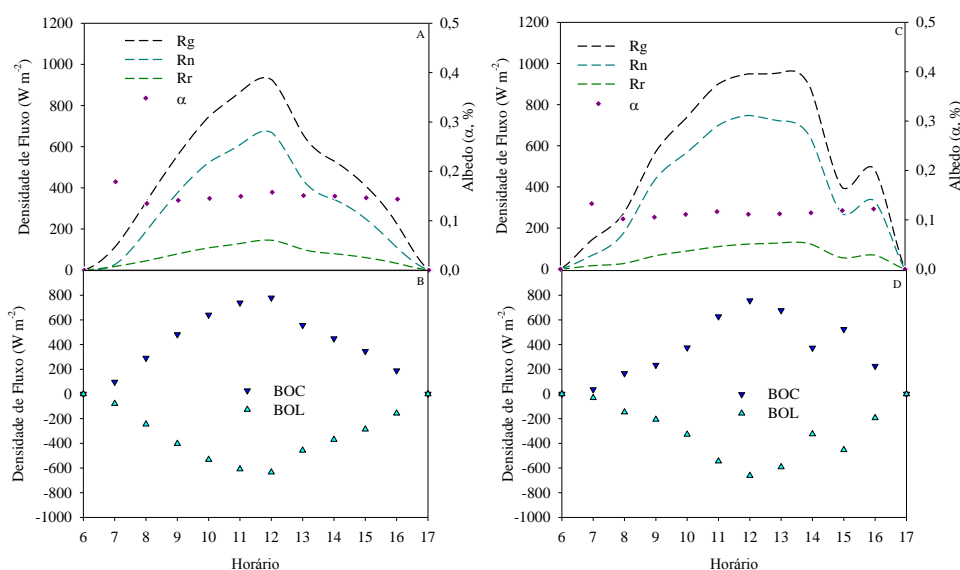


Figura 1. Componentes do balanço de radiação (Rg - radiação solar global incidente; Rn - saldo de radiação; Rr - radiação solar global refletida; BOC - balanço de ondas curtas; BOL - balanço de ondas longas; α , albedo), em dois dias do ciclo de um cultivo de palma forrageira, um dia antes (29/03/2016, A e B) e outro dia após (31/03/2016, C e D) um evento de chuva, no município de Floresta, Pernambuco.

Em relação ao balanço de energia, a ocorrência do evento de chuva aumentou o fluxo de calor latente (LE) em detrimento aos demais fluxos (Figura 2). A razão LE/Rn passou de 9% ($1,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) para 58% ($9,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), antes e depois da chuva.

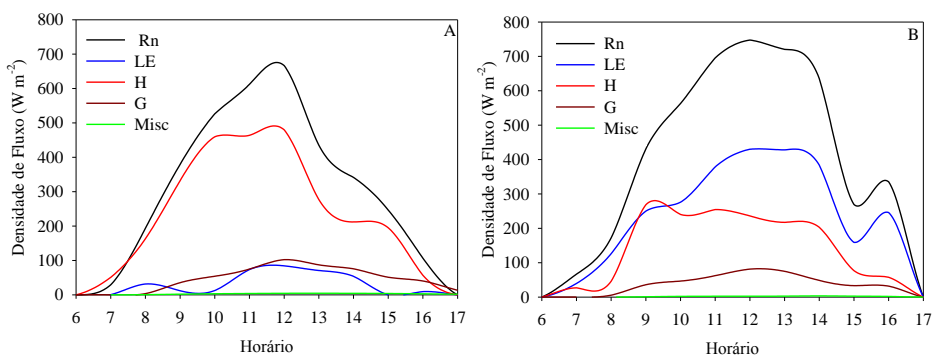


Figura 2. Balanço de energia (Rn, saldo de radiação; LE, fluxo de calor latente; H, fluxo de calor sensível; G, fluxo de calor no solo; Misc., estoque de energia na biomassa e armazenamento no dossel da cultura), em um cultivo de palma forrageira ao longo de dois dias, um antes (29/03/2016, A) e outro depois (31/03/2016, B) de um evento de chuva, no município de Floresta, Pernambuco.

Sob baixo regime de água o fluxo de calor sensível (H) representava 76% ($9,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) do Rn. Todavia, com a chuva a sua magnitude reduziu para 34% ($5,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$). Este evento também diminuiu o fluxo de calor no solo (G) e estoque de energia na biomassa e no dossel da cultura (Misc), sendo de 7,7% ($1,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e 0,3% ($0,05 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) do Rn no dia 31/03/2016, enquanto no dia 29/03/2016 era de 14% ($1,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e 0,9% ($0,11 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) do Rn. Essa tendência é universal, mesmo em espécies cactáceas como a palma forrageira. Resposta similar foi verificada por Souza et al. (2008) para a cultura do abacaxi.

CONCLUSÕES

A ocorrência de um evento de chuva de 48,2 mm aumentou expressivamente a partição de energia do fluxo de calor latente (LE) em um cultivo de palma forrageira, ainda que uma espécie cactácea, passando a partição de LE de 9% ($1,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) do saldo de radiação (Rn) para 58% ($9,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), em detrimento a magnitude dos fluxos dos demais componentes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE et al., Radiação fotossinteticamente ativa incidente e refletida acima e abaixo do dossel de floresta de mata atlântica em Coruripe, Alagoas, **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 29, n. 1, p. 68 - 79, 2014.

GALVÃO JÚNIOR et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização, **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 8, n. 2, p. 78-85, 2014.

HAO, Y. et al., Seasonal and interannual variation in water vapor and energy exchange over a typical steppe in Inner Mongolia, China. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 146, p. 57-69, 2007.

LEWIS; D.A.; NOBEL, P.S. Thermal Energy Exchange Model and Water Loss of a Barrel Cactus, *Ferocactus acanthodes*. **Plant Physiol**, Amsterdam, v. 60, p. 609-616, 1977.

SOUZA, C. B. et al., Fluxos de energia e desenvolvimento da cultura do abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, p. 400-407, 2008.

SOUZA FILHO, J. D. C. et al. Variação sazonal do balanço de radiação em uma floresta tropical no nordeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.21, n.3b, 318-330, 2006.

TEIXEIRA, A. H. C.; BASTIAANSEN, W. G. M.; BASSOI, L. H. Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity analysis in the Sao Francisco river basin, Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 94, p. 31-42, 2007.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM PASTAGEM NATURAL

Hugo Thaner dos Santos¹, José Darlon Nascimento Alves²
Mariana Gonçalves do Reis³, Eduardo Alvarez Santos⁴

¹ Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, hugo.thaner@ufv.br;

² Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, jose.darlon@ufv.br;

³ Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, mariana.reis@ufv.br;

⁴ Kansas State University, Manhattan, KS, esantos@ksu.edu;

RESUMO: As pastagens naturais cobrem uma extensa área da superfície terrestre, e tem grande influência nos fluxos globais de matéria e energia. O objetivo deste resumo é verificar a variação espacial da evapotranspiração em uma pastagem natural utilizando a técnica dos vórtices turbulentos e um modelo de fluxo de *footprint*. No período da primavera ao outono de 2016, a evapotranspiração da pastagem natural da Estação Biológica da Konza Praire foi estimada pelo método de covariância de vórtices turbulentos e a espacialização do fenômeno biofísico foi feita por meio da técnica de decomposição polar em função da direção do vento e a distância contribuindo para 70% do fluxo. Os resultados obtidos indicaram que 70% dos fluxos são oriundos da direção sul, sendo a evapotranspiração média da pastagem natural $0,154 \pm 0,172 \text{ mm h}^{-1}$. Conclui-se que a variabilidade espacial da evapotranspiração da pastagem natural foi representada adequadamente pelo modelo de *footprint* estudado.

PALAVRAS-CHAVE: técnica dos vórtices turbulentos, análise de footprint, fluxo de calor latente.

EVAPOTRANSPIRATION'S SPATIAL VARIABILITY IN GRASSLAND

ABSTRACT: Grassland cover a large area of the Earth's surface and play an important role in the global cycles of matter and energy. The aim of this study was to investigate the spatial variability of evapotranspiration in a grassland using a flux footprint model. From spring to autumn 2016, the of grassland's evapotranspiration at the Konza Praire Biological Station was measured using the eddy covariance. The spatial variability of the evapotranspiration was investigated using the wind direction and to the estimated distance downwind contributing to 70% of the fluxes. The results indicate 70% of the evapotranspiration are from the north, with a mean evapotranspiration of $0,154 \pm 0,172 \text{ mm h}^{-1}$. We conclude that the spatial variability of grassland's evapotranspiration was adequately represented by the footprint model.

KEY-WORDS: eddy covariance, footprint analyzes and latent heat flux.

INTRODUÇÃO

As pastagens naturais são ecossistemas presentes em diversas partes da Terra, apresentam grandeza superficial e vasta vegetação heterogênea e tem importante influência no microclima de uma região, por exemplo, o impacto nos fluxos de água na dinâmica da vegetação (STROPES et al., 2017; SOEGAARD et al., 2003).

A evapotranspiração é um fenômeno biofísico que pode ser definido pela soma da evaporação da água presente na superfície terrestre e a transpiração de água pelas

plantas (PEREIRA et al. 1997), podendo ser estimada por meio da covariância de vórtices turbulentos (*eddy covariance*) (BALDOCCHI et al. 2001).

O método de covariância dos vórtices turbulentos determina, sob alta frequência, precisão e exatidão, o fluxo turbulento de gases no local monitorado, no entanto, além de quantificar os fluxos turbulentos é necessário saber a dimensão espacial destes fluxos no ecossistema de tal modo que a relação atmosfera-pastagem natural seja entendida micrometeorologicamente (EUGSTER;MERBOLD, 2015).

A espacialização da evapotranspiração apresenta sensibilidade à heterogeneidade da vegetação e estabilidade atmosférica, assim, são necessários estudos com modelos de *footprint* em um ecossistema de tal modo que os fluxos de água possam ser entendidos em totalidade no ecossistema (KIM et al., 2006; KLJUN et al., 2003).

Mediante o exposto este trabalho tem por objetivo estudar a variação espacial da evapotranspiração em uma pastagem natural utilizando um modelo de fluxo de *footprint* (KORMANN;MEIXNER, 2001; KLJUN et al., 2004).

MATERIAL E MÉTODOS

O ecossistema com pastagens naturais em estudo está situado na Estação Biológica da Konza Praire em Manhattan, Kansas, Estados Unidos (39,1° N - 96,6° O, 415 m) totalizando uma área igual a 3.487 hectares, sendo as gramíneas com altura média de 1 metro (ALVES, 2017). A precipitação pluviométrica média total da região corresponde a 835 mm por ano, a temperatura média anual igual a 13 °C e a direção predominante dos ventos é proveniente do sul (STROPES, 2017). O solo predominante no ecossistema é classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2013).

O monitoramento micrometeorológico do ecossistema natural foi feito pelo método da covariância de vórtices turbulentos (*eddy covariance*). Na torre micrometeorológica foram instalados um anemômetro sônico (CSAT3, Campbell Scientific), um analisador de gás infravermelho (LI-7500, LICOR), e um termohigrômetro (HMP60L, Vaisala), estes instrumentos foram instalados 1,5 metros acima do dossel das gramíneas e registraram as variáveis sob frequência de 20 Hz (STROPES, 2017). Os eventos de chuva foram quantificados por um pluviômetro (TE525-L, Texas Electronics) acoplado a torre no nível do dossel das gramíneas (ALVES, 2017).

A frequência adotada no registro das variáveis micrometeorológicas foi igual a 20 Hz (20 registros por segundo). Os dados micrometeorológicos foram processados com uso do software EddyPro 6.0 (LICOR Biosciences), sendo as médias e as covariâncias calculadas em intervalos de tempo igual de 30 minutos.

A evapotranspiração foi calculada com os dados de densidade do ar e a covariância da velocidade vertical do vento com a umidade específica do ar no período de 21 de abril a 08 de novembro de 2016 (ZHANG et al., 2014). A variabilidade espacial da evapotranspiração foi estimada por meio da decomposição polar dos dados de direção do vento e a distância que contribui com 70% dos fluxos (KLJUN et al., 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do período de estudo a evapotranspiração média da pastagem natural foi igual a $0,154 \pm 0,172$ mm h⁻¹, sendo o maior valor registrado igual a 0,848 mm h⁻¹ no dia 15 de junho de 2016 (Figura 1). A distância do *footprint* que contribuiu com 70% do total do fluxo evapotranspiratório foi 400 metros (Figura 2). Já a velocidade vetorial

do vento foi igual a $1,94 \text{ m s}^{-1}$ e em 54% do período de estudo a direção predominante do vento foi sul, com isso neste ecossistema pode-se inferir que grande parte do fluxo de evapotranspiração é oriundo da direção sul (Figura 2).

A faixa térmica registrada ao longo do período avaliado compreendeu valores de 5 a $35 \text{ }^\circ\text{C}$, já em relação umidade relativa do ar, foi observado em vários dias, condição de saturação (100%), todavia também foram registrados valores em torno de 20%, o que contribui para as maiores estimativas de evapotranspiração, devido aos altos índices de déficit de pressão de vapor na atmosfera (PEREIRA et al., 1997).

A precipitação pluviométrica total observada foi igual a 264 mm, sendo o maior evento de chuva quantificado em 28 mm no mês de julho de 2016 (verão), é válido enfatizar que as chuvas da região de estudo são concentradas nos meses de maio a agosto (primavera/verão), estações sazonais que propiciam boas condições de crescimento vegetal e consequentemente neste período a demanda hídrica das gramíneas da pastagem natural é alta de tal modo que os fluxos de água são maiores e intensos (SONG et al., 2017).

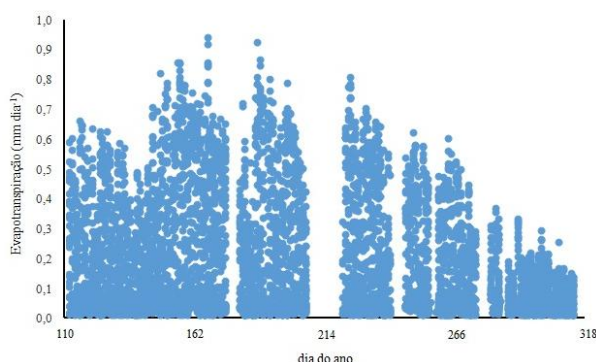


Figura 1 – Variabilidade temporal da evapotranspiração, a cada 30 minutos, em pastagem natural, Manhattan-KS, EUA, 2016.

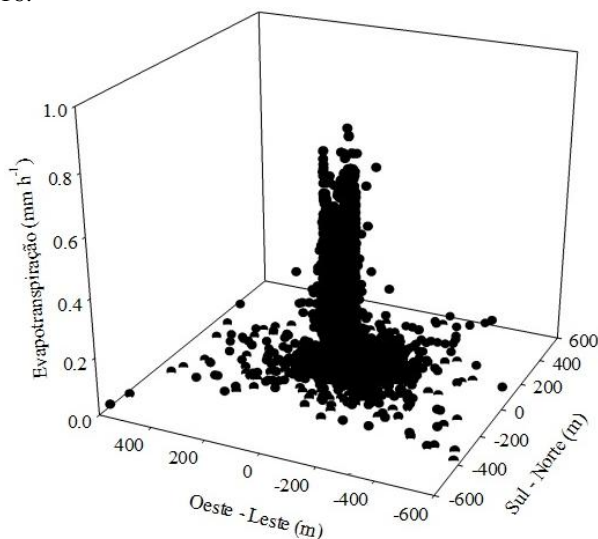


Figura 2 – Variabilidade espacial da evapotranspiração, a cada 30 minutos, em pastagem natural, Manhattan-KS, EUA, 2016.

CONCLUSÕES

A variabilidade espacial da evapotranspiração da pastagem natural foi representada adequadamente pelo modelo de *footprint* estudado; e

Os fluxos de água referente a evapotranspiração da pastagem natural em estudo são oriundos em grande parte da direção sul.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, FAPEMIG, NSF e ao Doutorando Prajaya Prajapati da Universidade Estadual do Kansas.

REFERÊNCIAS

ALVES, J.D.N. *Partição do fluxo de CO₂ e eficiência do uso de água em pastagem natural*. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Meteorologia Aplicada)). Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, 2017. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/10203>>. Acesso em: 2017-04-10.

BALDOCCHI, D. et al. FLUXNET: a new tool to study the temporal and spatial variability of ecosystem-scale carbon dioxide, water vapor, and energy flux densities. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Boston, v.82, n.11, p.2415-2434, 2001. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(2001\)082<2415:FANTTS>2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(2001)082<2415:FANTTS>2.3.CO;2)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

EUGSTER, W.; MERBOLD, L. Eddy covariance for quantifying trace gas fluxes from soils. *Soil*, v.1, p.187-205, 2015. <http://dx.doi.org/10.5194/soil-1-187-2015>

KIM, J.; GUO, Q.; BALDOCCHI, D.D.; LECLERC, M.Y.; XU, L.; SCHMID, H.P. Upscaling fluxes from tower to landscape: Overlaying flux footprints on high-resolution (IKONOS) images of vegetation cover. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdã, v. 136, p.132-146, 2006. <http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.11.015>

KLJUN, N.; KORMANN, R.; ROTACH, M.W.; MEIXER, F.X. Comparison of the langrangian footprint model LPDM-B with an analytical footprint model. *Boundary-Layer Meteorology*, v.106, n.2, p 349-355, 2003. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021141223386>

KLJUN, N.; CALANCA, P.; ROTACH, M.W.; SCHMID, H.P. A simple parameterisation for flux footprint predictions. *Boundary-Layer Meteorology*, Dordrecht, v.112, n.3, p.503-523, 2004. <http://dx.doi.org/10.1023/B:BOUN.0000030653.71031.96>

KLJUN, N.; CALANCA, P.; ROTACH, M.W.; SCHMID, H.P. A simple two-dimensional parameterisation for Flux Footprint Prediction (FFP). *Geoscientific Model Development*, v.8, n.11, p.3695-3713, 2015. <http://dx.doi.org/10.5194/gmd-8-3695-2015>

KORMANN, R.; MEIXNER, F.X. An analytical footprint model for non-neutral stratification. *Boundary-Layer Meteorology*, Dordrecht, v. 99, n.2, p.207-224, 2001. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1018991015119>

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba, FEALQ, 1997. 183 p.

PRAJAPATI, P.; SANTOS, E.A. Measurements of methane emissions from a beef cattle feedlot using the eddy covariance technique. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdã, v.232, p.349-358, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.09.001>

SOEGAARD, H.; JENSEN, N.O.; BOEGH, E.; HASAGER, C.B.; SCHELDE, K.; THOMSEN. Carbon dioxide exchange over agricultural landscape using eddy correlation and footprint modeling. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdã, v.114, p.153-173, 2003. [http://doi.org/10.1016/S0168-1923\(02\)00177-6](http://doi.org/10.1016/S0168-1923(02)00177-6)

SONG, L.; ZHUANG, Q.; YIN, Y.; ZHU, X.; WU, S. Spatio-temporal dynamics of evapotranspiration on the TibetanPlateau from 2000 to 2010. *Environmental Research Letters*, v.12, n.1, 2017. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/aa527d>

STROPES, K.S. **Investigating the exchange of CO₂ in a tall-grass prairie ecosystem using stable isotopes and micrometeorological methods**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Kansas State University, Manhattan, 2017. Disponível em: < <http://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/34634>>. Acesso em: 2017-04-10.

WENDLAND, E.; BARRETO, C.; GOMES, L.H. Water balance in the Guarani Aquifer outcrop zone based on hydrogeologic monitoring. **Journal of Hydrology**. Amsterdã, v. 342, p.261-269, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.05.033>

ZHANG, Z.; TIAN, F.; HU, H.; YANG, P. A comparison of methods for determining field evapotranspiration:photosynthesis system, sap flow, and eddy covariance. **Hydrology and Earth System Sciences**, Viena, v.18, p.1053–1072, 2014. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-18-1053-2014>

Complementaridade hídrica e eólica no reservatório de Sobradinho-BA

Allan Rodrigues Silva¹, Thalyta Soares dos Santos², José Francisco da Cruz Neto³, Hygor Kristoph Muniz Nunes Alves⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Doutor em Ciências Climáticas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, allansilva.r@gmail.com

²Pesquisadora DCR/FACEPE/CNPq, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,

³Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE

⁴Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: A estabilização da oferta de energia no Brasil tem sido um desafio para o planejamento do Sistema Interligado Nacional, que é predominantemente suportado na energia hídrica. Regimes hidrológicos possuem flutuações sazonais e interanuais de amplitudes significativas. A energia eólica vem ganhando importância no cenário nacional, devido a preços competitivos e a possibilidade de manter a geração predominantemente renovável. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar a possibilidade de complementar o sistema hidroelétrico através da velocidade do vento. Para tanto, comparou-se os dados históricos de energia armazenada e volume útil do reservatório de Sobradinho-BA. Os resultados da comparação de séries demonstram uma forte correlação negativa ($r = -0.60$) entre os regimes sazonais eólico e hídrico, sugerindo que um sistema de geração híbrido deverá estabilizar a oferta sazonal de energia para o reservatório de Sobradinho.

PALAVRAS-CHAVE: Energia renováveis; regime hidrológico; sazonalidade

COMPLEMENTARITY BETWEEN WIND AND HYDRO SEASONAL REGIMES IN SOBRADINHO RESERVOIR

ABSTRACT: The stabilization of the energy supply in Brazil has been a challenge for the planning of the National Interconnected System, which is dominantly supported in hydric energy. Hydrological regimes have seasonal and interannual fluctuations of significant amplitudes. Wind energy is gaining importance in the national scenario due to competitive prices and the possibility of maintaining the predominantly renewable generation. In this context, we investigate the possibility of complementing the hydroelectric system through wind speed. For this, we compared the historical data of stored energy and useful volume of the Sobradinho-BA reservoir. The results seasonal supply of energy for Northeast Brazil.

KEY-WORDS: Renewable energy, hydrological regime, seasonality.

INTRODUÇÃO

Em pouco mais de uma década o Brasil passou por quatro episódios de crise de energia: 2001, 2009, 2013 e 2014. O risco de racionamento torna-se concreto quando alta demanda energética combina-se com períodos de seca e baixos níveis dos reservatórios (Silva, 2012).

Neste contexto, a utilização de outras fontes de energia renovável pode equilibrar a geração e melhorar a eficiência dos reservatórios, sem aumentos inviáveis dos custos da energia. O uso combinado entre a geração híbrido eólico-hidráulico poderá aumentar o armazenamento de reservatórios hidrelétricos (Silva, 2015).

Assim, a água poupada na geração de energia elétrica tem outras importantes finalidades. Considerando-se que a região Nordeste sofre frequentes períodos de secas; já estão ocorrendo conflitos do uso da água do São Francisco, envolvendo principalmente a irrigação de lavouras. O Governo brasileiro vem analisando a utilização da energia eólica nos planos de desenvolvimento da região (Amarante, 2001). Nesse contexto, objetivo deste estudo é investigar a variabilidade do vento em Petrolina (Pernambuco) e do regime pluviométrico no reservatório de Sobradinho (Bahia).

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é o reservatório de Sobradinho localizado no município de Sobradinho-BA, distante cerca de 40 km a montante das cidades de Juazeiro/BA e Petrolina-PE. A base de dados mensal da velocidade do vento cobre o período de 2012-2015 proveniente do Sistema de Acompanhamento de Medição Anemométricas – AMA, desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE/MME. As informações sobre a energia armazenada foram obtidas a partir das séries históricas do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida de associação linear entre duas variáveis. Sua fórmula é dada por:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{S_y} \right) \quad \text{EQUAÇÃO 3}$$

Sendo que x_i (y_i) representa um valor observado no tempo i , \bar{x} (\bar{y}) é a sua média e S_x (S_y) seu desvio padrão. O coeficiente de correlação Pearson (r) varia de -1 a 1. O sinal indica direção negativa ou positiva do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o escore da outra. No outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis. Foi utilizado ainda um teste de hipótese que qualifica os valores das correlações, determinando o nível de significância dos coeficientes de correlação (WILKS, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta o comportamento médio do energia armazenada do reservatório de Sobradinho-BA, relativo ao período de 1996 e 2016. A energia armazenada é predominantemente sazonal, indicado pela área de cor cinza. O maior período de armazenamento ocorre entre março e junho e os menores de setembro a dezembro. O comportamento da velocidade do vento é indicado pela linha preta, nota-se claramente a sazonalidade do regime eólico, que registra o pico da velocidade em julho e outubro. Enquanto, as menores velocidade entre fevereiro e maio, com uma velocidade média de $8,82 \text{ m s}^{-1}$, considerada excelente a exploração eólica segundo uma tabela de classificação desenvolvida pela ANEEL (AMARANTE et al., 2001).

O mesmo comportamento pode ser visto na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Em um período de quatro (2012 – 2015) o volume útil do reservatório teve uma redução significativa alcançando no final do ano de 2015 um volume útil de 1,11 %, pior marca em 84 anos.

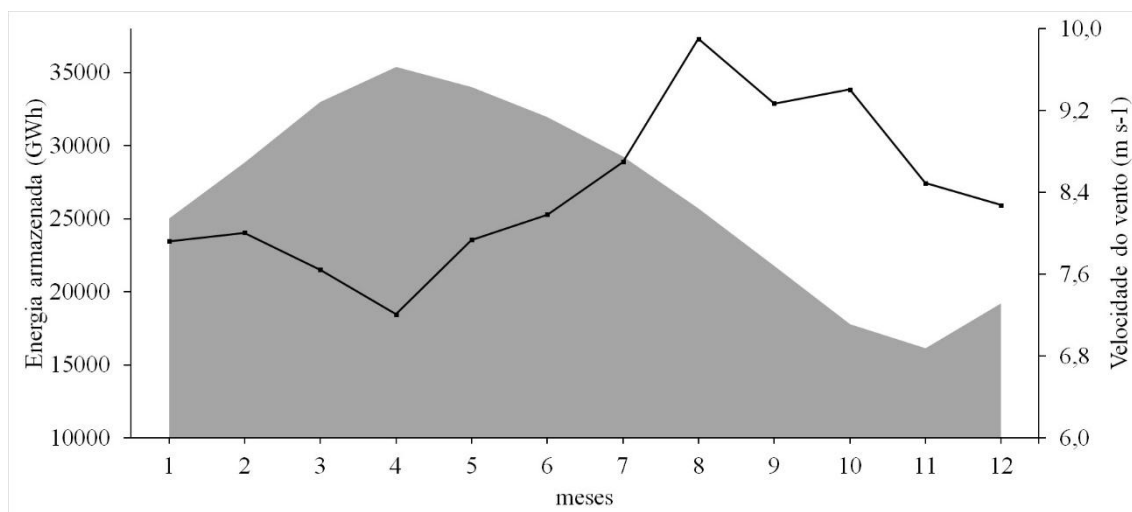


FIGURA 7. VARIABILIDADE ANUAL DA ENERGIA ARMazenADA E DA VELOCIDADE DO VENTO.

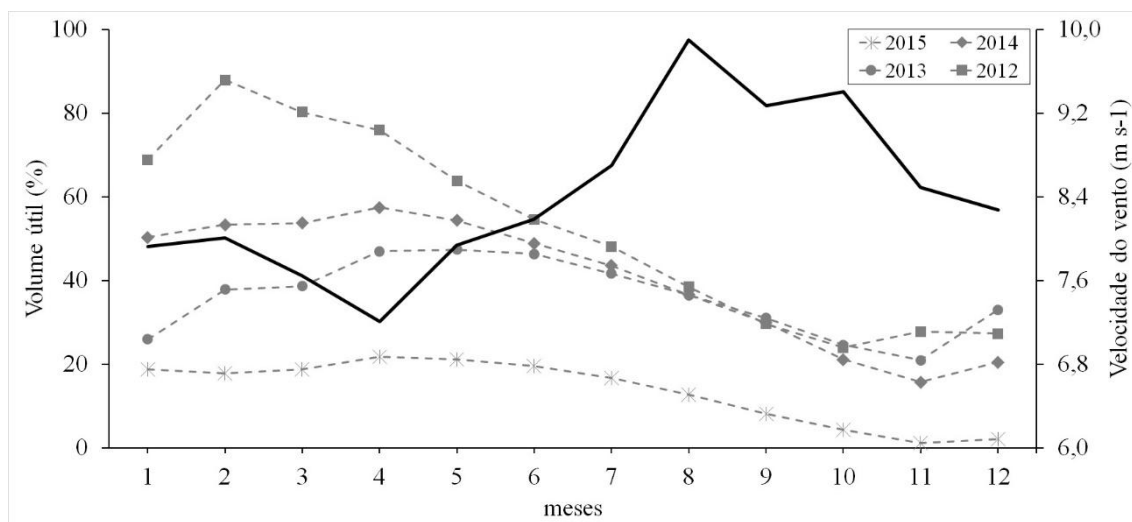


FIGURA 8. COMPORTAMENTO ANUAL VOLUME ÚTIL DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO E DA VELOCIDADE DO VENTO

Essa variabilidade é provocada por diferentes sistemas atmosféricos que atuam na região. O deslocamento para o sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), nos meses de março a abril, provoca acumulados significativos de precipitação. Enquanto, nos meses de agosto e setembro ocorre o período mais seco do norte da região Nordeste, quando a ZCIT migra para posição mais ao norte (SILVA et al., 2016).

A complementaridade sazonal pode ser observado na Tabela 9. A correlação entre o armazenamento e a velocidade do vento é negativa $r = -0,60$, indicando a complementaridade dos regimes. Os valores do coeficiente de correlação são significativos ao nível de confiança superior a 95%.

TABELA 9. CORRELAÇÃO DAS SÉRIES DE ENERGIA ARMAZENADA E VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO

r	Velocidade do vento
Energia armazenada	-0,60

estatisticamente significativo ($p < 0,05$)

CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou a complementaridade dos ventos na região da Bahia e o armazenamento hídrico em Sobradinho-BA. O índice calculado indica uma relação inversa das fontes hídrica e eólica na escala sazonal. Os resultados sugerem que um sistema híbrido hídrico e eólico instalados, poderiam contribuir para aumentar a segurança energética e, conseqüentemente, aumentar os níveis dos reservatórios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal pelo apoio técnico-científico.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, O. A. C. et al. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília: Ministério de Minas e Energia - ELETROBRÁS.** p. 45, 2001.

SILVA, A. R.; PIMENTA, F. M. Complementarity between offshore wind power and hydroelectricity in Brazil. **In: Climate Change, Impacts and Vulnerabilities in Brazil (CCIV)**, 2012, Natal. Preparing the Brazilian Northeast for the Future. Natal, v. 1. p. 2-2, 2012.

SILVA, A. R. **Energia eólica em alto mar: distribuição dos recursos e complementaridade hídrica.** 2015. 139 p. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) – Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2015.

SILVA, A. R.; PIMENTA, F. M.; ASSIREU, A. T.; SPYRIDES, M. H. C. **Complementarity of Brazil's hydro and offshore wind power. Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 413-427, 2016.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences.** [S.l.]: Academic press. pp. 630, 2006. 630 p.

COMPORTAMENTO DO VENTO NO MUNICÍPIO DE PETROLINA

Allan Rodrigues Silva¹, Thalyta Soares dos Santos², José Francisco da Cruz Neto³, José Orlando Nunes da Silva⁴, Thieres George Freire da Silva⁵

¹Doutor em Ciências Climáticas, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE, allansilva.r@gmail.com; ²Pesquisadora DCR/FACEPE/CNPq, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ³Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE; ⁴Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE; ⁵Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE

RESUMO: A velocidade do vento é uma importante variável meteorológica, e o conhecimento da sua direção e magnitude é fundamental para diversas atividades. Esta variável é muito relevante principalmente no que diz respeito ao clima e/ou microclima de um determinado local. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise do comportamento do vento no município de Petrolina-PE. Para isso foram utilizados dados do Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais – SONDA, no período de 2007 a 2010. Para tal, identificou-se a direção predominante e magnitude do vento, e se estimaram os parâmetros de forma (k) e escala (A) da distribuição de Weibull. Em função dos resultados apresentados neste trabalho, constatou-se velocidade média de $4,89 \text{ m s}^{-1}$ e uma direção predominantemente de sudeste. E os valores estimados os parâmetros da função de Weibull, relativos à velocidade média do vento, apresentaram um bom ajuste à distribuição de frequência dos dados.

PALAVRAS-CHAVE: Velocidade do vento; Direção do vento; Distribuição Weibull.

WIND CHARACTERITION IN THE PETROLINA

ABSTRACT: Wind speed and an important meteorological variable, and the knowledge of its direction and magnitude is fundamental for several activities. This variable is very important, mainly, it is not what concerns the climate and / or microclimate of a certain place. The objective of this work was to perform an analysis of the wind behavior in the municipality of Petrolina-PE. For this, identify the predominant direction and magnitude of the wind, and consider the parameter of form (k) and scale (A) of the Weibull distribution. According to the results presented in the study, it was observed a mean velocity of 4.89 m s^{-1} and a predominantly southeast direction. And the estimated values of the parameter of the Weibull function, regarding the average wind speed, presented a good fit to the frequency distribution of the data.

KEY-WORDS: Wind speed; wind direction; Weibull function.

INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre as características da velocidade do vento em uma região e suas diferentes classificações é fundamental para o desenvolvimento de diversas atividades como: engenharia civil e arquitetura, agricultura e geração de energia (FAGUNDES et al., 2006).

Nos últimos anos, o forte crescimento da economia brasileira tem colocado pressão sobre a oferta de energia elétrica no país. Tornando a energia um nicho mercadológico altamente lucrativo, além de determinante para o desenvolvimento econômico e social ao fornecer apoio mecânico, térmico e elétrico às ações humanas (ANEEL, 2008). Inúmeros estudos recentes estimulam o crescimento das energias renováveis, destacando-se o investimento na indústria eólica, que nos últimos anos tem atraído os maiores investimentos. No caso da agricultura é provada a relevância do vento, desde agente polinizador, controle de pragas, irrigação, quebra-ventos, conforto térmico, transporte de poluentes, entre outros (Pedro Júnior et al. 1998; Ferreira e Cohen 2001).

O presente trabalho tem como objetivo identificar os padrões do vento no município de Petrolina-PE, bem como o comportamento da distribuição da velocidade por meio da função densidade de probabilidade de Weibull.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Petrolina, estado de Pernambuco, situa-se no Semiárido do Nordeste. O clima é classificado como tropical Semiárido seco e quente (BSWh') segundo classificação climática Köppen-Geiger (KOTTEK et al., 2006). Com chuvas escassas e irregulares com total pluviométrico médio anual de 577 mm.

As informações foram obtidas junto ao projeto SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais) para o município de Petrolina (Latitude: 09° 04' 08" S, Longitude: 40° 19' 11" O, Altitude: 387m). Foram utilizados dados de velocidade e direção do vento coletados a 50 metros entre os anos de 2007 e 2010. Estes foram analisados em período integral e depois divididos em períodos diurno (das 6 às 18 hs) e noturno (das 18 às 6 hs).

A distribuição probabilidade de Weibull assume uma relação entre a distribuição da velocidade do vento e a potência, sendo definida pela Equação 4 (SANSIGOLO, 2005).

$$f_v = \frac{k}{A} \left(\frac{v}{A}\right)^{(k-1)} \cdot e^{-\left(\frac{v}{A}\right)^k} \quad \text{EQUAÇÃO 4}$$

em que f_v é a frequência de ocorrência de cada velocidade horizontal "v" do vento (m/s), "A" o fator de escala da distribuição (m/s), "k" o fator de forma (adimensional). Vale ressaltar que os cálculos obtidos da função Weibull, bem como os fatores de forma e escala seguido ainda da direção do vento, foram plotados na forma de rosa dos ventos na altura de 50m. Os parâmetros de forma k e escala c, foram calculados conforme metodologia descrita por Sansingo (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 mostra o valor de velocidade média de todo período estudado, observado a 50 metros, de $4,89 \text{ m s}^{-1}$, representada pela linha preta. Percebe-se um comportamento semelhante entre o período diurnos (06-18hs) e noturnos (18-06hs). As maiores velocidades ocorrem entre os meses de agosto e setembro, enquanto menores são registradas durante o período chuvoso, entre fevereiro e março. Observa-se, de maneira geral, que os ventos do período diurnos suplantaram os noturnos em 5,5%, principalmente entre os meses julho e outubro, época de menor precipitação.

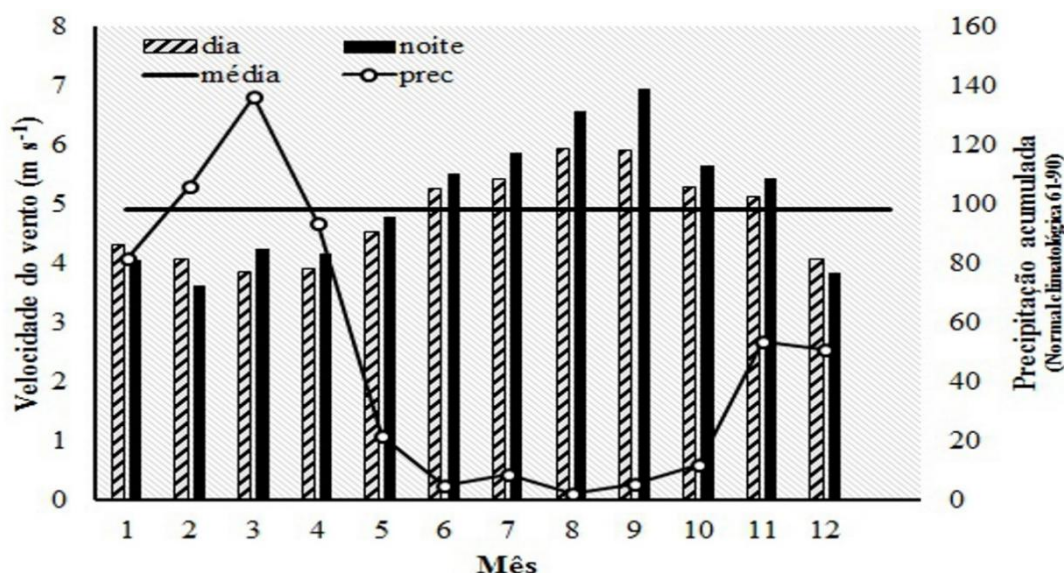


Figura 9. Velocidade média do vento em Petrolina no período diurno e noturno (m s^{-1}) durante o período 2007 e 2010.

A Figura 10 mostra a predominância da direção do vento ao longo de todo período de estudo. De forma geral, houve pouca variabilidade na direção, com maior predominância no setor sudeste (SE) com 60%, seguido do setor Leste (E) com pouco mais de 15%. Este aspecto é considerado um fator positivo para fins de aproveitamento eólico (SILVA et al., 2010).

A Figura 11 mostra a frequência de ocorrência de velocidade do vento em colunas dividido pelo intervalo das classes uniforme. O intervalo de maior frequência foi entre 5 e 6 m s^{-1} . Percebe-se que o parâmetro k influencia o desvio padrão, uma vez que este parâmetro é tido como uma medida de dispersão da velocidade do vento. Com o aumento do valor k (forma), mais próximo o pico da curva se aproxima dos valores de maior frequência do histograma. O melhor ajuste da curva foi observado com $k = 3,0298$ (ajustado) com menor erro médio absoluto (Tabela 10).

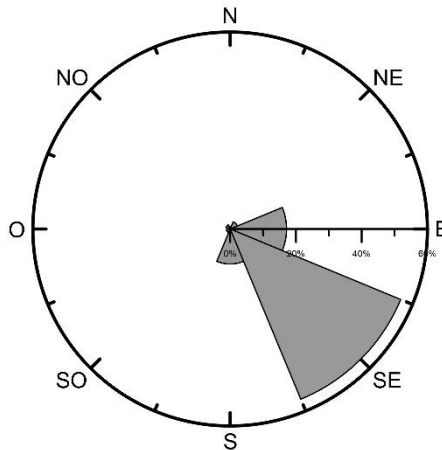


FIGURA 10. DIREÇÃO PREDOMINANTE DO VENTO PARA PERÍODO DE 2007 A 2010 EM PETROLINA.

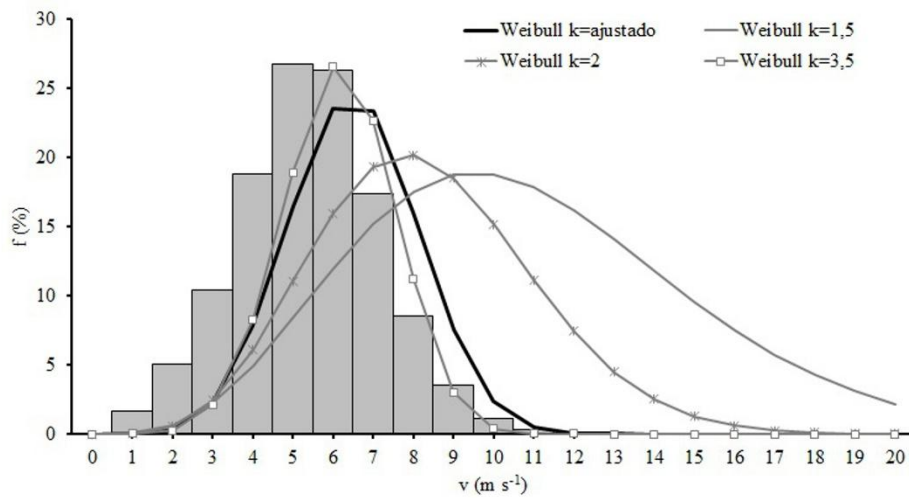


FIGURA 11. HISTOGRAMA DE VELOCIDADE DO VENTO E APROXIMAÇÃO POR DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL EM PETROLINA.

TABELA 10. ERRO PERCENTUAL MÉDIO PARA CADA FATOR DE FORMA.

k	Erro médio absoluto
3,0298	0,03%
1,5	90,18%
2	36,69%
3,5	6,86%

CONCLUSÕES

A direção predominante do vento em Petrolina – PE é de Sudeste, com 60% de predominância, seguida pelo setor Leste com 15%. Os meses de maior intensidade foram agosto e setembro com velocidades superiores à média do anual, com velocidades mais elevadas no período noturno. De dezembro a fevereiro os ventos são menos intensos, sendo o mês de fevereiro o de menores velocidades médias. Os parâmetros de forma e escalas foram bem estimados pela função Weibull, apresentando o menor erro percentual (3%), adequado à distribuição obtida.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal pelo apoio técnico-científico.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, D. B. & COHEN, J. C. P. Variação intra-regional do vento em superfície nos ecossistemas de floresta, manguezal e campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, XII E REUNIÃO LATINO AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, III, *Anais...*, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001 v. 1, p.102-103. Fortaleza-CE.

FISCH, G. Características do perfil vertical do vento no Centro de Lançamento de foguetes de Alcântara (CLA). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 14, n. 1, p. 11-22, 1999.

KOTTEK, MARKUS et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

PEDRO JÚNIOR, M. J. et al. Efeito do uso de quebra-ventos na produtividade da videira 'Niagara Rosada'. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 75 - 79, 1998.

SANSIGOLO, CLÓVIS ANGELI. Distribuições de Probabilidade de velocidade e potência do vento. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v20, n2, 207-214, 2005.

[SILVA, A. R.](#) et al. Propriedades do Vento no Litoral, Agreste e Sertão Alagoano. In: **I Seminário Nacional de Engenharia do Evento - SENEV**, Belo Horizonte - MG. *Anais...*, 2010.

BALANÇO ENERGÉTICO NA PALMA FORRAGEIRA EM DIAS COM DISTINTOS ÍNDICES DE ÁREA DO CLADÓDIO

Poliana de Caldas Pereira¹, Carlos André Alves de Souza², Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim², George do Nascimento Araújo Júnior², Thieres George Freire da Silva³

¹Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG
po.caldas@hotmail.com

²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,
carlosandre08_@msn.com, alexandremrfj@gmail.com, georgejunior_91@hotmail.com

³Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,
thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: Objetivou-se analisar os balanços de radiação e de energia em um cultivo de palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) em dias do ciclo com diferentes índices de área do cladódio. A pesquisa foi realizada no município de Floresta (-8,30°; -38,51°; 380,83 m), Pernambuco, onde foi instalada uma torre no centro do campo experimental, com sensores eletrônicos para medição dos elementos meteorológicos e determinação dos balanços de radiação e de energia. O índice de área do cladódio (IAC) foi calculado por meio de campanhas biométricas. Na avaliação dos balanços de radiação e de energia foram escolhidos dois dias que apresentavam valores médios de radiação solar global incidente e umidade do solo próximos, com IAC diferentes. Como consequência, observou-se que os componentes do balanço de radiação pouco variaram entre os dias com distintos IAC. Já para os elementos do balanço de energia, no dia do ciclo com maior IAC a partição da energia disponível foi mais destinada para o fluxo de calor latente, devido a maior área fotossintética, diminuindo a partição para os fluxos de calor de sensível e do solo. Conclui-se que, embora seja uma espécie cactácea, o IAC afetou o balanço de energia acima da palma forrageira.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço de radiação, Balanço de energia, *Opuntia stricta*.

ENERGY BALANCE IN FORAGE CACTUS IN DIAS WITH DIFFERENT CLADDIO AREA INDICES

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze the radiation and energy balance in a forage cactus crop (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) on days of the cycle with different cladode area indices. The research was carried out in the municipality of Floresta (-8,30°, -38,51°, 380,83 m), State of Pernambuco, where a tower was installed in the center of the experimental field, with electronic sensors to measure the meteorological elements and determination of the radiation and energy balance. The cladode area index (CAI) was calculated using biometric campaigns. In the evaluation of the radiation and energy balances, two days were chosen that presented mean values close of incoming global solar radiation and soil moisture, with different CAIs. As a consequence, it was observed that the components of the radiation balance varied little between the days with different CAI. As for the elements of the energy balance, on the day of the cycle with the highest CAI the partition of the available energy was more destined for the latent heat flux, due to the greater photosynthetic area, reducing the partition for the sensible and soil heat flows. It is concluded that, although it is a cactus species, CAI affected the energy balance above the forage palm.

KEY-WORDS: Radiation balance, Energy balance, *Opuntia stricta*.

INTRODUÇÃO

O monitoramento das culturas agrícolas ao longo do ciclo se torna cada vez mais importante para tomada de decisões no seu manejo. Modelos de crescimentos das culturas e modelos de processos solo-planta-atmosfera são cada vez mais empregados nas atividades agrícolas (GONZÁLEZ-SANPEDRO et al., 2008).

Nesse monitoramento, o parâmetro do índice de área foliar (IAF) é muito utilizado, o qual representa a relação entre área foliar e a área de solo disponível para a planta, índice responsável pela interceptação da energia luminosa e da sua conversão em energia bioquímica. Além disso, o IAF está relacionado na descrição de trocas solo-planta-atmosfera como evapotranspiração (ALLEN, 2000).

Em culturas como a da palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.) que apresenta folhas muito pequenas e caducam, o desenvolvimento dos cladódios se tornam responsáveis pela fotossíntese nessas plantas. Devido a isso, utiliza-se para analisar a interceptação de radiação fotossinteticamente delas o índice de área de cladódio (IAC), obtido pela relação entre a área total dos cladódios e a área que a planta ocupa no solo (SILVA et al., 2014).

Essa cultura, da palma forrageira, possui muitas pesquisas em termos de influência do seu manejo (RAMOS et al., 2011), porém, ainda são poucos os estudos que relacione a sua influência na interface solo-planta-atmosfera, podendo o IAC auxiliar nessa compreensão. Diante disso, objetivou-se analisar os balanços de radiação e de energia na palma forrageira em dias do ciclo com diferentes IAC da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental fica localizada na Fazenda Algodões (-8,30°; -38,51°; 380,83 m), pertencente ao município de Floresta, Pernambuco, cultivada com a palma forrageira, cultivar Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), no espaçamento de 0,5 m entre plantas e de 2 m entre fileiras. No centro da área foi instalada uma torre de quatro metros de altura com uma razão bordadura:altura mínima de 40:1, com os seguintes sensores: dois psicrômetros aspirados; dois pirômetros, sendo um posicionado de forma invertida para obtenção da radiação solar global refletida; um saldo radiômetro; um pluviômetro, 12 termopares Cobre-Constantan do tipo T inseridos nas plantas para medição da temperatura dos cladódios e, subsequente, estimativa do calor armazenado pelo dossel. Além disso, foram instalados dois fluxímetros a 0,05 m de profundidade para medição do fluxo de calor no solo (G , $W m^{-2}$) e dois sensores de umidade no solo. Todos os dados foram registrados por sistema de aquisição de dados (CR1000, Campbell Scientific, Logan, Utah, USA). As medidas foram realizadas a cada 60 segundos, e médios foram calculadas em intervalos de 10 minutos.

O balanço de radiação foi determinado pela mensurações do saldo de radiação (R_n ; $W m^{-2}$); radiação solar global incidente (R_g ; $W m^{-2}$); radiação solar global refletida (R_r ; $W m^{-2}$), balanço de ondas curtas ($BOC = R_g - R_r$, $W m^{-2}$); o balanço de ondas longas ($BOL = R_n - BOC$; $W m^{-2}$).

O balanço de energia, por sua vez, foi determinado pela seguinte equação:

$$R_n = LE + H + G + Misc \quad (1)$$

sendo: LE o fluxo de calor latente ($W m^{-2}$), estimado usando o método da razão de Bowen; o $Misc$ é o estoque de energia na biomassa e armazenamento no dossel da cultura ($W m^{-2}$), calculado a partir da adaptação do método proposto por Lewis e Nobel (1977), considerando o estoque de energia armazenado por cada cladódio da planta, e a energia contida no ar dentro do dossel; G é o fluxo de calor no solo ($W m^{-2}$); e H é o fluxo de calor sensível ($W m^{-2}$) foi calculado por resíduo da equação 1.

A determinação do índice de área do cladódio (IAC, $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) foi realizada por meio de campanhas biométricas para coleta de dados estruturais das plantas, conforme a metodologia aplicada por Silva et al. (2014), para a Orelha de Elefante Mexicana.

Por fim, para avaliação dos componentes do balanço de radiação e de energia, foram selecionados os dois dias, 31/12/2016 e 06/03/2016, que apresentavam valores médios de radiação solar global incidente ($24,53$ e $24,92 \text{ W m}^{-2}$), umidades do solo próximas ($0,160$ e $0,165 \text{ cm cm}^{-3}$) e com IAC diferentes ($0,42$ e $0,46 \text{ m}^2 \text{m}^{-2}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, observa-se que os componentes do balanço de radiação tiveram um comportamento semelhante, mesmo os IAC sendo diferentes, $0,42 \text{ m}^2 \text{m}^{-2}$ no dia 31/12/2016 (Figura 1A e B) e $0,46 \text{ m}^2 \text{m}^{-2}$ no dia 06/03/2016 (Figura 1C e D). Os valores médios dos componentes do balanço de radiação em cada dia foram: R_g de $22,54$ e $23,29 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$; R_n de $15,65$ e $15,45 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$; R_r de $3,99$ e $3,68 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$; o BOC de $18,56$ e $19,62 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$; e BOL de $-14,57$ e $-15,94 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$.

Por outro lado, os componentes do balanço de energia variaram mais do que o balanço de radiação. Na Figura 2 B, que representa o dia 06/03/2016, com maior IAC, o fluxo de calor latente (LE) apresentou média de $4,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, sendo quase triplo do encontrado na Figura 2A ($1,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), referente ao dia 31/12/2016. Como consequência, os valores do calor sensível reduziram, passando de $11,92 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ (Figura 2A) para $8,86 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ (Figura 2B).

O maior IAF proporciona aumento da área fotossintética e, portanto maior área evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 1998).

Para os demais elementos do balanço de energia, o aumento do IAC promoveu menor fluxo de calor no solo (G), passando de $2 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ (Figura 2 A) para $1,83 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ (Figura 2 B). O incremento de IAC diminuiu o nível de incidência de radiação acima do solo, sendo maior parte retida no dossel. Esta maior interceptação pelo dossel proporcionou acréscimo do Misc., elevando de $0,10 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ (Figura 2 A) para $0,11 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ (Figura 2 B).

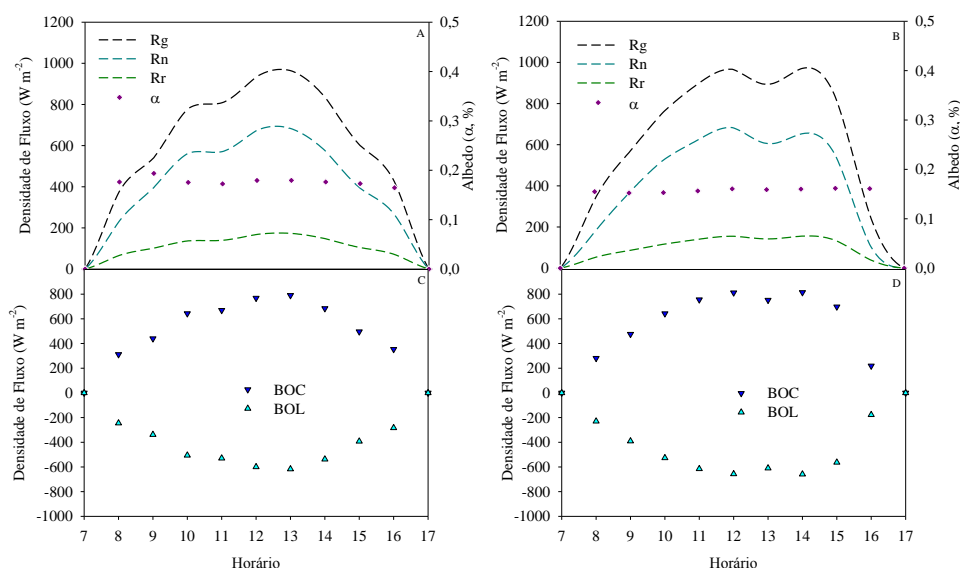


Figura 1. Elementos do balanço de radiação (Rg, radiação solar global incidente; Rn, saldo de radiação; Rr, radiação solar global refletida; BOC, balanço de ondas curtas; BOL, balanço de ondas longas; α , albedo), em um cultivo de palma forrageira ao longo de dois dias, 31/12/2016 (A e B) e 06/03/2016 (C e D), no município de Floresta, Pernambuco.

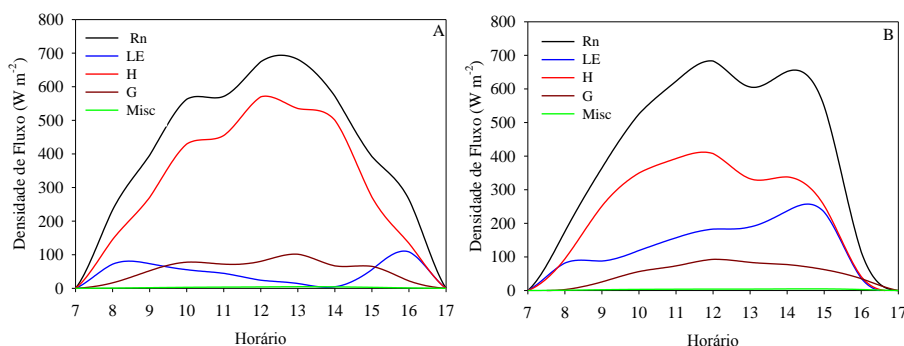


Figura 2. Elemento do balanço de energia (Rn, saldo de radiação; LE, fluxo de calor latente; H, fluxo de calor sensível; G, fluxo de calor no solo; Misc., estoque de energia na biomassa e armazenamento no dossel da cultura), em um cultivo de palma forrageira ao longo de dois dias, 31/12/2016 e 06/03/2016, no município de Floresta, Pernambuco.

CONCLUSÕES

O incremento do índice de área do cladódio pouco modificou os componentes do balanço de radiação, entretanto, incrementou a partição de energia para o fluxo de calor latente e do estoque de energia na biomassa e armazenamento no dossel da cultura da palma forrageira. Assim, embora seja uma espécie cactácea, o IAC afetou o balanço de energia acima da palma forrageira.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. Using the FAO-56 dual crop coefficient method over an irrigated region as part of an evapotranspiration intercomparison study. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.229, n.1, p. 27–41, 2000.
- ALLEN, R.G. et al. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**, Rome: FAO, 1998, 301p.
- GONZÁLEZ-SANPEDRO, M. C. et al. Seasonal variations of leaf area index of agricultural fields retrieved from Landsat data. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 112, n. 3, p. 810- 824, 2008.
- LEWIS; D.A.; NOBEL, P.S. Thermal Energy Exchange Model and Water Loss of a Barrel Cactus, *Ferocactus acanthodes*. **Plant Physiol**, Amsterdam, v. 60, p. 609-616, 1977.
- RAMOS, J. P. F. et al., Crescimento vegetativo de *Opuntia Ficus-Indica* em diferentes espaçamentos de plantio, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 41-48, 2011.
- SILVA, T. G. F. et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, p. 633-641, 2014.

TEMPERATURA MÍNIMA DO AR EM TRIGO – ESTUDO DE CASO EM NOITES DE GEADA

Genei Antonio Dalmago¹, Gilberto Rocca da Cunha², José Maurício Cunha Fernandes³, Paulo Roberto Vargas⁴, Anderson Santi⁵

¹Eng. Agr. Dr. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, genei.dalmago@embrapa.br; ²Eng. Agr. Dr. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, gilberto.cunha@embrapa.br; ³Eng. Agr. Ph.D. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, mauricio.fernandes@embrapa.br; ⁴Eng. Agr. M.Sc. Granja Capão Grande, Carazinho, RS, paulovargas@annex.com.br; ⁵Eng. Agr. M.Sc. Pesquisador Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, anderson.santi@Embrapa.br;

RESUMO: A formação de geada pode ser prejudicial às culturas agrícolas que se desenvolvem durante o outono, inverno e primavera no Sul do Brasil. Por esta razão, o objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil vertical de variação da temperatura do ar em lavoura de trigo em noites de ocorrência de geada. Para isso, foi instalada uma torre micrometeorológica, com sensores de medição conjugada da temperatura e umidade relativa do ar, posicionados nas alturas de 50 cm, 100 cm, 200 cm e 400 cm, no centro da área de estudo de 43 ha. Foram selecionados três casos de geadas em sequência, abrangendo as mais intensas, ocorridas nos períodos críticos da cultura, no final do florescimento e início do enchimento de grãos. A geada mais intensa foi a segunda, na sequência avaliada, com temperatura mínima do ar de -0,79 °C às 05h00. Verificou-se que temperaturas do ar prejudiciais ao trigo ocorreram apenas a 50 cm do solo, uma vez que, na altura das espigas (100 cm) e superiores, as temperaturas mínimas do ar foram positivas e, portanto, sem potencial de danos. A ocorrência de geada em trigo não causa danos se a camada de ar mais frio estiver localizada junto ao solo e se, no nível das espigas, o ar permanecer com temperatura mínima acima de zero grau Celsius.

PALAVRAS-CHAVE: frio, temperatura baixa, nível de dano, congelamento.

MINIMUM AIR TEMPERATURE ON WHEAT - CASE STUDY IN FROST NIGHTS

ABSTRACT: Frost formation can be detrimental to agricultural crops growing during autumn, winter, and spring in southern Brazil. For this reason, the objective of this work was to evaluate the vertical profile of air temperature variability during nights with frost occurrence in the middle of wheat field. Therefore, a micrometeorological tower was installed, with temperature and relative humidity sensors, positioned at heights of 50 cm, 100 cm, 200 cm, and 400 cm, in the center of the study area of 43 ha. Three consecutive nights with frost were selected, including the most intense, that occurred at the end of flowering and beginning of grain filling stages, which are considered the critical periods of the wheat crop development. The most intense frost was the second in the evaluated sequence, with minimum air temperature of -0.79 °C at 05:00 AM. Air temperatures considered detrimental to wheat occurred only at 50 cm from the ground. At the height of the spikes (100 cm) and above, the minimum air temperatures were positive and posing no potential for damage. The occurrence of frost does not cause damage on wheat when negative air temperature was recorded in the middle canopy and above zero degree Celsius.

KEY-WORDS: cold, low temperature, level of damage, freezing.

INTRODUÇÃO

Apesar da importância da geada para a agricultura, estudos que visam a avaliar as condições micrometeorológicas antes, durante e após a ocorrência do fenômeno e sua interação com espécies cultivadas, no Sul do Brasil, ainda são escassos. Recentemente, Kovaleski (2015) avaliou a ocorrência de geada em canola e observou que os danos podem ser significativamente minimizados, dependendo do estágio das plantas, do manejo da palha e das condições térmicas que ocorrem antes da formação da geada.

Em trigo, Silva et al. (2008) observaram que as condições ambientais, especialmente as condições térmicas antes da ocorrência da geada, são muito importantes para redução de danos causados pela geada em trigo, caso haja aclimação das plantas à baixa temperatura do ar. Desta forma, passa a ser importante a compreensão das condições micrometeorológicas que ocorrem antes e durante a ocorrência das geadas, para a avaliação de danos.

Os danos causados pela geada iniciam-se a partir de temperatura do ar abaixo de 3°C, uma vez que há diferença de 3°C a 6°C entre a temperatura do ar no abrigo meteorológico e aquela na superfície do solo ou das plantas (SENTELHAS; ORTOLAN; PEZZOPANE, 1995; GRODZKI et al., 1996). Porém, o perfil de temperatura do ar, tanto dentro quanto acima do dossel, varia com o crescimento das plantas e com a intensidade de variação das condições meteorológicas (MONTEITH; UNSWORTH, 1990). O objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil vertical de variação da temperatura do ar em lavoura de trigo em noites de ocorrência de geada.

MATERIAL E MÉTODOS

O monitoramento micrometeorológico foi feito em uma lavoura comercial de trigo, no município de Carazinho, RS (28°17'02" S; 52°47'11" O e 603 m), no âmbito do experimento, vinculado ao programa AGMIP (Agricultural Model Intercomparison and Improvement). A lavoura, de 43 hectares, foi semeada em 09/06/2015, com a cultivar BRS Parrudo, seguindo as Informações Técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale – safra 2015 no que diz respeito a semeadura, condução e manejo do cultivo. A emergência das plantas foi em 20/06/2015, com 343 plantas m⁻².

A adubação de base foi de 150 kg ha⁻¹ de NPK, (fórmula 00-18-46) e nitrogenada de cobertura foi em dois momentos, sendo o primeiro, de 100 kg ha⁻¹ de ureia, com as plantas entre 3 a 4 folhas, e o segundo, de 100 kg ha⁻¹ de ureia, no final do afilamento. Durante o ciclo da cultura foram realizadas avaliações fenológicas, e fenométricas.

Após a emergência das plantas, iniciou o monitoramento das condições micrometeorológicas, em um ponto com mais de 120 m de raio para a bordadura. A área apresentava inclinação entre 5% e 10%, com exposição solar Leste/Nordeste.

Para o monitoramento foi instalada uma torre micrometeorológica, composta por quatro sensores de medição conjugada da temperatura e umidade relativa do ar, modelo HC2S3-L, instalados nas alturas de 50 cm, 100 cm, 200 cm e 400 cm, um sensor de medição da radiação solar global incidente, modelo SP-110-L-10, e dois sensores de medição do saldo de radiação, modelo NR-LITE2-L, todos conectados a datalogger, com as leituras feitas a cada 30 s, com médias e/ou totalização armazenadas a cada 15 min.

Com base nos dados de temperatura mínima do ar, foram selecionadas as geadas mais intensas ocorridas na sequência de 12/09/2015 a 14/09/2015, na fase de

espigamento/enchimento de grãos do trigo, quando as plantas estavam com, aproximadamente, 80 cm de altura, e índice de área foliar 2,9.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 09/09/2015 a 14/09/2015, que corresponde a três dias antes das geadas e um dia após, houve densidade de fluxo de radiação solar elevada, com exceção do dia 10/09/2015, quando a mesma foi, praticamente, 50% dos demais dias, em função da nebulosidade. No período, especialmente os dias 11 e 12 foram dias típicos (sem nuvens). Por consequência, também essas noites foram sem nuvens, com elevada perda de energia de ondas longas no início da noite, que são propícias para a formação de geada na madrugada (PEREIRA, ANGELOCCI, SENTELHAS, 2002). Esse tipo de condição, associada à baixa umidade relativa do ar nos dias 11 e 12, foram responsáveis pela ocorrência de geadas verificadas nos dias 12 e 13 de setembro (Figura 1).

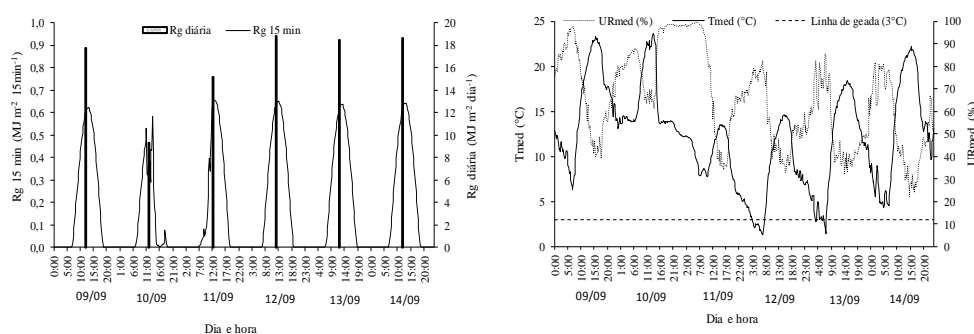


Figura 1. Densidade de fluxo de radiação solar global em intervalos de 15 min (Rg 15) e radiação solar global diária (Rg), com temperatura (Tmed) e umidade relativa (URmed) médias do ar, medidas a intervalos de 15 min, no período de 09/09/2015 a 14/09/2015, em lavoura de trigo. Carazinho, RS – 2015.

Nos dois eventos de geada, a temperatura mínima do ar foi negativa apenas a 50 cm acima do solo, no sensor posicionado dentro do dossel, com exceção de alguns momentos, na geada do dia 13/09, em que a mesma ficou negativa também na altura de 100 cm, no sensor posicionado logo acima da espiga do trigo (100 cm). Nas demais alturas, a temperatura mínima do ar permaneceu positiva. Provavelmente, isso explica o fato de não ter havido dano na espiga do trigo, considerando o estágio em que a cultura se encontrava, naquele momento.

Porém, se as plantas de trigo estivessem no emborrachamento ou no início do espigamento, poderia ter ocorrido dano por dessecação do último nó da planta, região com alto teor de água. Neste trabalho isso não ocorreu, devido ao estágio mais avançado das plantas (SCHEEREN, 1982).

Entre as datas com geadas (12/09 e 13/09), a mais intensa foi em 13/09, pois a temperatura mínima do ar foi mais baixa ($-0,38^{\circ}\text{C}$, em 12/09, e $-0,79^{\circ}\text{C}$, em 13/09) e a mesma atingiu antes os valores abaixo de 0°C e permaneceu por mais tempo nesta condição térmica, do que em 12/09 (Figura 2).

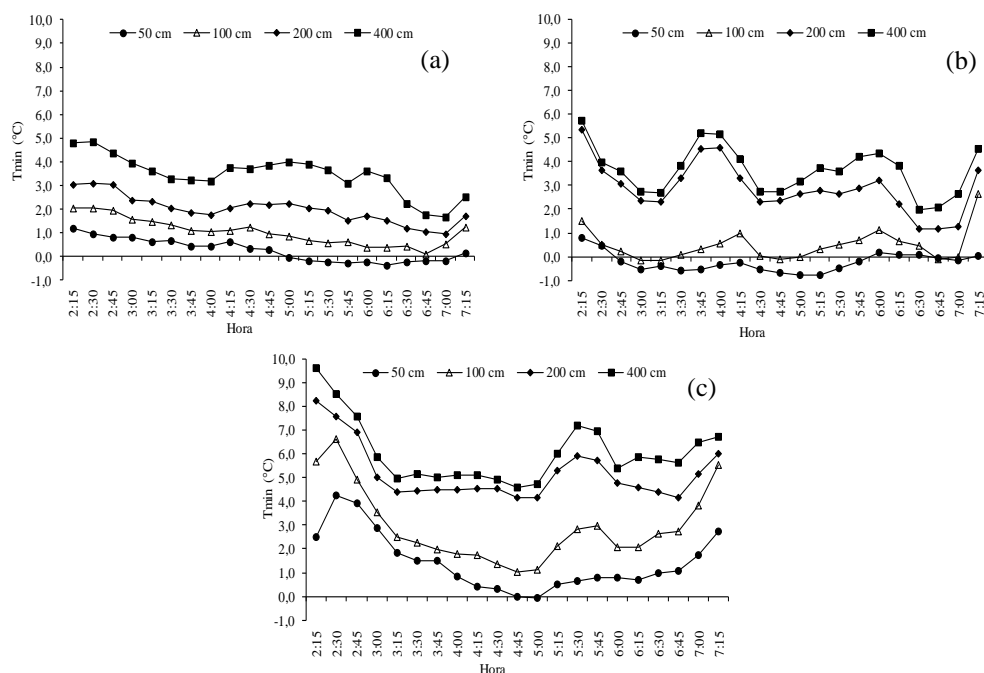


Figura 2. Perfil de temperatura mínima do ar, em intervalos de 15 min, nas alturas de 50, 100, 200 e 400 cm, no dia 12/09/2015 (a), 13/09/2015 (b) e 14/09/2015 (c), em lavoura de trigo. Carazinho, RS – 2015.

Em 14/09, não ocorreu geada, considerando a temperatura média do ar a 2 m de altura (Figura 1), mas a análise do perfil apontou ocorrência de temperatura mínima absoluta do ar abaixo de 0°C, entre o horário das 04h45 às 05h00, com valor mínimo de -0,08°C. Assim, evidencia-se que o maior potencial de danos foi da segunda geada.

Algumas considerações podem ser feitas com base nos resultados observados para essa condição e geadas tardias em trigo. A primeira delas é que essas geadas ocorrem associadas à entrada de massas de ar frio de curta duração, intercaladas com períodos mais quentes, em consequência da elevação constante da disponibilidade de radiação solar neste período (KOVALESKI, 2015).

Desta forma, o armazenamento de energia no solo, nos períodos que antecedem geadas, pode contribuir na redução de danos causados. Isso implica no ajuste de técnicas de manejo que possam alterar o balanço de radiação e energia no sistema solo-planta-atmosfera, para que os mesmos se tornem favoráveis à redução de danos causados por geadas. Também, a influência positiva do efeito de ventos fracos, em noites de geadas, pode ser aproveitada com o dimensionamento espacial do cultivo de trigo, em áreas de platô (topo de coxilhas) mais expostas, já que os ventos não são tão frios em áreas com exposição Norte, Noroeste e Nordeste, que facilitam o escoamento do ar mais frio para áreas de baixada, além de recebem maior carga energética durante o dia e estarem menos expostas a ventos frios provenientes do Sul.

CONCLUSÕES

A variação noturna do perfil de temperatura mínima do ar, associada à ocorrência de geada, apresenta aumento gradativo condizente com a camada de inversão térmica. A ocorrência de geada em trigo não causa danos se a camada de ar mais frio estiver localizada junto ao solo e se, no nível das espigas, o ar permanecer com temperatura mínima acima de zero grau Celsius.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa, pelos apoios financeiro, logístico e operacional; e ao CNPq, pelas bolsas de produtividade e pesquisa, e à Granja Capão Grande, pela disponibilização da área.

REFERÊNCIAS

GRODZKI, L. et al. Risco de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1 p.93-99, 1996.

KOVALESKI, S. **Efeitos da geada em canola (*Brassica napus* L.) em função da distribuição da palha na superfície do solo**. 2015. 155 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, 2015.

MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M.H. **Principles of environmental physics**. 2.ed. London: Edward Arnold, 1990. 291p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

SCHEEREN, P. L. **Danos de geada em trigo: avaliação preliminar de cultivares**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.17, n.6, p.853-858, 1982.

SENTELHAS, P.C.; ORTOLAN, A.A.; PEZZOPANE, J.R.M. Estimativa da temperatura mínima de relva e da diferença de temperatura entre o abrigo e a relva em noites de geada. **Bragantia**, v.54, n.2, p.437-445, 1995.

SILVA, E.P. et al. Fatores abióticos envolvidos na tolerância de trigo a geada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1257-1265, 2008.

VARIAÇÃO DIÁRIA DE TEMPERATURA E UMIDADE EM DIFERENTES PONTOS DA CAVERNA FURNA NOVA

Saulo Tasso Araujo da Silva¹, José Espínola Sobrinho², George Bezerra Ribeiro³, Leonardo Brasil de Matos Nunes⁴, Leonardo Lelis de Macedo Costa⁵

¹Meteorologista, D. Sc. em Meteorologia, Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, saulo@ufersa.edu.br;

²Engenheiro Agrônomo, D. Sc. em Recursos Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, espinola@ufersa.edu.br;

³Engenheiro Eletricista, M. Sc. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Tecnologista Sênior, UFRSA/INPE, Mossoró, RN, george@ufersa.edu.br;

⁴Analista Ambiental, especialista em gestão e manejo ambiental em sistemas florestais, ICMBio, Mossoró, RN, Leonardo.nunes@icmbio.gov.br

⁵Médico Veterinário; D. Sc. em Ciência Animal, Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, leolelis@ufersa.edu.br;

RESUMO: O estudo teve como objetivo caracterizar o microclima da caverna Furna Nova, localizada no Parque Nacional da Furna Feia, Mesorregião Oeste do Rio Grande do Norte. Para isso, em dois pontos no interior da caverna foram instalados sensores de temperatura e umidade relativa, conectados a registradores automáticos. Os dados registrados foram comparados aos de uma estação meteorológica instalada na superfície, próximo à entrada da caverna. As temperaturas médias foram de 28,72; 26,14 e 24,81°C, no ambiente externo, no salão visitável e adjacente, respectivamente. A umidade relativa média foi de 27,42; 74,02 e 80,74%. A caverna Furna Nova é caracterizada por uma temperatura média do ar inferior ao valor médio registrado na superfície e grande estabilidade. A umidade relativa apresenta valores elevados e estáveis, aumentando de acordo com a distância e a profundidade em relação à superfície.

PALAVRAS-CHAVE: microclima, espeleologia, ambiente cavernícola.

DAILY TEMPERATURE AND HUMIDITY VARIATION IN DIFFERENT POINTS OF FURNA NOVA CAVE

ABSTRACT: The aim of this study was to characterize the microclimate of Furna Nova cave, Located in the Furna Feia National Park, west region of Rio Grande do Norte state. For this, at two places inside the cave air temperature and relative humidity sensors connected on automatic recorders were installed. The recorded data were compared to those of a weather station installed on the surface near the entrance to the cave. Mean temperature were 28.72; 26.14 and 24.81°C, in surface, visitable and adjacent halls, respectively. Mean relative humidity was 27.42; 74.02 and 80.74%. Furna Nova cave is characterized by average air temperature below the mean value recorded on the surface and stability. Relative humidity show high and stable values, increasing according to the distance and depth relative to the surface.

KEY-WORDS: Microclimate, speleology, cave environment.

INTRODUÇÃO

A caverna de Furna Nova, está localizada no parque nacional da Furna Feia, uma unidade de conservação de proteção integral da natureza, localizada na Mesorregião do Oeste Potiguar e Microrregião de Mossoró, Rio Grande do Norte-RN, com uma área de aproximadamente 8.494 hectares distribuída pelos municípios de Baraúna e Mossoró.

Criado em 2012, a Furna Feia é o primeiro parque nacional do Rio Grande do Norte e sua administração está a cargo do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Segundo Banducci Jr&Lobo (2012), as cavernas apresentam-se como atrativos turísticos, despertando a atenção e o interesse crescente de diferentes categorias de visitantes. Assim, o espeleoturismo ou turismo em cavernas representa uma modalidade diferenciada de turismo que pode ser classificada ao mesmo tempo como turismo ecológico, científico e de aventura (VERÍSSIMO et al, 2005). Porém, para que seja possível a identificação de impactos de visitas sobre o ambiente dentro da caverna e a sua gestão, deve-se conhecer o seu microclima sem a ação antrópica (FREITAS, 2010). Desta forma o objetivo do estudo foi analisar a variação diária de temperatura e umidade relativa do ar em diferentes pontos da caverna Furna Nova.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados na caverna da Furna Nova (coordenadas 05° 02' 03" S e 37° 34' 16" W), por um período de 48 horas, entre os dias 16 e 18 de setembro de 2016, dentro período seco para a região. Dataloggers dos modelos Campbell Scientific CR10X, CR1000 e CR3000, todos equipados com sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo Campbell Scientific HMP45C foram instalados no ambiente externo próximo à entrada da caverna e em dois outros pontos, no seu interior: Num salão amplo denominado “salão visitável”, onde se encontram espeleotemas tipo cortina, e que tem aproximadamente 16 m de profundidade em relação à superfície e possui uma pequena claraboia; e em um salão menor, vizinho a este, denominado “salão adjacente”, que se encontra em um nível mais profundo, de aproximadamente 25 m. e não tem comunicação direta com o meio externo (Figura 1).

O sensor utilizado possui acurácia de $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$, para medições de temperatura entre 0 e 40°C , e de $\pm 2\%$ para medições de umidade relativa do ar entre 0 e 90%. Foram realizadas leituras a cada 5 segundos e registrados os valores médios a cada 10 minutos e a cada hora.

A análise de variância foi baseada no método dos quadrados mínimos (HARVEY, 1960). Utilizando-se o programa “R”, para composição do arquivo, exame de distribuição de frequência dos dados, estatística descritiva e análise de variância conforme Littell et al. (1991). Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) e aplicado o teste de Tukey (1%) para comparação das médias de temperatura e umidade relativa.

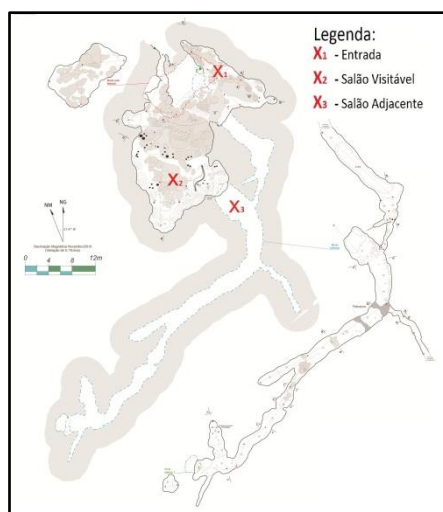


Figura 1: Mapa da caverna Furna Nova, com identificação dos pontos de monitoramento dos parâmetros microclimáticos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 1 e 2 estão apresentados os valores estatísticos dos parâmetros avaliados, temperatura do ar e umidade relativa, onde constam as médias, máxima, mínima, amplitude e desvio padrão dos três ambientes observados: externo, salão visitável e salão adjacente.

Tabela 1: Tabela da temperatura do ar média, desvio padrão, amplitude, máxima e mínima no ambiente externo e nos salões visitável e adjacente da caverna Furna Nova.

	Média (°C)	Desvio	Amplitude (°C)	Mínimo (°C)	Máximo (°C)
Externo	28,72 ^a	4,13	13,36	23,72	37,08
Visitável	26,14 ^b	0,03	0,22	26,07	26,29
Adjacente	24,81 ^c	0,03	0,19	24,76	24,95

Letras diferentes representam diferença estatística na coluna, $p < 0,01$.

A temperatura do ar no ponto externo à caverna apresentou maior média ($28,72 \pm 4,13^\circ\text{C}$), pois está sujeita as variações provocadas pela incidência de radiação solar, e apresentou grande amplitude ($13,36^\circ\text{C}$), já o salão visitável apresentou temperatura média intermediária ($26,14 \pm 0,03^\circ\text{C}$), pois sofre pouca influência de radiação solar e apresenta profundidade de aproximadamente 16 m, o que permite ter pouca variação de energia nesse ambiente. Já o salão adjacente apresentou menor temperatura do ar ($24,81 \pm 0,03^\circ\text{C}$), com menor amplitude, o que também se justifica pela inexistência de radiação solar e pela profundidade (25 m). Também, observou-se que o salão adjacente, por ser mais profundo e não possuir claraboia, funciona com uma “armadilha fria” conforme definido por Cigna (2004), retendo o ar mais frio e, portanto, apresentando valores menores de temperatura.

Quanto à umidade relativa, Tabela 2, a menor média apresentada foi no ponto externo à caverna ($57,42 \pm 16,62\%$), onde foi registrada grande amplitude ($49,77\%$) e valor máximo de $74,70\%$. O salão visitável apresentou umidade relativa média intermediária ($74,02 \pm 0,81\%$) entre o adjacente e o externo. Já o salão adjacente apresentou maior média de umidade relativa ($80,74 \pm 1,60\%$). Destaca-se o fato da amplitude registrada no salão adjacente ($7,10\%$) ter sido maior que no salão visitável ($3,14\%$), mesmo com menor variação de temperatura.

Os valores observados estão em consonância com Badino (2004) e Cigna (2004) que descrevem cavernas como ambientes quase fechados, nos quais as trocas de energia com o exterior são pequenas e dependem, essencialmente, do fluxo de água e de ar entre a superfície e o interior da caverna e cuja temperatura interna é muito estável e tende ao valor médio da temperatura da atmosfera local.

Tabela 2: Tabela da umidade relativa média, desvio padrão, amplitude, máxima e mínima no ambiente externo e nos salões visitável e adjacente da caverna Furna Nova.

	Média (%)	Desvio	Amplitude (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Externo	57,42 ^c	16,62	49,77	24,93	74,70
Visitável	74,02 ^b	0,81	3,14	72,12	75,26
Adjacente	80,74 ^a	1,60	7,10	78,30	85,40

Letras diferentes representam diferença estatística na coluna, $p < 0,01$.

Para melhor compreensão da variação diária de temperatura no ambiente externo e no interior da caverna - salões visitável e adjacente - foram calculadas as médias horárias para todo o período e os dados foram dispostos em gráficos da variação de temperatura (°C) e da umidade relativa do ar (%) em função da hora do dia (Figuras 2.a e 2.b). Nestes pode-se observar a grande variação diária de temperatura e umidade relativa no ambiente externo, bem como uma grande estabilidade destas variáveis no interior da caverna, verificando-se as variações meteorológicas diárias da superfície refletem-se de forma muito reduzida na caverna.

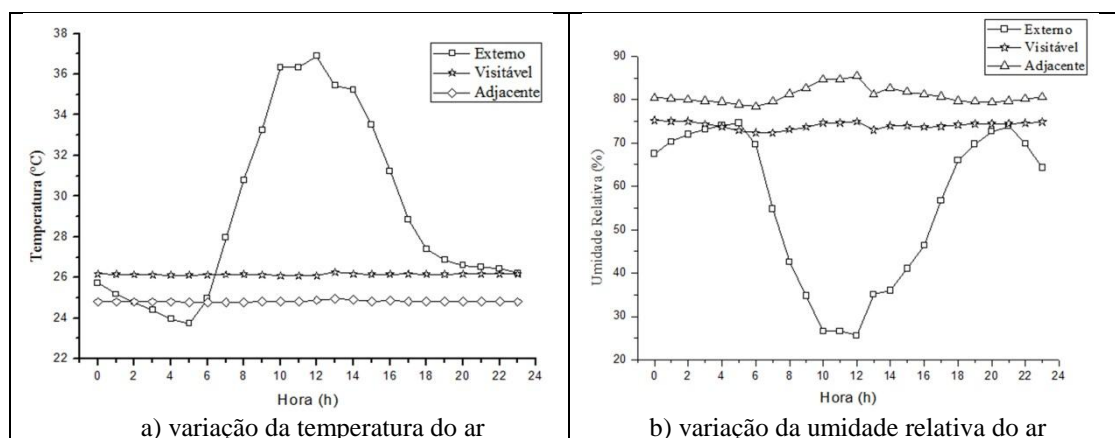


Figura 2: Gráfico da variação da temperatura do ar (a) e da umidade relativa (b), média de cada hora, no ambiente externo à caverna Furna Nova e em seus salões visitável e adjacente.

Diferentemente do que se observa na maioria das cavernas, onde o fluxo de água costuma ser o fator de maior influência nas variações meteorológicas internas (BADINO, 2010), pode-se inferir que na Furna Nova o fluxo de ar com o ambiente externo, apesar de limitado devido à própria morfologia da cavidade – que possui apenas uma pequena entrada e uma também pequena claraboia – apresentou-se como fator preponderante na definição das variações do microclima interno, uma vez que as medições foram realizadas no período seco e não foram identificados fluxos de água na caverna.

CONCLUSÕES

A caverna Furna Nova é caracterizada por uma temperatura média do ar um pouco inferior ao valor médio diário registrado na superfície. A temperatura é bastante

estável, sendo a amplitude reduzida conforme a distância e profundidade do ponto monitorado em relação à entrada.

A umidade relativa apresenta valores elevados e estáveis no interior da caverna, aumentando de acordo com a distância e a profundidade em relação à superfície, onde o ar apresenta-se sempre mais seco.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Chico Mendes – ICMBIO, pelo apoio logístico à realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BANDUCCI JÚNIOR, A.; LOBO, H. A. S.; Turismo em caverna e as representações do mundo subterrâneo, **Revista de Turismo y Patrimônio Cultural**, Tenerife-Espanha, v.43, n. 5, p. 585-594. 2012.

BADINO, G. Cave temperatures and global climatic change. **International Journal of Speleology**, Bologna, v.33, n.1, p.103-114, 2004.

BADINO, G. Underground meteorology – “What’s the weather underground?”. **Acta Carsologica**, Postojna, v.39, n.3, p.427-448, 2010.

CIGNA, A.A. Climate of caves. In: GUNN, J. (Ed.) **Encyclopedia of caves and karst science**. London: Taylor & Francis, 2004. p.467-475.

FREITAS, C.R. de. The role and the importance of cave microclimate in the sustainable use and management of show caves. **Acta Carsologica**, Postojna, v.39, n.3, p.477-489, 2010.

LITTELL R.C.; FREUND R.J.; SPECTOR P.C., **SAS System for linear models**. ed. 3, SAS Institute, Cary, N.C. 1991.

VERÍSSIMO, C.U.V et al.. Espeleoturismo e microclima da gruta de Ubajara, CE. **Estudos Geológicos**, Recife, v.15, p.244-253, 2005.

VARIAÇÃO DIÁRIA DE TEMPERATURA E UMIDADE EM DIFERENTES PONTOS DA CAVERNA FURNA FEIA

Saulo Tasso Araujo da Silva¹, José Espínola Sobrinho², George Bezerra Ribeiro³, Leonardo Brasil de Matos Nunes⁴, Leonardo Lelis de Macedo Costa⁵

¹Meteorologista, D. Sc. em Meteorologia, Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, saulo@ufersa.edu.br;

²Engenheiro Agrônomo, D. Sc. em Recursos Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, espinola@ufersa.edu.br;

³Engenheiro Eletricista, M. Sc. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Tecnologista Sênior, UFRSA/INPE, Mossoró, RN, george@ufersa.edu.br;

⁴Analista Ambiental, especialista em gestão e manejo ambiental em sistemas florestais, ICMBio, Mossoró, RN, leonardo.nunes@icmbio.gov.br

⁵Médico Veterinário; D. Sc. em Ciência Animal, Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, leolelis@ufersa.edu.br;

RESUMO: O estudo teve como objetivo caracterizar o microclima da caverna Furna Feia, localizada no Parque Nacional da Furna Feia, Mesorregião Oeste do Rio Grande do Norte. Para isso, em três pontos no interior da caverna foram instalados sensores de temperatura e umidade relativa, conectados a registradores automáticos. Os dados registrados foram comparados aos de uma estação meteorológica instalada na superfície, próximo à entrada da caverna. As temperaturas médias foram de 29,45; 28,86, 28,29 e 27,56°C, e a umidade relativa média foi de 52,25, 50,46, 81,47 e 83,46%, no ambiente externo, nos salões de entrada, adjacente e visitável, respectivamente. A caverna Furna feia é caracterizada por temperatura média do ar bastante estável e inferior ao valor médio diário registrado na superfície, com a amplitude reduzida conforme a distância da entrada, além disso apresenta “armadilha quente” em salão sem saída com altura superior. A umidade relativa apresenta valores elevados e estáveis no interior da caverna, aumentando de acordo com a distância das claraboias, onde há pequeno fluxo de energia.

PALAVRAS-CHAVE: microclima, espeleologia, ambiente cavernícola.

DAILY TEMPERATURE AND HUMIDITY VARIATION IN DIFFERENT POINTS OF FURNA FEIA CAVE

ABSTRACT: The aim of this study was to characterize the microclimate of Furna Feia cave, Located in the Furna Feia National Park, west region of Rio Grande do Norte state. For this, at three places inside the cave air temperature and relative humidity sensors connected on automatic recorders were installed. The recorded data were compared to those of a weather station installed on the surface near the entrance to the cave. Mean temperature were 29.45; 28.86; 28.29 and 27.56°C, mean relative humidity was 52.25; 50.46; 81.47 and 83.46 in surface, entrance, visitable and adjacent halls, respectively. Furna Feia cave is characterized by a fairly stable average air temperature and less than the average daily value registered on the surface, with the reduced amplitude according to the distance of the entrance, in addition it show "hot trap" in superior hall. Relative humidity show high and stable values, increasing according to the distance of the skylights, where there is small flow of energy.

KEY-WORDS: Microclimate, speleology, cave environment.

INTRODUÇÃO

A Caverna da Furna Feia (coordenadas 5° 02' 12" S e 37° 33' 37" W), que dá nome ao Parque, é a maior e mais volumosa caverna do complexo, e também a que apresenta os maiores travertinos e escorrimentos calcíticos (BENTO; et al., 2013). A caverna tem projeção horizontal de 707,5 m e desnível de 30,0 m. Sua morfologia indica haver locais com níveis de fluxo de energia variados, entre médio e baixo, com predominância deste último, o que torna o estudo do seu microclima item para a definição de um plano de manejo da Unidade

Criado em 2012, Furna Feia é o primeiro parque nacional do Rio Grande do Norte e sua administração está a cargo do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Segundo Banducci Jr & Lobo (2012), as cavernas apresentam-se como atrativos turísticos, despertando a atenção e o interesse crescente de diferentes categorias de visitantes. Assim, o espeleoturismo ou turismo em cavernas representa uma modalidade diferenciada de turismo que pode ser classificada ao mesmo tempo como turismo ecológico, científico e de aventura (VERÍSSIMO et al, 2005). Porém, para que seja possível a identificação de impactos de visitas sobre o ambiente dentro da caverna e a sua gestão, deve-se conhecer o seu microclima sem a ação antrópica (FREITAS, 2010). Desta forma o objetivo do estudo foi analisar a variação diária de temperatura e umidade relativa do ar em diferentes pontos da caverna Furna Feia.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados na caverna da Furna Feia (coordenadas 05° 02' 12" S e 37° 33' 37" W), por um período de 48 horas, entre os dias 25 e 27 de setembro de 2016, dentro período seco para a região. Dataloggers dos modelos Campbell Scientific um CR10X, dois CR1000 e um CR3000, todos equipados com sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo Campbell Scientific HMP45C foram instalados no ambiente externo próximo à entrada da caverna e em três outros pontos, no seu interior: Num salão de entrada denominado “entrada”; num salão amplo denominado “salão visitável”, onde se encontram acessos a salões subterrâneos com fluxo de água; outro denominado “salão adjacente”, que se encontra em um nível mais alto e sem saída (Figura 1).

O sensor utilizado possui acurácia de $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$, para medições de temperatura entre 0 e 40°C, e de $\pm 2\%$ para medições de umidade relativa do ar entre 0 e 90%. Foram realizadas leituras a cada 5 segundos e registrados os valores médios a cada 10 minutos e a cada hora.

A análise de variância foi baseada no método dos quadrados mínimos (HARVEY, 1960). Utilizando-se o programa “R”, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) e aplicado o teste de Tukey (5%) para comparação das médias de temperatura e umidade relativa.

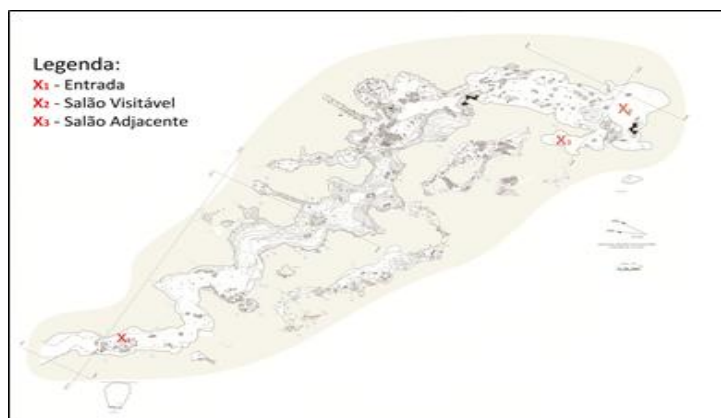


Figura 1: Mapa da caverna Furna Feia, com identificação dos pontos de monitoramento dos parâmetros microclimáticos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 1 e 2 estão apresentados os valores estatísticos dos parâmetros avaliados, temperatura do ar e umidade relativa, onde constam as médias, máxima, mínima, amplitude e desvio padrão dos quatro ambientes observados: externo, entrada, salão visitável e salão adjacente.

Tabela 1: Tabela da temperatura do ar média, desvio, amplitude, máxima e mínima no ambiente externo e nos salões de entrada, visitável e adjacente da caverna Furna Feia.

	Média (°C)	Desvio	Amplitude (°C)	Mínimo (°C)	Máximo (°C)
Externo	29,45 ^a	4,05	13,70	23,61	37,31
Entrada	28,86 ^b	1,70	6,28	26,06	32,34
Adjacente	28,29 ^c	0,18	0,91	28,01	28,92
Visitável	27,56 ^d	0,05	0,53	27,46	27,99

Letras diferentes representam diferença estatística na coluna, $p < 0,05$.

A temperatura do ar no ponto externo à caverna apresentou maior média ($29,45 \pm 4,05^\circ\text{C}$), pois está sujeita as variações provocadas pela incidência de radiação solar, e apresentou grande amplitude ($13,7^\circ\text{C}$), o salão de entrada apresentou média de $28,86 \pm 1,70^\circ\text{C}$, temperatura intermediária entre a área externa e o salão visitável, que apresentou temperatura média mais baixa ($27,56 \pm 0,05^\circ\text{C}$), quando comparada aos outros ambientes, pois apresenta proximidade e comunicação com salões de níveis inferiores, onde se tem pouca variação de energia. Já o salão adjacente apresentou temperatura do ar ($28,29 \pm 0,18^\circ\text{C}$), intermediária entre o salão visitável e a entrada da caverna, observou-se que o salão adjacente, por ser mais elevado, não possui claraboia e não apresentar saída, funciona com uma “armadilha quente” conforme definido por Cigna (2004), retendo o ar mais quente e, portanto, apresentando valores maiores de temperatura, devido aos movimentos convectivos que deslocam o ar menos denso para cima.

Os valores observados estão em consonância com Badino (2004) e Cigna (2004) que descrevem cavernas como ambientes quase fechados, nos quais as trocas de energia com o exterior são pequenas e dependem, essencialmente, do fluxo de água e de ar entre a superfície e o interior da caverna e cuja temperatura interna é muito estável e tende ao valor médio da temperatura da atmosfera local.

Quanto à umidade relativa, Tabela 2, as menores médias apresentadas foram no ponto de entrada da caverna ($50,46 \pm 8,25\%$) e na superfície, ambiente externo ($52,25 \pm 15,52$), onde foram registradas as maiores amplitudes ($31,63$ e $50,02\%$, respectivamente). O salão visitável apresentou umidade relativa média mais elevada

(83,46 ±0,54%), esse valor, provavelmente, é mais elevado devido à proximidade com o acesso aos salões localizados em níveis inferiores, onde há fluxo de água. Já o salão adjacente apresentou umidade relativa média de 81,47 ±0,33%. Destaca-se o fato das amplitudes registradas nos salões visitável e adjacente (3,3 e 2,4%) serem extremamente baixas, demonstrando haver pouca troca de energia com o ambiente externo.

Tabela 2: Tabela da umidade relativa média, desvio padrão, amplitude, máxima e mínima no ambiente externo e nos salões de entrada, visitável e adjacente da caverna Furna Feia.

	Média (%)	Desvio	Amplitude (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Externo	52,25 ^c	15,52	50,02	22,35	72,37
Entrada	50,46 ^c	8,25	31,63	30,15	61,78
Adjacente	81,47 ^b	0,33	2,40	80,10	82,50
Visitável	83,46 ^a	0,54	3,3	81,50	84,80

Letras diferentes representam diferença estatística na coluna, p<0,01.

Foram calculadas as médias horárias para todo o período e os dados foram dispostos em gráficos da variação de temperatura (°C) e da umidade relativa do ar (%) em função da hora do dia (Figuras 1.a e 1.b). Nestes pode-se observar a grande variação diária de temperatura e umidade relativa no ambiente externo e entrada, bem como uma grande estabilidade destas variáveis nos salões visitável e adjacente, verificando que as variações meteorológicas horárias na superfície refletem de forma muito reduzida o comportamento destas no interior da caverna.

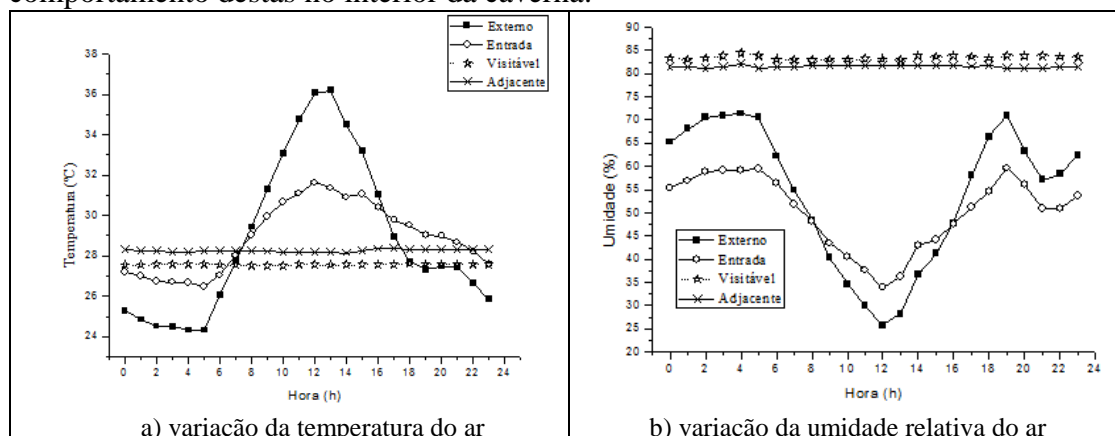


Figura 2: Gráfico da variação da temperatura do ar (a) e da umidade relativa (b), média a cada hora, no ambiente externo à caverna Furna Feia, na entrada e em seus salões visitável e adjacente.

Pode-se inferir que na Furna Feia o fluxo de ar com o ambiente externo, é limitado devido à própria morfologia da cavidade – que possui grande extensão, poucas claraboias e salões em vários níveis – o que contribui para à grande estabilidade nas variações do microclima interno.

CONCLUSÕES

A caverna Furna feia é caracterizada por uma temperatura média do ar bastante estável e inferior ao valor médio diário registrado em superfície, com a amplitude reduzida conforme a distância da entrada, além disso apresenta “armadilha quente” em salão sem saída em nível superior. A umidade relativa apresenta valores elevados e

estáveis no interior da caverna, aumentando de acordo com a distância das claraboias, onde há pequeno fluxo de energia.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Chico Mendes – ICMBIO, pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

BANDUCCI JÚNIOR, A.; LOBO, H. A. S.; Turismo em caverna e as representações do mundo subterrâneo, **Revista de Turismo y Patrimônio Cultural**, Tenerife-Espanha, v.43, n. 5, p. 585-594. 2012.

BADINO, G. Cave temperatures and global climatic change. **International Journal of Speleology**, Bologna, v.33, n.1, p.103-114, 2004.

BENTO, D.M.; et al.. o parque nacional com a maior quantidade de cavernas do Brasil. In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32, 2013. Barreiras. **Anais**. Campinas: SBE, 2013. p.31-43.

BADINO, G. Underground meteorology – “What’s the weather underground?”. **Acta Carsologica**, Postojna, v.39, n.3, p.427-448, 2010.

CIGNA, A.A. Climate of caves. In: GUNN, J. (Ed.) **Encyclopedia of caves and karst science**. London: Taylor & Francis, 2004. p.467-475.

FREITAS, C.R. de. The role and the importance of cave microclimate in the sustainable use and management of show caves. **Acta Carsologica**, Postojna, v.39, n.3, p.477-489, 2010.

VERÍSSIMO, C.U.V et al.. Espeleoturismo e microclima da gruta de Ubajara, CE. **Estudos Geológicos**, Recife, v.15, p.244-253, 2005.

BALANÇO DE RADIAÇÃO EM UM LAGO ARTIFICIAL COM ÁGUA DE BAIXA TURBIDEZ

Tatyana Keyty de Souza Borges¹, Aureo Silva de Oliveira², Neilon Duarte da Silva³,
Denize Sampaio Chagas⁴, João Paulo Chaves Couto⁵

¹ Engenheira Agrônoma, Profª do IF-Sertão Pernambucano e doutoranda na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, tatyana.borges@ifsertao-pe.edu.br; ² Professor, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, aureo@ufrb.edu.br; ³ Doutorando, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, neylon_duart@hotmail.com; ⁴ Mestre, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, dsampaiochagas@gmail.com; ⁵ Mestre, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, jpauloengagro@gmail.com

RESUMO: O balanço de radiação (R_n) representa a contabilização dos fluxos radiativos ascendentes e descendentes, que irão disponibilizar energia para a maioria dos processos que ocorrem no corpo hídrico. O objetivo deste trabalho foi obter o R_n por meio da medição dos fluxos de onda curta e onda longa, como também avaliar modelos que estimem o R_n a partir da radiação solar global (R_g) e do balanço de onda curta (R_{oc}) na água de baixa turbidez, no Recôncavo da Bahia. Para tal, foi instalada uma plataforma flutuante de baixo custo, no centro do lago artificial, para posicionamento dos sensores sobre a superfície da água. Foram medidos dados de R_g , radiação de onda curta refletida (R_r), radiação de onda longa atmosférica (R_{atm}) e radiação de onda longa oriunda da superfície (R_{es}), no período de 21/07/2015 a 02/12/2015. Para efeito de análise, foram selecionados três dias, com transmissividade atmosférica distinta. A dinâmica de R_g foi modificada por causa da presença de nuvens. No dia de céu claro, o albedo (α) apresentou valores quase simétricos das 8 h às 16 h. Nesse intervalo, os valores de α foram inferiores a 0,10, indicando que mais de 90% da radiação incidente contribuiu para o balanço de radiação. O R_n pode ser estimado a partir da regressão linear simples com dados de R_g e R_{oc} , em qualquer intervalo de tempo; o que se confirma com os elevados valores dos coeficientes de determinação (r^2) superiores a 94% e 99%, para intervalo de dados diários e horários, respectivamente.

.PALAVRAS-CHAVE: onda curta, onda longa, albedo, saldo radiômetro

RADIATION BALANCE ON AN ARTIFICIAL LAKE WITH LOW TURBIDITY WATER

ABSTRACT: The radiation balance (R_n) represents the accounting of ascending and descending radiative fluxes, which will provide energy for most of the processes that occur in the water body. The objective of this work was to obtain the R_n by measuring the shortwave and longwave fluxes, as well as to evaluate models that estimate the R_n from the global solar radiation (R_g) and the shortwave (R_{oc}) balance in the water of Low turbidity, in the Recôncavo da Bahia. To this end, a low-cost floating platform was installed in the center of the artificial lake to position the sensors on the surface of the water. R_g , short-wave (R_r), long-wave (R_{atm}) and long-wave radiation from the surface (R_{es}) were measured in the period from 07/21/2015 to 02/12/2015. For the purpose of analysis, three days were selected, with different atmospheric transmissivity. The dynamics of R_g was modified because of the presence of clouds. On day of clear sky, the albedo (α) presented values almost symmetrical from 8 h to 16 h. In this interval, α values were less than 0.10, indicating that more than 90% of the incident radiation

contributed to the radiation balance. R_n can be estimated from simple linear regression with R_g and R_{oc} data, at any time interval; Which is confirmed by the high values of the determination coefficients (r^2) higher than 94% and 99%, for daily and hourly data, respectively.

KEY-WORDS: short wave, long wave, albedo, balance radiometer

INTRODUÇÃO

O balanço de radiação (R_n) representa a energia disponível para a maioria dos processos físicos, químicos ou biológicos que ocorrem numa superfície, seja água, solo com ou sem vegetação. Também denominado de saldo de radiação, ou simplesmente radiação líquida, R_n corresponde à contabilização entre os fluxos de radiação eletromagnética de onda curta (100 - 3.000 nm) e onda longa (3000 e 100.000 nm) que atuam na superfície.

Informações sobre a dinâmica desses fluxos possuem uma ampla aplicabilidade nas práticas agrícolas, como por exemplo, no planejamento da irrigação, uso adequado do solo, zoneamento agrícola regional, impacto das variações meteorológicas sobre os cultivos agrícolas (ANDRÉ et al., 2010). Além disso, é de vital importância para o monitoramento do clima, previsão do tempo (DI PLACE et al., 2008), aquecimento do ar e do solo, evapotranspiração, metabolismo das plantas, especialmente fotossíntese (AZEVEDO et al., 1990) e estudos de evaporação de lagos (LENTERS et al., 2005).

Na água, a propagação da R_g está diretamente relacionada as características limnológicas (turbidez) e ópticas, propriedades térmicas, rugosidade e albedo específicos (OKE, 1995; BARTUŇKOVÁ et al., 2014; BOIKE et al., 2015). Moreira (2007) comenta que na forma líquida, a água absorve quase toda radiação eletromagnética abaixo de 380 nm e acima de 700 nm, visto que possui albedo baixo, pouco mais de 5%; este fato demonstra que a água, no estado líquido, é uma forte absorvedora da radiação em quase todas as faixas do espectro eletromagnético.

Azevedo et al. (2014) ao avaliarem a disponibilidade energética para a cana-de-açúcar, na Paraíba, verificaram que 82% do R_n foi utilizado como calor latente, 16% como calor sensível para aquecer o ar e 2% para aquecer o solo. Wang et al. (2014), observaram que quase 75% do R_n foi utilizado para fazer a água do lago evaporar, e apenas uma pequena fração foi usada para aquecer o ar e a água do lago (calor sensível).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi: a) obter o balanço de radiação por meio de dados medidos dos fluxos radiativos de onda curta e onda longa em um lago artificial, com água de baixa turbidez, no Recôncavo da Bahia, b) gerar modelos que descrevam a relação do balanço de radiação com a radiação solar global e com o balanço de onda curta, e c) avaliar os respectivos desempenhos.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

A área experimental está localizada na Fazenda Santo Antônio, propriedade da empresa DANCO Comércio e Indústria de Fumos Ltda., município de Governador Mangabeira/Bahia (12°37' S, 39°03' W, 218 m). O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Am, com médias anuais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar da ordem de 1150 mm, 25 °C e 65%, respectivamente. O vento é predominantemente sudeste com velocidade média de 2,5 m s⁻¹. A fazenda é especializada no cultivo do fumo (*Nicotiana tabacum* L.) do tipo Sumatra para

exportação e utilizado em capa de charuto. A uniformidade da queima da capa do charuto depende, entre outros fatores, da qualidade da água de irrigação, especialmente no que se refere ao teor de cloro, isto justifica o tratamento da água (filtragem e osmose reversa) antes de ser armazenada nos reservatórios. Esses são escavados e revestidos de manta impermeabilizante de polietileno preto de alta densidade (PEAD) de 2 mm de espessura.

Medição dos componentes do balanço de radiação e aquisição de dados

A medição dos componentes do balanço de radiação sobre o espelho d'água foi realizada por meio de um radiômetro líquido, modelo CNR4 (*Kipp & Zonen B.V., Delft, The Netherlands*), instalado numa plataforma flutuante (PF) artesanal (Figura 1).

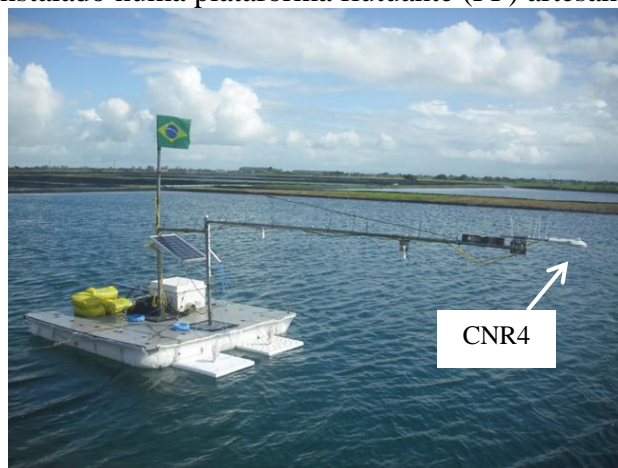


Figura 1. Plataforma flutuante com radiômetro líquido, modelo CNR4 para coleta de dados sobre superfície hídrica (reservatório artificial), na Fazenda Santo Antônio, município de Governador Mangabeira/BA (12° 37' S, 39° 03' W, 220 m).

A PF foi confeccionada com base de madeira, perfazendo uma área de 4 m² (2 m x 2 m), ancorada em três pontos fixos, com cordas de nylon nos lados leste, sul e oeste, posicionada no centro do reservatório. Como se vê na Figura 1, o instrumento foi instalado na extremidade de uma haste horizontal de aço galvanizado, de maneira a ficar a 3 m de distância da PF, pois quanto maior à distância, menor a influência dos materiais da PF no sinal do sensor. O CNR4 ficou a 1,51 m acima da superfície da água e orientado para o norte geográfico, com auxílio de uma bússola.

Uma estação meteorológica automática foi instalada ao lado do reservatório, para o monitoramento das variáveis meteorológicas. A temperatura e a umidade relativa do ar foram obtidas por um termohigrômetro (modelo HMP60, *Vaisala, Helsinki*) posicionado a 2 m acima da superfície do solo; a velocidade e direção do vento por um anemômetro de canecas (modelo 03001, *R. M. Young, MI, USA*) a 6,80 m de altura; a radiação solar foi medida por um piranômetro (modelo SPLite, *Kipp & Zonen, The Netherlands*), com fator de calibração de 16,57 $\mu\text{v W}^{-1} \text{m}^{-2}$, a 2,30 m da superfície do solo. Para o registro diário da precipitação utilizou-se um pluviômetro automático (modelo TE-525MM, *Texas Electronics, USA*), instalado a 0,80 m da superfície do solo. No dia 27/10/2015 e 28/10/2015 não houve registro dos dados, pois foi realizada manutenção nos sensores.

O período de aquisição dos dados, para as análises e geração dos modelos, variou de 07/08/2015 a 02/12/2015, totalizando 118 dias, dos quais 116 dias foram considerados com dados válidos. Todos os instrumentos foram conectados a dois coletores de dados, modelo CR1000 (*Campbell Scientific Inc., Logan, UT, USA*), um na

PF e outro na torre meteorológica. Os coletores foram programados para escanear os instrumentos a cada 5 s e armazenar os dados a cada 60 min, possibilitando o agrupamento em intervalos diários. Ao final do período, a planilha de dados continha 2832 linhas, contudo após uma triagem inicial para verificar alguma incoerência e eliminação de falhas restaram apenas 2138 linhas. Para testar os modelos, os dados utilizados compreenderam o período de 21/07/2015 a 05/08/2015.

O saldo de radiação de onda curta é determinado pela diferença entre a radiação de onda curta que chega à superfície pela radiação de onda curta refletida, de acordo com Eq. 1:

$$R_{oc} = R_g - R_r = R_g - \alpha R_g \quad \text{Eq. 1}$$

em que: R_{oc} é o saldo de radiação de onda curta (W m^{-2}), R_g é a radiação solar incidente ou radiação global (W m^{-2}), R_r é a radiação solar refletida pela superfície (W m^{-2}) e α é o albedo ou poder refletor da superfície (adimensional).

A quantidade de radiação refletida pela superfície vai depender do albedo. Com base nos componentes de onda curta do balanço de radiação, o α foi calculado pela razão entre a radiação solar refletida e a radiação solar global, de acordo com a Eq. 2.

$$\alpha = \frac{R_r}{R_g} \quad \text{Eq. 2}$$

Da mesma forma que o R_{oc} , o saldo de radiação de onda longa é dado diferença dos fluxos ascendentes e descendentes da radiação de onda longa (Eq. 3):

$$R_{ol} = R_{atm} - R_{es} \quad \text{Eq. 3}$$

na qual: R_{ol} é o saldo de radiação de onda longa (W m^{-2}), R_{atm} é a radiação atmosférica de onda longa (W m^{-2}) e R_{es} é a radiação de onda longa emitida da superfície (W m^{-2}).

Porém, como o CNR4 considera a superfície como um corpo negro, isto é, emissividade (ε) igual a 1, foi necessário fazer uma correção nos dados da radiação de onda longa ascendente. O sensor assume que toda a radiação de onda longa oriunda da superfície é emitida, quando na verdade é a diferença de dois componentes, ou seja, radiação de onda longa efetivamente emitida (radiação de onda longa da superfície, R_{sup}) e radiação de onda longa refletida pela superfície. Assim, a R_{es} foi obtida por meio da Eq. 4:

$$R_{es} = R_{sup} - (1 - \varepsilon)R_{atm} \quad \text{Eq. 4}$$

onde: R_{sup} é a radiação de onda longa corrigida, efetivamente emitida pela superfície (W m^{-2}) e ε é a emissividade da superfície da água. O valor de ε utilizado foi 0,972, conforme Davies et al. (1971), para o lago Ontario, localizado no Canadá.

Substituindo a Eq. 4 na equação do R_{ol} (Eq. 3), temos:

$$R_{ol} = R_{atm} - R_{es} = R_{atm} - (R_{sup} - (1 - \varepsilon)R_{atm}) \quad \text{Eq. 5}$$

E, portanto, a R_n corrigida para emissividade da superfície da água foi determinada pela Eq 6.

$$R_{n_C_o} = R_g - \alpha R_g + R_{am} - R_{sup} - (1 - \varepsilon) R_{am} \quad \text{Eq. 6}$$

Houve necessidade de determinar as condições atmosféricas locais, visto que interferem na quantidade de radiação solar que realmente chegou à superfície. A transmissividade atmosférica (τ) para radiação de onda curta foi calculada de acordo com a Eq. 7:

$$\tau = \frac{R_g}{R_o} \quad \text{Eq. 7}$$

O valor de τ é adimensional. Os limites estabelecidos para sua classificação em dia de céu claro (ausência de nebulosidade), parcialmente nublado, ou totalmente nublado foram: $\tau \leq 0,2$; $0,2 > \tau < 0,7$; $\tau \geq 0,7$, respectivamente. Em dia de céu claro, o valor de R_g se aproxima do seu valor máximo, que é a radiação solar para dia de céu claro (R_{go}).

Modelos e avaliação de desempenho

Para gerar os modelos de estimativa do R_n em função de R_g e em relação a R_{oc} , utilizou-se os dados do período de 07/08/2015 a 02/12/2015, por sua vez para os respectivos testes o período utilizado foi de 21/07/2015 a 05/08/2015. Todos os dados foram agrupados em dois intervalos distintos, sendo o primeiro a cada 24h, incluindo dados noturnos, momento em que R_n foi negativo, e o segundo com dados a cada 1h, utilizando apenas dados de R_n positivo, período em que R_n depende principalmente de R_g e R_{oc} . A análise de desempenho dos modelos baseou-se na avaliação dos seguintes índices estatísticos (LEGATES e MCCABE JR., 1999): a) coeficiente de determinação (r^2), b) raiz quadrada do quadrado médio do erro (RQME) (Eq. 8), c) erro absoluto médio (EAM) (Eq. 9), d) razão média (RM) (Eq. 10) e e) índice de concordância de Wilmott (d) (Eq. 11).

$$RQME = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{n} \right]^{0,5} \quad \text{Eq. 8}$$

onde: E_i representa o valor estimado, O_i é o valor observado e n é o número de observações.

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |E_i - O_i|}{n} \quad \text{Eq. 9}$$

$$RM = \frac{E_i}{O_i} \quad \text{Eq. 10}$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n \left(\left| E_i - \bar{O} \right| + \left| O_i - \bar{O} \right| \right)^2} \right] \quad \text{Eq. 11}$$

sendo: \hat{O} a média dos valores observados.

Da mesma forma que o r^2 , o índice de d e RM podem variar de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1 maior a concordância entre os valores observados e estimados. Enquanto que, quanto menor o valor de $RQME$ e EAM melhor o desempenho do modelo. Segundo Jacovides e Kontoyiannis (1995), o $RQME$ não diferencia se os dados forem subestimados ou superestimados. Também foram considerados os coeficientes angular e linear da regressão para avaliar o modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que todos os valores de R_g ficaram abaixo da curva de R_{go} , durante o período de 07/08/2015 a 02/12/2015, indicando que as medições com o piranômetro foram adequadas. Os valores de R_g diários foram crescentes, variando de $7,2 \text{ MJ m}^{-2}$ a $27,7 \text{ MJ m}^{-2}$. Este comportamento ocorreu principalmente por causa da τ que foi maior em dias com menor nebulosidade, e indiretamente em função da distancia terra-sol diminuir de agosto a dezembro. Pereira et al. (2007) comentam que a quantidade de radiação solar que realmente atinge a superfície é variável por causa dos processos de atenuação (absorção e difusão), que promovem perdas durante sua passagem pela atmosfera. Os autores explicam que a τ varia ao longo do dia, com os menores valores ao nascer e por do sol, e os maiores durante a passagem meridiana. Dessa forma, o conhecimento da τ fornece informações da fração de atenuação que a radiação solar extraterrestre sofreu ao incidir na atmosfera terrestre.

Conforme o critério adotado para análise dos resultados, observou-se que a τ atingiu o pico em apenas dois dias, dos quais o dia 04/09/2015 foi selecionado, com valor de 0,701, o que caracteriza dia de céu claro, ou seja, a razão entre R_g e R_o foi alta. Contudo, durante o experimento, houve um maior percentual de céu parcialmente nublado (97,4%), no qual o dia 09/10/2015 foi selecionado para caracterizar esta condição atmosférica ($\tau = 0,309$). Já o dia 30/10/2015 foi o único em que o céu apresentou uma elevada nebulosidade (céu nublado), com τ igual a 0,183. Azevedo et al. (2014) encontraram uma predominância de céu parcialmente nublado ($0,20 < \tau < 0,80$), com τ média de 0,30 na Paraíba.

O regime de chuvas comprova uma distribuição irregular durante todo o período do experimento. Do total, no mês de agosto ocorreram 16 dias chuvosos, totalizando 62,9 mm de precipitação; em setembro 9 dias e 22,1 mm, em outubro 6 dias e 8,6 mm e em novembro 3 dias e 5,8 mm. Na Tabela 1, verificam-se as variáveis meteorológicas, tais como temperatura do ar máxima (T_x) e mínima (T_n), umidade relativa do ar máxima (UR_x) e mínima (UR_n), velocidade do vento ($Vel_{méd}$) e precipitação (PPT) para os três dias selecionados.

Tabela 1. Médias diárias das variáveis meteorológicas durante o período diurno e noturno, para os três dias selecionados em Mangabeira/BA.

Data	T_x (°C)	T_n (°C)	UR_x (%)	UR_n (%)	$Vel_{méd}$ (m s^{-1})	PPT (mm)
04/09/2015	29,33	15,87	96,90	47,48	1,53	0,00
09/10/2015	24,96	18,70	94,20	74,90	2,70	1,20
30/10/2015	27,15	21,89	93,40	61,73	1,96	0,60

T_x : temperatura máxima; T_n : temperatura mínima; UR_x : umidade relativa máxima; UR_n : umidade relativa mínima; $Vel_{méd}$: velocidade média do vento; PPT: precipitação total.

Com base nas temperaturas ao longo do dia 04/09/2015, verifica-se que a T_n ocorreu às 6 h, a partir de então houve acréscimo no valor da temperatura do ar até às 15 h, até atingir seu valor máximo. Este fato está relacionado com a maior incidência da radiação solar ter ocorrido em torno das 11 h ($3,56 \text{ MJ m}^{-2}$) e permanecer com valores elevados até às 14 h. Em relação à umidade relativa, seus menores valores estão associados aos horários mais quentes do dia (14 h).

Os valores de UR_x variaram em função do horário do dia, sendo superiores até o início da manhã (5 h), com pequenas oscilações até às 9 h, decrescendo em seguida até as 20 h, voltando a subir após esse horário. Nos horários das 11 h e 24 h, observou-se os maiores valores da velocidade do vento, possibilitando uma maior remoção do calor. No dia 09/10/2015, o valor da T_n foi $2,83^\circ\text{C}$ acima da que ocorreu no céu claro, coincidindo com o instante da UR_x (6 h). A T_x e UR_n ocorreram às 16 h, mesmo o maior valor de R_g ($1,50 \text{ MJ m}^{-2}$) ter sido às 8 h. Tal fato pode estar relacionado com a presença da nebulosidade que faz com que a onda longa fique confinada próxima da superfície terrestre e não seja dissipada. Este fato também pode explicar a elevação da T_x ser superior $2,19^\circ\text{C}$, no dia 30/10/2015, em relação ao dia com céu parcialmente nublado. Dessa forma, verifica-se a relação de dependência das variáveis meteorológicas em relação dos fluxos radiativos de onda curta e onda longa, ou seja, em consequência do produto das entradas e saídas dos componentes de R_n na superfície da água.

A Figura 4 evidenciou as oscilações horárias dos fluxos radiativos de onda curta e onda longa na água. A intensidade de R_g foi afetada pela presença da nuvem que fez a τ diminuir, porque bloqueou a passagem da radiação solar.

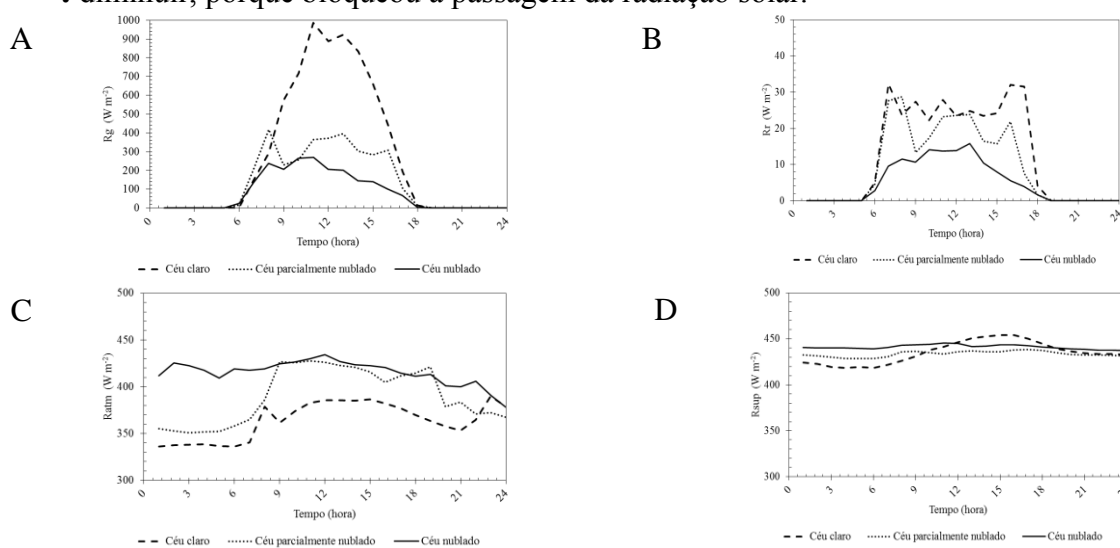


Figura 4. Totais horários dos fluxos do balanço de radiação medidos em um reservatório artificial com água de baixa turbidez (3 NTU), localizado em Mangabeira/BA, agrupados a cada 60 min, para dia de céu claro (ausência de nuvem) ($\tau = 0,701$), 04/09/2015, céu parcialmente nublado ($\tau = 0,309$), 09/10/2015 e céu nublado ($\tau = 0,183$), 30/10/2015. A – Radiação de onda curta incidente (R_g); B – Radiação de onda curta refletida pela superfície da água; C – Radiação de onda longa atmosférica (R_{atm}) e D – Radiação de onda longa da superfície da água (R_{sup}).

Da fração de R_g que atingiu a superfície do corpo hídrico, uma pequena fração foi refletida (R_r), e a outra penetrou na água, ficando armazenada na forma de calor. A R_r horária apresentou valores máximos da ordem de $32,33 \text{ W m}^{-2}$ (7 h), $28,73 \text{ W m}^{-2}$ (8 h) e $15,79 \text{ W m}^{-2}$ (13 h), para dia de céu claro, parcialmente nublado e nublado, respectivamente. Verifica-se que a R_{atm} comporta-se de maneira oposta a quantidade de nebulosidade, ou seja, quanto maior a presença de nuvens, mais elevado o valor da R_{atm} .

Diferente de outras superfícies, a água é um meio semitransparente, por isso a radiação alcança grandes profundidades, segundo Boike et al. (2015). O R_g foi responsável pelo aquecimento da água, fazendo a temperatura variar e emitir energia radiante (R_{sup}), de acordo com a lei de Stefan-Boltzmann. Nota-se que a R_{sup} foi praticamente constante em dias com τ inferiores a 0,7 (céu parcialmente nublado e nublado), em razão da temperatura da água não variar muito. Esse fato é atribuído às propriedades da água, principalmente por causa do seu calor específico ($4,18 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) e sua elevada capacidade de armazenar calor. Os valores positivos da R_{sup} , durante o período noturno, indicaram que a água emite onda longa 24 h. Entretanto, em dia de céu claro ($\tau \geq 0,7$), a água emitiu mais onda longa do que o dia nublado, após as 12 h, devido à elevação da temperatura da água, voltando a decrescer a partir das 18 h, porque reduziu a temperatura, conseqüentemente a perda de onda longa. Nesse dia de céu claro, a temperatura média da superfície da água foi de $26,35 \text{ }^\circ\text{C}$, medida por dois termopares tipo T.

O modelo linear ajustou-se adequadamente entre a relação da R_{es} e R_{sup} (Figura 5). O grau de concordância entre os fluxos ascendentes de onda longa, medido pelo CNR4 e corrigido para emissividade da água ($\epsilon = 0,972$), foi alto com coeficiente de determinação (r^2) superior a 0,98, para as três condições de transmissividade. Verificase que os valores de onda longa medidos pelo sensor foram superiores em relação aos calculados.

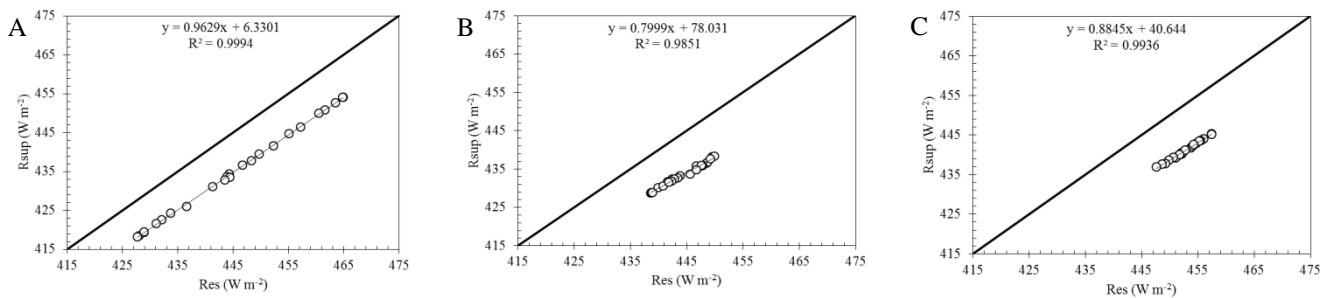


Figura 5. Relação entre a radiação de onda longa oriunda da superfície da água (R_{es}), medida por um saldo radiômetro, modelo CNR4, e a radiação de onda longa efetivamente emitida pela superfície da água (R_{sup}), instalado em uma plataforma flutuante em um reservatório artificial, na Fazenda Santo Antônio, município de Governador Mangabeira/BA ($12^\circ 37' \text{ S}$, $39^\circ 03' \text{ W}$, 220 m).

Para efeito de análise serão apresentados na Figura 6 o curso horário do R_g , R_o e R_{go} para os três dias que caracterizam as condições de nebulosidade distintas. Esses resultados comprovam a variação temporal dos valores instantâneos da R_g , que representam a soma da radiação solar direta e difusa, que são influenciados pelas condições atmosféricas (presença e ausência de nuvens) (Pereira et al., 2007).

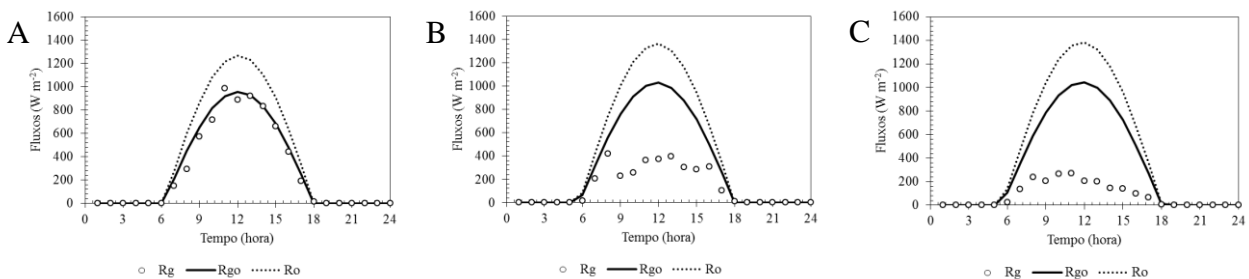


Figura 6. Curvas da radiação solar incidente (R_g), da radiação extraterrestre (R_o) e da radiação

para dia de céu claro (R_{go}), no período de 24 h, na localidade de Governador Mangabeira/BA. A- Em dia de céu claro (sem nuvem) ($\tau = 0,701$), 04/09/2015; B- Em dia de céu parcialmente nublado ($\tau = 0,309$), 09/10/2015 e C- Em dia de céu nublado ($\tau = 0,183$), 30/10/2015.

No dia 04/09/2015 a distribuição dos pontos de R_g acompanharam a curva de R_{go} , principalmente no período da tarde, comprovando dia de céu claro. Devido à redução da transmissividade (τ abaixo de 0,7) houve uma maior dispersão dos dados em relação à curva de R_{go} , a partir das 8 h (09/10/2015) e as 9 h (30/10/2015). A fração de R_g que é devolvida (R_r) vai depender do poder refletor da superfície ou albedo (α). Sendo uma variável de suma importância na determinação da quantidade de radiação que um corpo absorve para ser utilizada nas trocas de energia (NUNEZ et al., 1972). Assim como o ângulo zenital, o albedo foi maior nas primeiras horas da manhã e no final da tarde, enquanto que os menores valores foram em torno do meio dia. Esse fato pode ser explicado pela relação entre essas duas variáveis. Como o ângulo zenital e o ângulo de elevação do sol são complementares, André et al. (2010) comentam sobre a dependência do albedo em função do ângulo de elevação do sol, atribuindo a razão pela qual o valor mínimo do α ocorrer por volta do meio dia, momento em que a elevação do sol foi máxima. Tendo como consequentemente uma maior penetração e retenção da radiação solar.

A Figura 7 mostra a variação do albedo em função do ângulo de elevação formado entre o sol e a superfície ao longo do dia, influenciado pela transmissividade atmosférica. No dia 04/09/2015, entre o nascer e por do sol, com $\tau = 0,701$, os valores de albedo variaram entre 0,243 no início da manhã e 0,177 no final da tarde. A presença da nebulosidade modificou a sinuosidade da curva do albedo, no dia 09/10/2015, houve redução dos seus valores de pico (de 0,138 no nascer do sol e 0,076 ao entardecer), e elevando os valores de mínimo, que ocorrem das 10 h às 15 h. No dia 30/10/2015, a τ foi menor, indicando uma elevação na nebulosidade, e uma maior redução nos valores de pico (de 0,076 no nascer do sol e 0,065 ao entardecer).

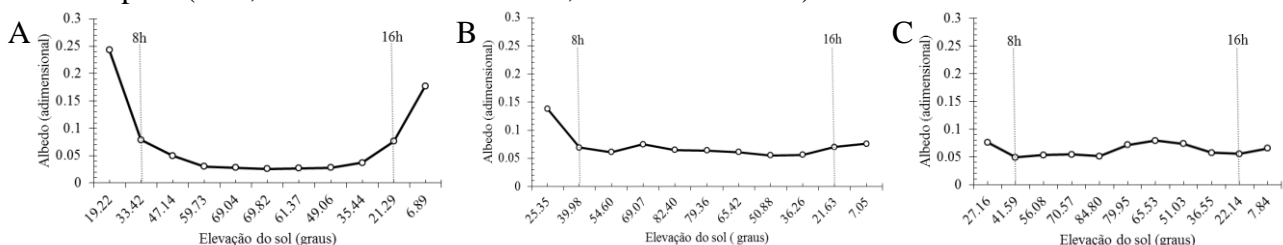


Figura 7. Variação horária do albedo da superfície da água e do ângulo de elevação do astro, em um reservatório artificial com água de baixa turbidez (3 NTU), localizado em Mangabeira/BA. A- Em dia de céu claro (ausência de nuvem) ($\tau = 0,701$), 04/09/2015; B- Em dia de céu parcialmente nublado ($\tau = 0,309$), 09/10/2015; C- Em dia de céu nublado ($\tau = 0,183$), 30/10/2015.

Observou-se também que, no dia de céu claro, o albedo apresentou valores quase simétricos das 8 h às 16 h. Nesse intervalo, os valores de albedo foram inferiores a 0,10, indicando que mais de 90% da radiação incidente contribuiu para o balanço de radiação. Corroborando com os valores encontrados por Jacobs et al. (2007), para o lago Apopka, na Flórida ($\alpha = 0,078$). Resultados semelhantes de α foram observados por Wang et al. (2014), para dois locais do lago Taihu, considerado o terceiro maior lago de água doce da China. Nesse estudo, os autores utilizaram o mesmo modelo de saldo radiômetro para medir os fluxos de onda curta e onda longa. Em um céu com ausência de nuvens (céu claro), e o sol pelo menos 30° acima do horizonte, a água é considerada uma das

superfícies mais eficazes para absorção da R_g ($\alpha = 0,03$), porém para uma altitude menor, o valor do albedo aumenta drasticamente ($\alpha = 0,10$) (OKE, 1995). Em alguns instantes do dia, como no nascer e por do sol, seu ângulo de elevação é mínimo e a superfície da água funciona como um espelho, isto é, a água possui os maiores valores de albedo.

A superfície da água tem várias características distintas que afetam o albedo, dentre as quais se destacam três: primeiramente é porque, na água a radiação penetra abaixo da superfície e uma fração retorna para a atmosfera; em segundo lugar, o albedo é influenciado pela altura das ondas; em terceiro é por causa da diferença entre a radiação direta e a radiação difusa ser mais acentuada do que em outras superfícies (NUNEZ et al., 1972). Além disso, Cogley (1979) complementa que o albedo varia também com a turbidez da água (quantidade de material suspenso). Os maiores valores de albedo ocorreram no mês de agosto, e os menores no mês de dezembro, isto se deve ao fato da variação nos valores de R_g . Quanto maior o R_g menor o albedo. Nunes et al. (1972) encontraram valores de albedo variando de 0,07, no mês de julho, a 0,11 no mês novembro, para o lago Ontário, no Canadá. As curvas típicas de R_n antes e após a correção dos dados de onda longa, na água de baixa turbidez, para as condições de céu claro, parcialmente nublado e nublado são mostradas na Figura 8. Observa-se que R_n foi menor em dia de céu nublado ($228,1 \text{ W m}^{-2}$) e céu parcialmente nublado ($326,7 \text{ W m}^{-2}$), aumentando com a elevação da τ (redução da nebulosidade), chegando a $889,0 \text{ W m}^{-2}$, em dia de céu claro. Isto se deve, porque o dia 04/09/2015 foi o que apresentou o maior R_{oc} . De maneira geral, os valores de R_n aqui observados foram superiores aos determinados por Wang et al. (2014) para dois locais em um lago de água doce na China.

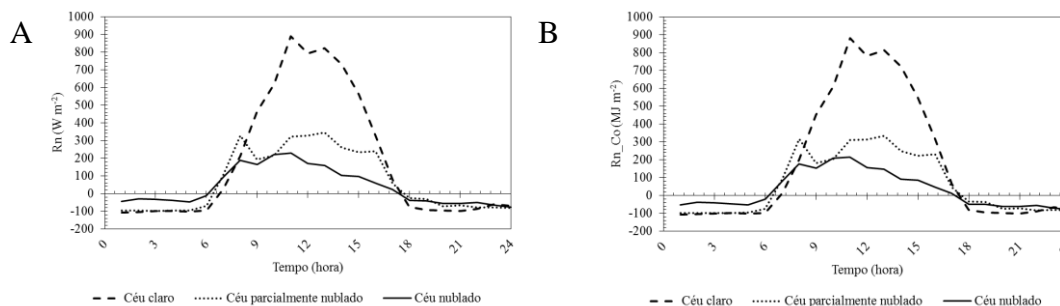


Figura 8. Variação horária do balanço de radiação, em um reservatório artificial com água de baixa turbidez (3 NTU), localizado em Mangabeira/BA, em dia de céu claro ($\tau = 0,701$), 04/09/2015, céu parcialmente nublado ($\tau = 0,309$), 09/10/2015 e céu nublado ($\tau = 0,183$), 30/10/2015. A – Balanço de radiação (R_n) medido por um saldo radiômetro, modelo CNR4 e B – Balanço de radiação corrigido ($R_n - C_0$) para emissividade da água ($\epsilon = 0,972$).

Fisicamente, R_n representa a maior quantidade de energia disponível para ser utilizada no balanço de energia. Os valores de R_n são inicialmente negativos antes do nascer e por do sol, e positivos durante o dia, dentro do intervalo das 6 h e 18 h. Após a correção, constatou-se que o $R_n - C_0$ para céu nublado foi 32,62% superior que o R_n medido pelo CNR4, seguido pelo céu parcialmente nublado (12,31%) e céu claro (3,80%).

As Figuras 9A e B mostram que a disposição dos pontos entre as relações de R_n R_g^{-1} e $R_n R_{oc}^{-1}$ seguiram a mesma tendência ao longo do período de 07/08/2015 a 02/12/2015, para dados agrupados a cada 24h. As variações de R_n na água de baixa turbidez indicam a sensibilidade desta variável em relação as oscilações de R_g e R_{oc} , o

que se confirma com os elevados valores dos coeficientes de determinação ($r^2 > 0,94$) obtidos pela análise de regressão. O coeficiente angular de cada correlação demonstra que houve uma variação crescente de R_n , cerca de 79,75% em função de R_g e 82,24% em relação a R_{oc} . Isto sugere que, pelo fato da água apresentar um albedo baixo, a radiação penetrar no corpo hídrico e a elevada capacidade de armazenar calor, apenas 20,25% e 17,76% da R_g , possivelmente, foi perdida por meio da R_f e do R_{oi} . No solo vegetado, o coeficiente angular da regressão entre R_g e R_n^{-1} encontrado por Heldwein et al. (2012) foi inferior (0,5285) ao obtido nesse trabalho, ratificando a maior eficiência da água no uso da R_g . Verifica-se que os valores do coeficiente linear, nas Figuras 9A e B, foram negativos, evidenciando que quando R_g e R_{oc} forem iguais a zero, o R_n será negativo, sendo influenciado apenas pelo R_{oi} , correspondendo ao período noturno. Os testes dos modelos descrevem a relação entre o R_n _estimado e R_n _observado (Figura 9C e D), os quais apresentaram altos valores de r^2 ($>0,93$). Este determina o grau da relação entre os dados observados e estimados que foram explicados pelo modelo. Observando o coeficiente angular de cada teste dos modelos, percebe-se que mais de 93% do R_n _estimado dependeu do R_n _observado, sendo comprovado pelo excelente ajuste nas retas 1:1.

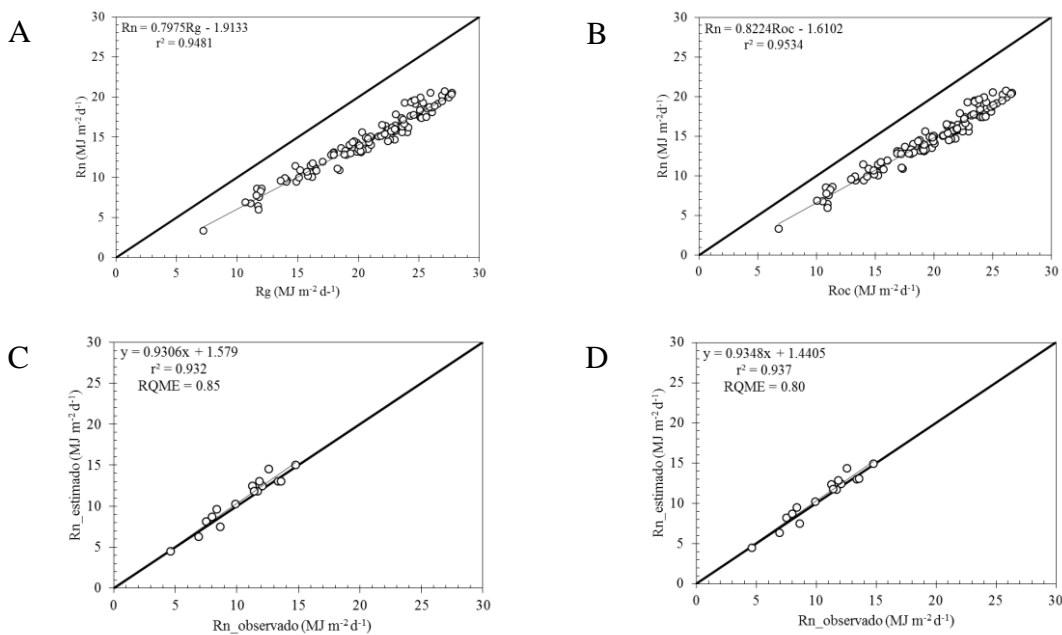


Figura 9. Modelo de regressão linear para período de 24h utilizado para estimar R_n em água de baixa turbidez (3NTU). A – Relação entre balanço de radiação (R_n) e radiação global (R_g); B - Relação entre balanço de radiação (R_n) e balanço de onda curta (R_{oc}); C e D – Testes dos respectivos modelos.

Os indicadores estatísticos sinalizam que os modelos apresentaram excelentes desempenhos, uma vez que o EAM e RQME foram próximos de zero. Os valores de EAM foram baixos, com $0,69 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e $0,66 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ para R_n _estimado pelo R_g e R_{oc} , respectivamente. Além disso, assim como o valor de r^2 , o d e a razão média (RM) foram próximos de 1, indicando uma elevada concordância do modelo. Para os dois modelos, verificou-se que o índice de d e o RM apresentaram valores da ordem de 0,98 e $1,03 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Os modelos para obter R_n a partir de dados de R_g e R_{oc} em intervalos horários, no período de 07/08/2015 a 02/12/2015 estão apresentados nas Figuras 10A e B.

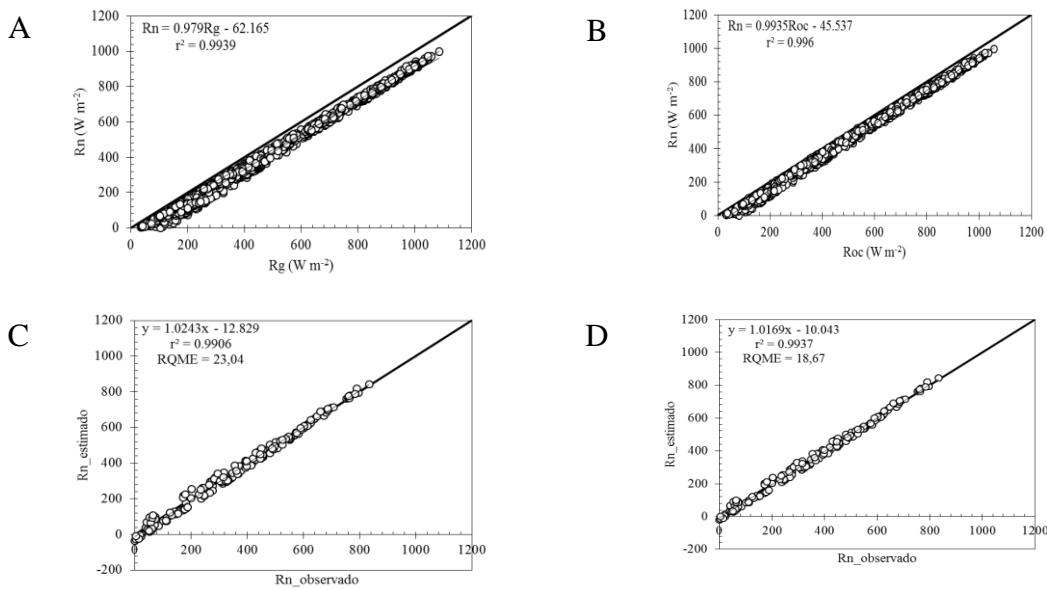


Figura 10. Modelo de regressão linear para período de 1h utilizado para estimar R_n em água de baixa turbidez (3NTU). A – Relação entre balanço de radiação (R_n) e radiação global (R_g); B - Relação entre balanço de radiação (R_n) e balanço de onda curta (R_{oc}); C e D – Testes dos respectivos modelos.

Nota-se que houve uma maior aproximação dos pontos na reta de 1:1 na relação entre R_n R_{oc}^{-1} . O coeficiente de determinação (r^2) e coeficiente angular dos dois modelos foram superiores a 99%, enfatizando a dependência de R_n em relação a R_g e ao R_{oc} . Os testes dos modelos apresentaram um excelente desempenho, com índice de d acima de 0,99. Os valores de RQME, EAM e RM foram inferiores aos encontrados com o intervalo de 24h; para o teste do modelo da relação entre R_n R_g^{-1} , verificou-se valores da ordem de 23,04 $W\ m^{-2}$, 19,49 $W\ m^{-2}$ e 0,68 $W\ m^{-2}$, respectivamente. Já para o teste do modelo entre R_n R_{oc}^{-1} foram de 18,67 $W\ m^{-2}$ (RQME), 16,15 $W\ m^{-2}$ (EAM) e 0,80 $W\ m^{-2}$ (RM).

CONCLUSÕES

O balanço de radiação na água pode ser calculado, com precisão, por meio da medição dos fluxos radiativos com saldo radiômetro, ou pode ser estimado a partir da regressão linear simples com dados de R_g e R_{oc} , em qualquer intervalo de tempo.

A pequena diferença entre os modelos na água com baixa turbidez, para estimar o R_n utilizando dados de R_g ou R_{oc} , indicaram que o albedo exerceu pouca influencia nesse tipo de superfície, e que qualquer um dos modelos pode ser utilizado.

A transmissividade atmosférica interfere drasticamente na quantidade de radiação solar incidente.

Diferenças dos valores medidos e calculados da radiação de onda longa ascendente da água são inferiores a 32,62%.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, R. G. B.; MENDONÇA, J. C.; MARQUES, V. D. S.; PINHEIRO, F. M. A.; MARQUES, J. Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana-de-açúcar. Parte 1: balanço de radiação e parâmetros derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 3, p. 375-382, 2010.

AZEVEDO, P. V.; LEITAO, M. M. V. B. R.; SOUSA, I. F.; MACIEL, G. F. Balanço de radiação sobre culturas irrigadas no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 5, n. 1, p. 403-410, 1990.

AZEVEDO, P. V.; SABOYA, L. M.; NETO, J. D.; OLIVEIRA, F. D. S.; BEZERRA, J. R.; CARLOS, H. D. A. Disponibilidade energética para a cultura da cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola & Ambiental**, v. 18, n. 10, p. 1031-1038, 2014.

BARTUŇKOVÁ, K.; SOKOL, Z.; POP, L. Simulations of the influence of lake area on local temperature with the COSMO NWP model. **Atmospheric Research**, v. 147, p. 51-67, 2014.

BOIKE, J.; GEORGI, C.; KIRILIN, G.; MUSTER, S.; ABRAMOVA, K.; FEDOROVA, I.;... LANGER, M. Thermal processes of thermokarst lakes in the continuous permafrost zone of northern Siberia—observations and modeling (Lena River Delta, Siberia). **Biogeosciences**, v. 12, n. 20, p. 5941-5965, 2015.

COGLEY, J. G. The albedo of water as a function of latitude. **Monthly Weather Review**, v. 107, n. 6, p. 775-781, 1979.

DAVIES, J. A.; ROBINSON, P. J.; NUNEZ, M. Field determinations of surface emissivity and temperature for Lake Ontario. **Journal of Applied Meteorology**, v. 10, n. 4, p. 811-819, 1971.

DI PACE, F. T.; SILVA, B. D.; SILVA, V. D.; SILVA, S. D. Mapeamento do saldo de radiação com imagens Landsat 5 e modelo de elevação digital. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 385-392, 2008.

HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; RADONS, S. Z.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D.; HINNAH, F. D. Estimativa do saldo de radiação em girassol como função da radiação solar global. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 194-199, 2012.

JACOBS, J. M.; JIA, X.; CHOI, M.; SUMNER, D. M.; DOUGLAS, E. Net Radiation Estimations in Evapotranspiration Research over Different Canopy Surfaces in a Humid Climate. **Bull Creek Rangeland**, v. 28, p. 81.0, 2007.

JACOVIDES, C. P.; KONTOYIANNIS, H. Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration computing models. **Agricultural Water Management**, v. 27, n. 3, p. 365-371, 1995.

LEGATES, D. R.; MCCABE JR., G. Evaluating the use of “goodness-of-fit” measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. **Water resources research**, v. 35, n. 1, p. 233-241, 1999.

LENTERS, J. D.; KRATZ, T. K.; BOWSER, C. J. Effects of climate variability on lake evaporation: Results from a long-term energy budget study of Sparkling Lake, northern Wisconsin (USA). **Journal of Hydrology**, v. 308, n. 1, p. 168-195, 2005.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3ª edição, atualizada e ampliada. Viçosa: Editora UFV, 2007. 315p.

NUNEZ, M.; DAVIES, J. A.; ROBINSON, P. J. Surface albedo at a tower site in Lake Ontario. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 3, n. 1, p. 77-86, 1972.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2a. ed. London: Routledge, 1995, 435p.

WANG, W.; XIAO, W.; CAO, C.; GAO, Z.; HU, Z.; LIU, S.; ... ; YANG, D. Temporal and spatial variations in radiation and energy balance across a large freshwater lake in China. **Journal of Hydrology**, v. 511, p. 811-824, 2014.

ESTIMATIVA DA EVAPORAÇÃO DA ÁGUA COM BAIXA TURBIDEZ PELO MÉTODO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA

Tatyana Keyty de Souza Borges¹, Aureo Silva de Oliveira², Neilon Duarte da Silva³,
Denize Sampaio Chagas⁴, João Paulo Chaves Couto⁵

¹ Engenheira Agrônoma, Prof^a do IF-Sertão Pernambucano e doutoranda na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, tatyana.borges@ifsertao-pe.edu.br; ² Professor, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, aureo@ufrb.edu.br; ³ Doutorando, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, neylon_duart@hotmail.com; ⁴ Mestre, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, dsampaiochagas@gmail.com; ⁵ Mestre, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, jpauloengagro@gmail.com

RESUMO: Existem poucos estudos sobre evaporação no Brasil, particularmente em lagos naturais ou reservatórios artificiais. A evaporação é um dos principais componentes do balanço de energia em superfícies de água livre, por representar expressiva perda de água seja em regiões de clima árido ou semiárido, como também em locais úmidos. Dessa forma, objetivou-se com a pesquisa quantificar a evaporação da água com baixa turbidez armazenada em reservatórios revestidos com manta impermeável e destinada à irrigação da cultura do fumo para exportação. A pesquisa foi conduzida em um reservatório da Fazenda que é propriedade da empresa DANCO, localizada no município de Governador Mangabeira (12°37' S; 39°03' W; 218 m). O período de monitoramento foi de 18 de setembro a 30 de novembro de 2016, totalizando 74 dias. Para determinação da evaporação da água nos reservatórios por meio da transferência de massa, uma plataforma flutuante de baixo custo foi confeccionada, para posicionamento de sensores sobre a superfície da água. A evaporação diária variou de 2,4 a 9,4 mm, com média de 5,7 mm dia⁻¹ ao longo dos 74 dias do período experimental. Totalizando numa lâmina acumulada de 424 mm.

PALAVRAS-CHAVE: calor latente, método aerodinâmico, reservatório artificial.

ESTIMATION OF EVAPORATION OF WATER WITH LOW TURBIDITY BY THE METHOD OF MASS TRANSFER

ABSTRACT: There are few studies on evaporation in Brazil, particularly in natural lakes or artificial reservoirs. Evaporation is one of the main components of energy balance in free water surfaces because it represents significant loss of water in arid or semi-arid regions, as well as in humid places. Thus, the objective of this research was to quantify the evaporation of water with low turbidity stored in reservoirs coated with impermeable blanket and destined to the irrigation of the culture of the smoke for export. The research was conducted in a Fazenda reservoir owned by DANCO, located in the municipality of Governador Mangabeira (12°37' S, 39°03' W; 218 m). The monitoring period was from September 18 to November 30, 2016, totaling 74 days. To determine the evaporation of water in the reservoirs by means of mass transfer, a low cost floating platform was prepared for positioning sensors on the surface of the water. The daily evaporation ranged from 2.4 to 9.4 mm, with an average of 5.7 mm day⁻¹ at the 74 days of the experimental period. Total on an accumulated blade of 424 mm.

KEY-WORDS: latent heat, aerodynamic method, artificial reservoir.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica em açudes e reservatórios de diferentes regiões do Brasil tem sofrido significativa redução em função da ausência de chuvas, poluição da água, crescente consumo no campo e nas cidades e elevadas perdas por evaporação. No caso específico da produção agrícola, a agricultura é responsável pela utilização de 70% da água doce do mundo, sendo a irrigação o principal setor demandante onde é praticada (SOTO-GARCÍA et al., 2013). Em alguns casos é necessário o armazenamento da água em reservatórios artificiais, revestidos com manta impermeável, para posterior distribuição para áreas irrigadas.

Em áreas semiáridas e áridas, especialmente, as perdas por evaporação são muito maiores que os totais anuais de chuva. Vários são os métodos, reportados na literatura, para quantificação da evaporação direta e indireta de lagos e reservatórios (SINGH e XU, 1997; GIANNIOU e ANTONOPOULOS, 2007; ROSENBERRY et al., 2007, TANNY et al., 2008; JENSEN e ALLEN, 2016). Martínez-Alvarez et al. (2008) observaram que na bacia do rio Segura, sudeste da Espanha, as perdas de água por evaporação ($58,5 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$) correspondem a 8,3% de toda a água derivada para irrigação nessa região. Já Fowe et al. (2015) verificaram que menos de 20% da água disponível é destinada para atender a demanda da população, enquanto que 60% é perdida por evaporação na África. Guo et al. (2016) encontraram evaporação média diária de $2,7 \text{ mm dia}^{-1}$, totalizando uma lâmina de água de 417 mm, para o maior lago do Tibete, no período de abril a setembro de 2014.

O método de transferência de massa (aerodinâmica) baseia-se na transferência do vapor d'água para atmosfera por meio do turbilhonamento do ar que flui nas proximidades da superfície (SINGH e XU, 1997). A transferência de massa envolve a medição da velocidade do vento, da área do espelho d'água e do déficit de saturação para estimativa da evaporação.

Esse trabalho objetiva quantificar a evaporação da água com baixa turbidez armazenada em reservatórios revestidos com manta impermeável e destinada à irrigação pelo método de transferência de massa.

MATERIAL E MÉTODOS

Características da área de estudo

Os trabalhos de campo foram realizados em um reservatório artificial de armazenamento de água localizado em uma propriedade privada (Fazenda Santo Antônio) pertencente à empresa DANCO Comércio e Indústria de Fumos Ltda., município de Governador Mangabeira, Bahia ($12^{\circ} 37' \text{ S}$; $39^{\circ} 03' \text{ W}$; 218 m) (Figura 1).

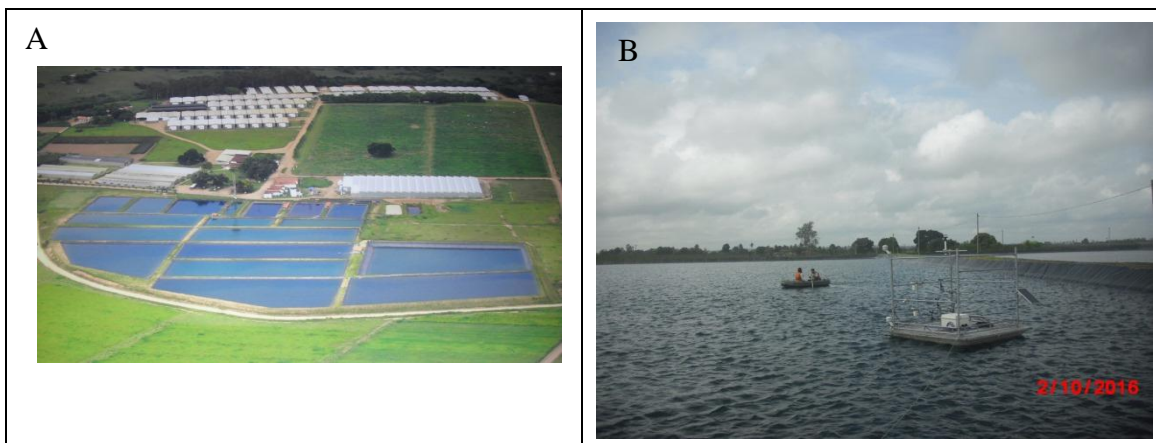


Figura 1. A. Vista aérea da Fazenda Santo Antônio, mostrando em primeiro plano os reservatórios para armazenamento de água para irrigação da cultura do fumo. Governador Mangabeira, Bahia. B. Plataforma flutuante de baixo custo utilizada para coleta de dados.

O clima é do tipo Am, descrito como clima de bosque chuvoso quente e úmido, conforme a classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 1150 mm, com temperatura média de 25 °C e 65% de umidade relativa. A direção predominante do vento é sudeste, com velocidade média diária de 2,5 m s⁻¹ a 10 m de altura.

A área é de topografia relativamente plana e a fazenda é especializada no cultivo do fumo tipo Sumatra (*Nicotiana tabacum*, L) para capa de charuto, cuja produção é destinada ao mercado externo.

A água utilizada para irrigação da cultura do fumo é inicialmente bombeada de um açude e por meio de tubulações subterrâneas é conduzida para um reservatório de recepção. Deste, a água é bombeada para filtragem e posteriormente, por um sistema de osmose reversa para separação dos sais presentes na água, em especial os sais de cloro.

O reservatório, de maior espelho d'água e menor profundidade em relação aos demais reservatórios da fazenda, foi construído em 2010. O reservatório é escavado e revestido por manta (geomembrana) impermeabilizante em polietileno de alta densidade (PEAD). Este reservatório foi construído com seções trapezoidais perpendiculares entre si, porém, o formato das bases menor e maior se aproxima de um trapézio.

Vazio, o reservatório tem uma profundidade média máxima em torno de 6 m com fundo praticamente plano, ou seja, paralelo à superfície da água. As bases aproximam-se de um retângulo, as dimensões seriam 70,5 m de largura por 108 m de comprimento na base superior e 54 m de largura por 90 m de comprimento na base inferior. A inclinação média das paredes, determinada em campo, é de 52°. O levantamento da profundidade da água no reservatório indicou lâmina d'água inicial de 5,24 m, por ocasião do início dos trabalhos.

Estruturas e instrumentação para coleta de dados

Para determinação da evaporação da água no reservatório por meio do método de transferência de massa, uma plataforma flutuante (PF) com instrumentos para coleta de dados foi utilizada. Além disso, uma torre meteorológica foi posicionada no corredor de 2,5 m entre dois reservatórios. O período de dados válidos, comum a todos os instrumentos, compreendeu o período 18 de setembro (dia Juliano, DJ 262) a 30 de novembro de 2016 (DJ 335), totalizando 74 dias.

A PF foi confeccionada em oficina de torneiro mecânico e tinha formato retangular com 4,40 m² de área, e uma estrutura com tubos de aço galvanizado de ¾” (26,7 mm) e 1” (33,4 mm) na forma de andaime (Figura 1).

Apoiados nos postes e barras horizontais da PF foram instalados os seguintes instrumentos: (a) quatro anemômetros, sendo três mecânicos (*modelo 03101, R. M. Young, USA*) e um sônico 2D (*modelo WindSonic 4, Gill Instruments, UK*) instalados num dos postes do lado sul da plataforma a 0,38; 0,69; 1,18 e 2,10 m acima do nível da água (escala logarítmica), estando o anemômetro 2D no topo; (b) dois termohigrômetros (*modelo HMP60, Vaisala, Helsinki*), instalados no segundo poste do lado sul, sendo o primeiro a 0,40 m e o segundo a 2 m acima do nível da água; (c) termômetro infravermelho (*modelo SI-111, Apogee Instruments, USA*), posicionado a 0,88 m acima do nível da água, fixado numa barra no lado leste da PF e orientado 45° com a horizontal em direção à superfície da água. Adicionalmente, uma corda com quatro termopares tipo T (cobre-constantan) e três termistores (*modelo T107, Campbell Scientific, USA*) foi fixada na lateral oeste da plataforma.

Uma estação meteorológica automática instalada em solo, para coleta de dados de: (a) temperatura e umidade relativa do ar com um termohigrômetro (*modelo HMP60, Vaisala, Helsinki*) posicionado a 2 m acima da superfície do solo; (b) velocidade e direção do vento por meio de conjunto anemométrico de canecas (*modelo 03001, R. M. Young, USA*) a 3 m de altura; (c) radiação solar incidente por meio de um piranômetro (*modelo SPLite, Kipp e Zonen, The Netherlands*), com fator de calibração de 16,57 $\mu\text{W m}^{-2}$ e posicionado a 2,30 m da superfície do solo. Para o registro diário da precipitação utilizou-se um pluviômetro automático (*modelo TE-525MM, Texas Electronics, USA*), instalado próximo à torre com área de captação a 0,80 m da superfície do solo.

Para a análise de distribuição da velocidade do vento em escala diária (24 h) bem como durante os períodos noturno e diurno, dados de vento (direção e velocidade) medido na torre meteorológica foram processados por meio do programa WRPLOT View v. 8.0 (LAKES ENVIRONMENTAL SOFTWARE, 2016). A direção predominante do vento foi caracterizada segundo os pontos cardeais (N, E, S e W) da rosa dos ventos. Essa análise é fundamental para justificar a posição da PF no reservatório.

A PF não foi posicionada no centro do reservatório, mas no canto noroeste do reservatório de maneira a se garantir o máximo de bordadura (*footprint*) para deslocamento do vento e, portanto, garantir maior representatividade dos dados coletados. Esse posicionamento da PF de forma a maximizar a bordadura sobre a superfície da água é fundamental para aplicação do método da transferência de massa, especialmente por se tratar de um método aerodinâmico.

Método aerodinâmico ou da transferência de massa (TM)

Os dados necessários foram coletados por instrumentos instalados na plataforma PF. Esse método baseia-se na lei de Dalton (ALI et al., 2008), com a vantagem de possibilitar a determinação da evaporação em superfície de água livre de maneira mais simples e com precisão (MAJIDI et al., 2015).

Segundo Bouin et al. (2012), o princípio do método aerodinâmico ou de transferência de massa é estimar o fluxo correspondente à variável x (exemplo, vento, umidade ou temperatura) como $F_x = \mu_x \cdot U(x_s - x_z)$, em que μ_x é um coeficiente de transferência, U é a velocidade média do vento na altura z e x_s e x_z correspondendo ao

parâmetro medido na superfície e na altura z . Dessa maneira, para estimativa da evaporação tem-se:

$$E_{TM} = \mu U_z (e_{sw} - e_{az}) \quad (1)$$

em que: E_{TM} é a evaporação por unidade de tempo estimada pelo método aerodinâmico ou de transferência de massa, μ é um coeficiente de proporcionalidade que reflete as características do corpo hídrico, U_z é a velocidade média do vento, e_{sw} é a pressão de saturação de vapor d'água estimada com base na temperatura da superfície da água T_w (Eq. 5) e e_{az} é a pressão atual de vapor d'água na altura z . A unidade de E_{TM} na Eq. 17 depende da unidade da velocidade do vento U_z (BRUTSAERT, 1982).

A aplicação da Eq. 1 utilizou dados medidos pelos seguintes instrumentos instalados na PF, quais sejam: termômetro infravermelho (temperatura da superfície da água), anemômetro sônico 2D a 2 m de acima da água (velocidade do vento) e termohigrômetro a 2 m de altura (temperatura do ar e umidade relativa do ar).

O valor de μ reflete as características do corpo hídrico, que são determinados pela sua geometria (área), presença de cobertura vegetal, topografia, uso do solo e do clima da área circundante (FINCH e CALVER, 2008) e foi calculado pela expressão abaixo (BRUTSAERT, 1982):

$$\mu = 3,367 \cdot 10^{-9} \cdot (A_{sw})^{-0,05} \quad (2)$$

em que: A_{sw} é a área do espelho d'água (m^2). O valor de A_{sw} foi estimado como se segue:

$$A_{sw} = 4964,2 + 212,1504 \cdot h + 2,1116 \cdot h^2 \quad (3)$$

em que: h é a profundidade da água (cm) no reservatório num dado instante. Esse polinômio foi obtido a partir das dimensões do reservatório (base maior, base menor e inclinação média da parede).

A profundidade da água no reservatório foi calculada em função de leituras do nível d'água feitas transdutor de pressão (CS451), como se segue:

$$h = h_i - (h_s - L_s) \quad (4)$$

em que: h_i é a profundidade inicial da água no reservatório no início do período de coleta de dados (cm), correspondendo à distância entre a superfície e o fundo do reservatório, h_s é a profundidade de instalação do CS451 (cm) e L_s é a leitura do CS451 registrada pelo dataloguer CR1000 (cm).

O valor de h_i na Eq. 4 era crucial para a qualidade da estimativa de h .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O vento é uma variável meteorológica relevante no processo de evaporação da água, pois transporta calor e massa via fluxos turbulentos tanto na horizontal quanto na vertical (ALLEN et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2012).

A observação de que o vento soprou predominantemente do setor sudeste no período experimental confirma a correta escolha da localização da plataforma flutuante, posicionada no canto noroeste da PF (Figura 1). Esta localização foi definida a partir de observações históricas da direção do vento na região do Recôncavo da Bahia.

A posição escolhida garantiu maior bordadura para equilíbrio do vento com superfície da água antes de o mesmo alcançar os sensores na PF. Essa é uma condição fundamental para obtenção de dados atmosféricos (vento, temperatura e umidade relativa do ar) mais representativos da superfície em questão para estimativa da evaporação pelo método da transferência de massa.

A Figura 2 mostra a distribuição da direção resultante do vento médio horário no período experimental de 74 dias (18/09 a 30/11). Percebe-se que tanto para períodos de 24 horas quanto para os períodos noturno e diurno, o vento soprou predominantemente do setor sudeste. Maior dispersão na direção do vento, no entanto, foi observada no período noturno.

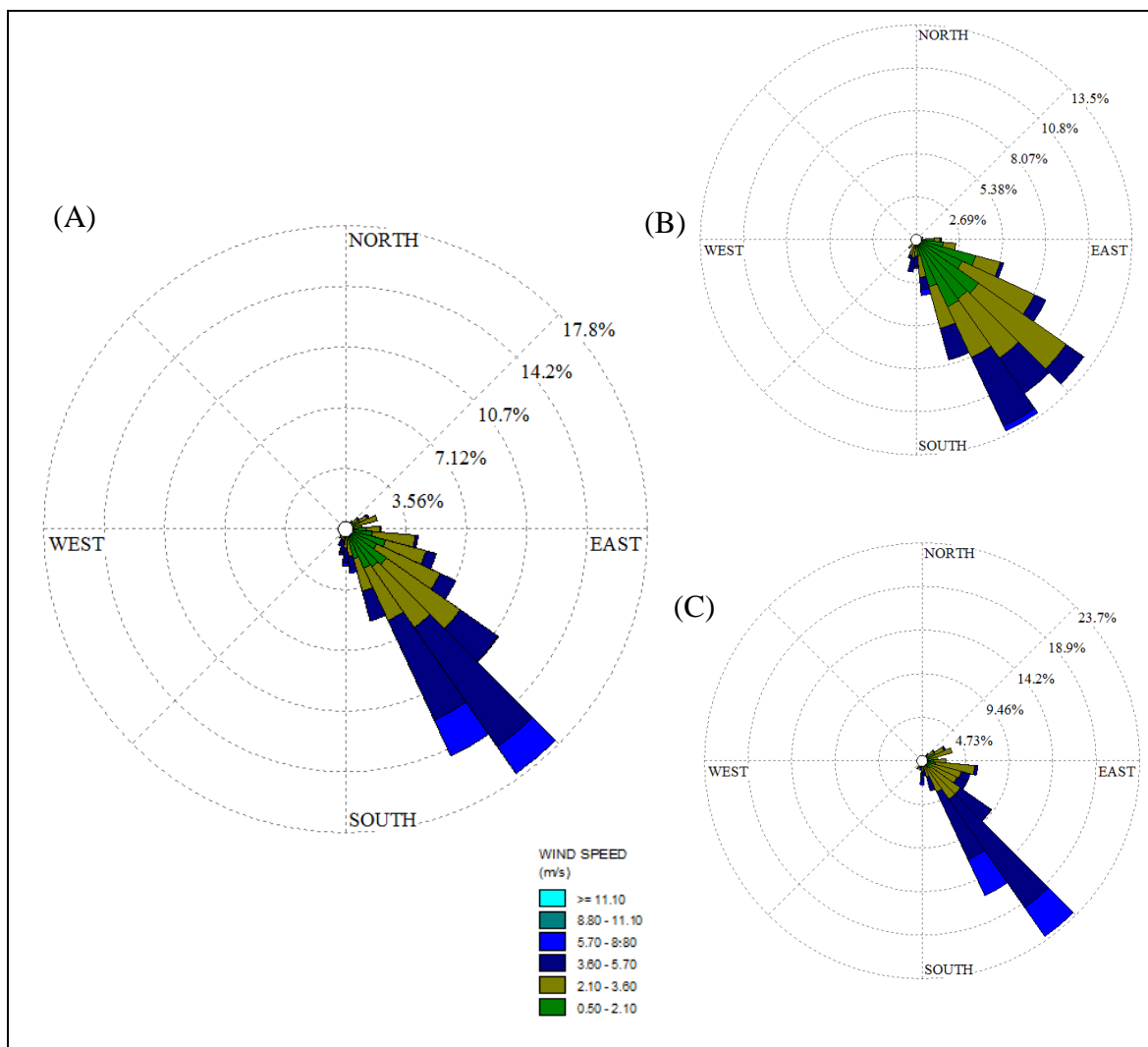


Figura 2. Distribuição da direção resultante do vento médio horário medido pelo anemômetro de canecas da torre meteorológica instalado a 3 m da superfície do solo. (A) Período diário; (B) Período noturno e (C) Período diurno.

Os dados revelam que as maiores velocidades ocorreram no período diurno, com 43% das observações concentradas nos intervalos de 3,6 a 5,7 m s⁻¹ (34,5%) e 5,7 a 8,8 m s⁻¹ (8,8%). A média diária da velocidade do vento foi de 2,57 m s⁻¹. No período diurno a velocidade média do vento foi de 3,28 m s⁻¹ enquanto que no período noturno esse valor foi de 1,87 m s⁻¹.

No período diurno apenas 8,1% das observações corresponderam a ventos calmos (velocidade inferior a 0,5 m s⁻¹). Esse percentual foi de 24,8% no período noturno.

Quantificação da Evaporação

O monitoramento nos reservatórios com água com baixa turbidez (aproximadamente 3 NTU) foi realizado durante um período total de 74 dias, de 18 de setembro (DJ 262) a 30 de novembro (DJ 335) de 2016. Durante as medições não houve bombeamento de água para irrigação da cultura do fumo.

A gerência da Fazenda Santo Antônio utilizou água dos demais reservatórios para esse fim, eliminando assim um dos componentes do balanço de massa bem como garantido espelho d'água máximo no reservatório. No período de monitoramento não foram detectadas falhas nos dados coletados dos diferentes instrumentos

Evaporação via Método da Transferência de Massa

Este método não mede a evaporação, mas a estima a partir da velocidade do vento e déficit de pressão de vapor d'água. Na aplicação deste método a temperatura e a pressão de vapor d'água do ar foram obtidos de medições feitas com um termohigrômetro instalado a 2 m acima do nível da água na plataforma. Dados de velocidade do vento foram obtidos também na mesma altura por meio de anemômetro sônico 2D, conforme mencionado anteriormente.

A obtenção de dados confiáveis de evaporação por esse método dependeu da cautela na definição das alturas de instalação dos sensores na plataforma flutuante. Assim, as variáveis umidade relativa (UR), temperatura do ar (T_a) e velocidade do vento (U) eram monitoradas na mesma altura objetivando preservar a consistência do método. Dados horários foram utilizados para obtenção da evaporação horária sendo posteriormente agrupada para o total diário.

Além das variáveis meteorológicas, a aplicação deste método requer o uso de um fator de proporcionalidade (μ) expresso em função da superfície (área) do espelho d'água, conforme Brutsaert (1982). Este fator juntamente com a velocidade do vento é interpretado como um coeficiente de transporte de vapor d'água da superfície para a atmosfera.

Utilizou-se valor fixo para a área do espelho d'água igual a 6075 m², correspondendo este ao valor médio entre a área inicial (6124 m²) e a área final (6026 m²) após 74 dias de medições. A área do espelho d'água foi estimada em função da profundidade da água no reservatório, via polinômio de segundo grau derivado da geometria do reservatório.

A Figura 3 exemplifica para seis dias em sequência do período experimental o valores horários do fluxo de calor latente LE (W m⁻²) estimado pela Eq. 1 bem como do fluxo de calor sensível H (W m⁻²) estimado pelo produto β .LE. O curso diário da radiação líquida R_n também é plotado para fins de comparação. Entre os seis dias selecionados há significativa variação da transmissividade atmosférica, sendo DJ 325 e

326 dias em que τ_{atm} foi da ordem de 0,22 e os demais dias (323, 327 e 328) com τ_{atm} acima de 0,65.

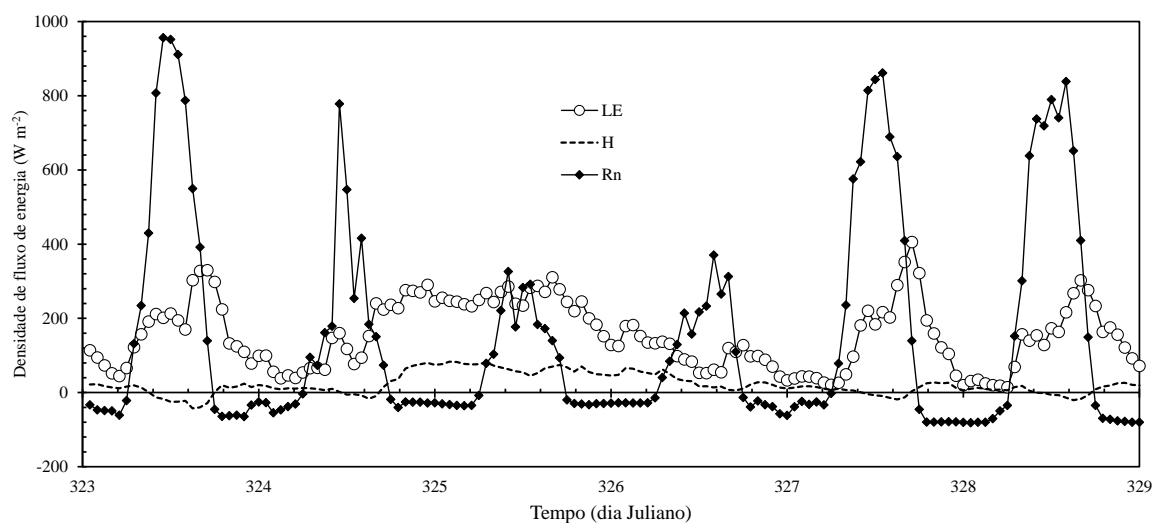


Figura 3. Curso diário do fluxo de calor latente LE estimado pelo método da transferência de massa sobre a superfície do reservatório, fluxo de calor sensível H estimado pelo produto $\beta \cdot \text{LE}$ e a radiação líquida R_n para seis dias selecionados com transmissividade atmosférica variável. Fazenda Santo Antônio, Governador Mangabeira, Bahia.

Observa-se na Figura 3 que a equação da transferência de massa (Eq. 1) conforme utilizada neste trabalho e com medições de variáveis atmosféricas a 2 m de altura estimou valores sempre positivos de LE inclusive no período noturno, quando principalmente nos dias nublados LE foi superior a R_n .

Isso ocorreu provavelmente em função do aporte de energia disponível ($R_n - Q_t$) que foi convertida em calor latente (maior fração) e também calor sensível. Ao se comparar LE com R_n verifica-se atraso no pico de evaporação frente à radiação disponível, especialmente nos dias de céu claro. Esta tendência também foi observada por Tanny et al (2008) em lago artificial em Israel.

No período apresentado na Figura 3, a evaporação total estimada foi de 33 mm, com média de $5,5 \text{ mm dia}^{-1}$. Enquanto que a evaporação diária total variou de 2,4 a $9,4 \text{ mm dia}^{-1}$, com média de $5,7 \text{ mm dia}^{-1}$ ao longo dos 74 dias do período experimental (Figura 4). A evaporação acumulada encontrada foi de 424 mm. Curtarelli et al. (2013) avaliaram a dinâmica temporal da evaporação no reservatório da usina hidrelétrica de Itumbiara, entre os estados de Minas Gerais e Goiás, região central do Brasil. Os autores encontraram uma evaporação média de $8,2 \text{ mm dia}^{-1}$ no período seco e $3,7 \text{ mm dia}^{-1}$ no período chuvoso, com uma evaporação acumulada máxima de 20 mm dia^{-1} no verão.

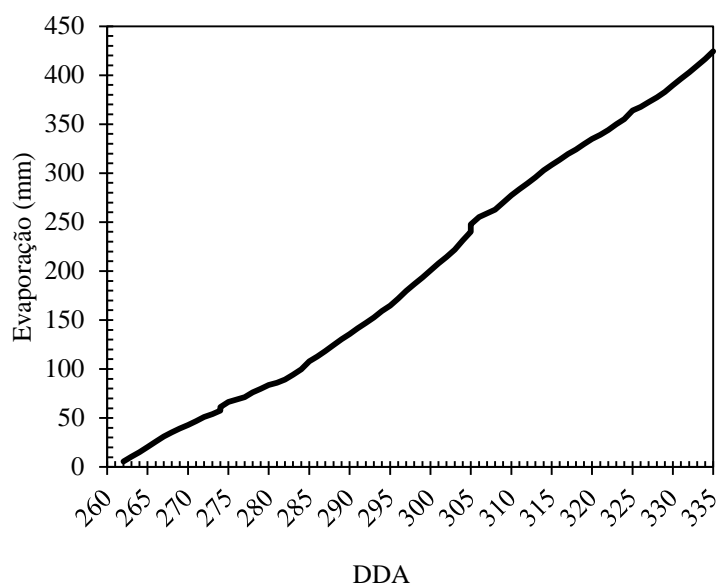


Figura 4. Lâmina de evaporação acumulada no reservatório pelo método de transferência de massa ao longos dos 74 dias do período experimental.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados aqui apresentados e considerando as condições de armazenamento da água com baixa turbidez em reservatório artificial revestido com manta de polietileno de alta densidade, pode-se concluir que o método de transferência possibilitou a quantificação da evaporação de maneira satisfatória.

O vento é uma variável de extrema importância para esse método, visto que intensifica o processo de evaporação pelo fato de transportar massa (água) e energia (calor). Assim, é necessário que o vento ao fluir sobre a superfície hídrica entre em equilíbrio com a mesma.

Portanto, percebe-se que o método requer que os sensores sejam posicionados de maneira tal que se tenha uma bordadura adequada, para obtenção de dados atmosféricos (vento, temperatura e umidade relativa do ar) representativos do espelho d'água.

AGRADECIMENTOS

A FAPESB pelo apoio financeiro.

Aos funcionários e administradores da Fazenda Santo Antônio pelo auxílio e disponibilidade dos reservatórios para realização dos trabalhos.

REFERÊNCIAS

ALI, S.; GHOSH, N. C.; SINGH, R. Evaluating best evaporation estimate model for water surface evaporation in semi-arid region, India. **Hydrological Processes**, v. 22, n. 8, p. 1093-1106, 2008.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. e SMITH, M. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements.** Roma: FAO, 1998. 297p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

BOUIN, M. N.; CANIAUX, G.; TRAULLÉ, O.; LEGAIN, D.; Le MOIGNE, P. Long-term heat exchanges over a Mediterranean lagoon. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 117, n. D23104, 2012.

BRUTSAERT, W. **Evaporation into the Atmosphere: Theory, History and Applications**, D. Reidel Publishing Company, 1982, 229 pp.

CURTARELLI, M. P.; ALCÂNTARA, E. H.; STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A.; KAMPEL, M. Avaliação do produto TRMM 3B42 diário sobre a Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia até o reservatório de Tucuruí-PA. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013. p. 5816-5823. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00066-9 (Internet), 978-85-17-00065-2 (DVD). (Acesso on line em <http://urlib.net/3ERPFQRTRW34M/3E7G6JK>). Acesso em: 23 dez. 2016)

FINCH, J.; CALVER, A. **Methods for the quantification of evaporation from lakes**, 2008, 47 pp.

FOWE, T.; KARAMBIRI, H.; PATUREL, J. E.; POUSSIN, J. C.; CECCHI, P. Water balance of small reservoirs in the Volta basin: A case study of Boura reservoir in Burkina Faso. **Agricultural Water Management**, v. 152, p. 99-109, 2015.

GIANNIOU, S. K.; ANTONOPOULOS, V. Z. Evaporation and energy budget in Lake Vegoritis, Greece. **Journal of Hydrology**, v. 345, n. 3, p. 212-223, 2007.

GUO, Y.; Zhang, Y.; MA, N.; SONG, H.; GAO, Haifeng. Quantificação de Fluxos de Energia de Superfície e Evaporação sobre um Lago Endorêico de Expansão Significativa no Planalto Tibetano Central. **Jornal da Sociedade Meteorológica do Japão**. Ser. II , v. 94, n. 5, p. 453-465, 2016.

JENSEN, M. E. e ALLEN, R. G. **Evaporation, Evapotranspiration, and Irrigation Water Requirements**. American Society of Civil Engineers, 2ª Ed., 2016, 744 pp.

LAKES ENVIRONMENTAL SOFTWARE: **WRPLOT View v. 8.0**, User Guide. Waterloo, Ontario, Canada, 110 pp., 2016. (Acesso on line https://www.weblakes.com/products/wrplot/resources/lakes_wrplot_view_user_guide.pdf)

MAJIDI, M.; ALIZADEH, A.; FARID, A.; VAZIFEDOUST, M. Estimating evaporation from lakes and reservoirs under limited data condition in a semi-arid region. **Water Resources Management**, v. 29, n. 10, p. 3711-3733, 2015.

MARTÍNEZ-ALVAREZ, V.; GONZÁLEZ-REAL, M. M.; BAILLE, A.; MAESTRE-VALERO, J. F.; GALLEGU-ELVIRA, B. Regional assessment of evaporation from

agricultural irrigation reservoirs in a semi-arid climate. **Agricultural Water Management**, v.95, n.9, p.1056–1066, 2008.

OLIVEIRA, A. S.; PEREIRA, F. A. C.; OLIVEIRA, G. X. S. e BORGES, V. P. Evaporação da água de reservatórios: Medição e estimativa por métodos meteorológicos. In: **Recursos Hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações**. INSA, 2012. 44- 73.

ROSENBERRY, D. O.; WINTER, T. C.; BUSO, D. C.; LIKENS, G. E. Comparison of 15 evaporation methods applied to a small mountain lake in the northeastern USA. **Journal of Hydrology**, v. 340, n. 3, p. 149-166, 2007.

SINGH, V. P.; XU, C. -Y. Evaluation and generalization of 13 mass-transfer equations for determining free water evaporation. **Hydrological Processes**, v. 11, n. 3, p. 311-323, 1997.

SOTO-GARCÍA, M.; MARTIN-GORRIZ, B.; GARCÍA-BASTIDA, P. A.; ALCON, F. e MARTÍNEZ-ALVAREZ, V. Energy consumption for crop irrigation in a semiarid climate (south-eastern Spain). **Energy**, v. 55, p. 1084-1093, 2013.

TANNY, J.; COHEN, S.; ASSOULINE, S.; LANGE, F.; GRAVA, A.; BERGER, D.; TELTCH, B.; PARLANGE, M.B. Evaporation from a small water reservoir: direct measurements and estimates. **Journal of Hydrology**, v. 351, n. 1, p. 218-229, 2008.

BALANÇOS DE RADIAÇÃO E DE ENERGIA NA PALMA FORRAGEIRA EM DIAS DE DISTINTAS NEBULOSIDADES

Poliana de Caldas Pereira¹, Maria Gabriela de Queiroz¹, George do Nascimento Araújo Júnior², Matheus Phelippe Santos Tolêdo³, Thieres George Freire da Silva⁴

¹Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG
po.caldas@hotmail.com, mg.gabi@hotmail.com,

²Mestrando em Produção Vegetal, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,
georgejunior_91@hotmail.com,

³Graduando em Agronomia, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,
matheustoledo@hotmail.com.br,

⁴Professor, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE), Serra Talhada, PE,
thieres_freire@yahoo.com.br

RESUMO: Objetivou-se avaliar o balanço de radiação e energia em um cultivo da palma forrageira em dias com distintas condições de nebulosidade. O experimento foi conduzido na Fazenda Algodões (-8,30°; -38,51°; 380,83 m), no município de Floresta, Pernambuco, onde foi instalada, no centro da área de cultivo, uma torre com sensores acoplados para obtenção de dados micrometeorológicos. Os componentes do balanço de radiação e de energia foram mensurados para dois dias, um nublado e outro de céu claro. Constatou-se que, a nebulosidade diminuiu significativamente as magnitudes dos componentes do balanço de radiação e de energia da cultura da palma forrageira, com exceção da razão entre a radiação solar global refletida e incidente.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido brasileiro, *Opuntia stricta*, Micrometeorologia.

RADIATION AND ENERGY BALANCE ON DAYS OF DIFFERENT LEVELS OF NEBULOSITY IN FORAGE CACTUS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the radiation and energy balance in a forage cactus crop on days with different cloud conditions. The experiment was carried out at Fazenda Algodões (-8.30°, -38.51°; 380.83 m), in the municipality of Floresta, State of Pernambuco, where a tower with sensors coupled to obtain Micrometeorological data. The components of the radiation and energy balance were measured for two days, one cloudy and one clear sky. It was observed that the cloudiness significantly decreased the magnitudes of the components of the radiation and energy balance of the forage palm crop, except for the ratio between the reflected and incident global solar radiation.

KEY-WORDS: Brazilian semi-arid, *Opuntia stricta*, Micrometeorology.

INTRODUÇÃO

O balanço energético em uma superfície proporciona o conhecimento das trocas de energia e massas do sistema solo-planta-atmosfera. Todavia, os fluxos de energia nesta interface são dependentes das propriedades da camada limite atmosféricas, que envolvem processos relacionados com a cobertura vegetal e a nebulosidade (FONTANA et al., 1991; SOUZA FILHO et al., 2006; PILAU et al., 2014). Esta última influencia diretamente o balanço de ondas curtas e de ondas longas, alterando o saldo de radiação (SOUZA et al., 2011).

Para sistemas formados por culturas cactáceas, a compreensão dessa dinâmica permite entender as suas interações com o ambiente, bem como adequação do manejo. Essas espécies são pouco estudadas, embora possuam boa adaptabilidade às condições de estresse hídrico, altas temperaturas e baixos níveis nutricionais do solo.

Logo, objetivou-se avaliar o balanço de radiação e energia em um cultivo da palma forrageira em dias com distintas condições de nebulosidade, no semiárido do Estado de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

O campo experimental fica localizado na Fazenda Algodões (-8,30°; -38,51°; 380,83 m), município de Floresta, Pernambuco, cultivada com a cultura da palma forrageira, cultivar Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw), no espaçamento de 0,5 m entre plantas e de 2 m entre fileiras.

No centro da área experimental foi instalado uma torre micrometeorológica de quatro metros de altura para a obtenção dos dados locais em uma relação bordadura:altura mínima de 40:1. Na torre foram instalados sensores eletrônicos para a medição dos elementos do balanço de radiação e energia, sendo eles: dois psicrômetros aspirados; dois pirômetros, em que um foi posicionado de forma invertida para obtenção da radiação refletida; um saldo radiômetro; um pluviômetro; e 12 termopares Cobre-Constantan do tipo T inseridos nas plantas para medição da temperatura dos cladódios e, subsequente, estimativa do calor armazenado pelo dossel. Além desses sensores conectados a estrutura da torre, foram instalados dois fluxímetros, para medição do fluxo de calor do solo ($W m^{-2}$). Todos os dados foram registrados por Datalogger (CR1000-ST-SW-NC, Campbell Scientific), que realizava medições a cada 60 segundos, e armazenamento dos valores médios em intervalos de 10 minutos.

O balanço de radiação foi determinado por meio das mensurações do saldo de radiação (R_n ; $W m^{-2}$); a radiação solar global (R_g ; $W m^{-2}$); a radiação solar refletida (R_r ; $W m^{-2}$), o balanço de ondas curtas ($BOC = R_g - R_r$, $W m^{-2}$); o balanço de ondas longas ($BOL = R_n - BOC$; $W m^{-2}$).

E o balanço de energia, foi determinado pela seguinte equação:

$$R_n = LE + H + G + Misc \quad (1)$$

sendo, LE é o fluxo de calor latente ($W m^{-2}$) foi estimado usando o método da razão de Bowen; Misc é o estoque de energia na biomassa e armazenamento no dossel da cultura ($W m^{-2}$), determinado por meio da adaptação do método proposto por Lewis e Nobel (1977), considerando o estoque de energia armazenado pelos cladódios das plantas, e a energia contida no ar dentro do dossel; e o H é o fluxo de calor sensível ($W m^{-2}$) foi calculado por resíduo da equação 1.

Para avaliação dos diferentes níveis de nebulosidade sobre os componentes do balanço de radiação e de energia foram escolhidos dois dias consecutivos, sendo um nublado (22/01/2016) e outro não nublado (23/01/2016). As partições (R_n/R_g , LE/R_n , H/R_n , G/R_n e $Misc/R_n$) foram calculadas para ambos os dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os componentes do balanço de radiação para os dias 22 e 23/01/2016, que representam o dia nublado e não nublado, respectivamente.

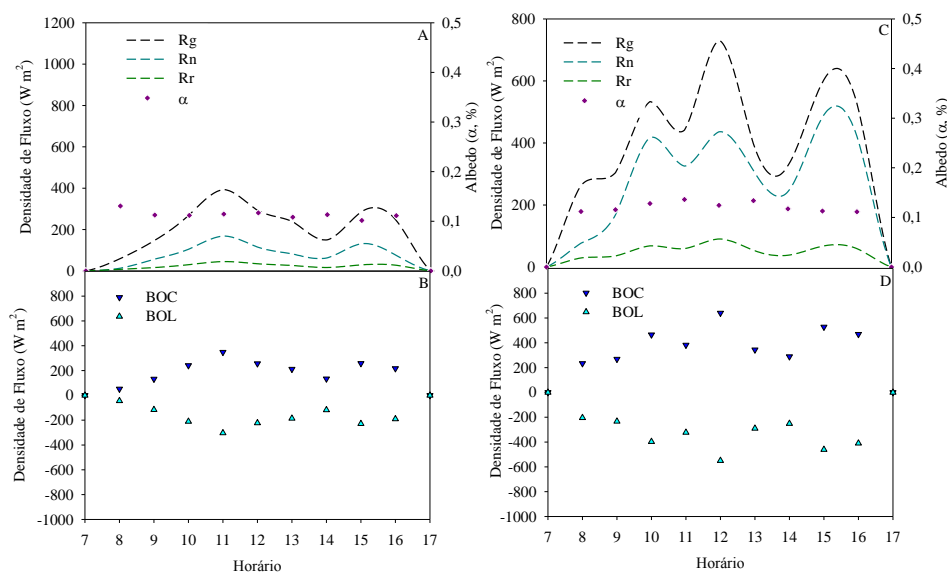


Figura 1. Componentes do balanço de radiação (Rg - radiação solar global incidente; Rn - saldo de radiação; Rr - radiação solar global refletida; BOC - balanço de ondas curtas; BOL - balanço de ondas longas; α , albedo), para dois dias consecutivos, sendo um nublado (22/01/2016, A e B) e outro não nublado (23/01/2016, C e D), no município de Floresta, Pernambuco.

Observa-se para o dia nublado (22/01/2016), a radiação solar global incidente (Rg) atingindo um valor médio de $7,49 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, que é aproximadamente 50% do valor desse componente para o dia não nublado ($14,83 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) (Figura 1 A e C). Esse resultado se estendeu para a radiação solar refletida (Rr) com valores de $1,81$ e $0,83 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 1 A e C), para o balanço de ondas curtas (BOC), que apresentou $13,03$ e $6,66 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e no balanço de ondas longas (BOL), que teve $-11,22$ e $-5,83 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente. Comportamento semelhante ao observado por Souza Filho et al. (2006) em uma floresta tropical (Figura 1 B e D).

O saldo de radiação (Rn) foi o que apresentou o maior nível de diferença entre os dias, com $2,91 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ no dia nublado e de $10,38 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ para o dia não nublado. Como consequência, a razão Rn/Rg passou de 39% no dia nublado para 70% no dia não nublado. A nebulosidade apenas pouco afetou a razão Rr/Rg.

Em relação ao balanço de energia, a maior nebulosidade diminuiu a magnitude de seus componentes. Para os dois dias analisados, a maior quantidade de energia disponível foi destinada para o fluxo de calor latente (LE/Rn), sendo de 42% ($1,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e 57% ($5,9 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) no dia nublado e o dia não nublado, respectivamente. Em sequência, o fluxo de calor sensível (H/Rn) pouco variou com 35% ($1,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e 30% ($3,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); depois o fluxo de calor no solo (G/Rn), com 23% ($0,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e 12% ($1,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); e por fim, o estoque de energia na biomassa e armazenamento no dossel da cultura (Misc/Rn) que representou cerca de 0,4% ($0,01 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e 0,41% ($0,04 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), para o dia nublado e não nublado, nessa ordem (Figura 2A e B).

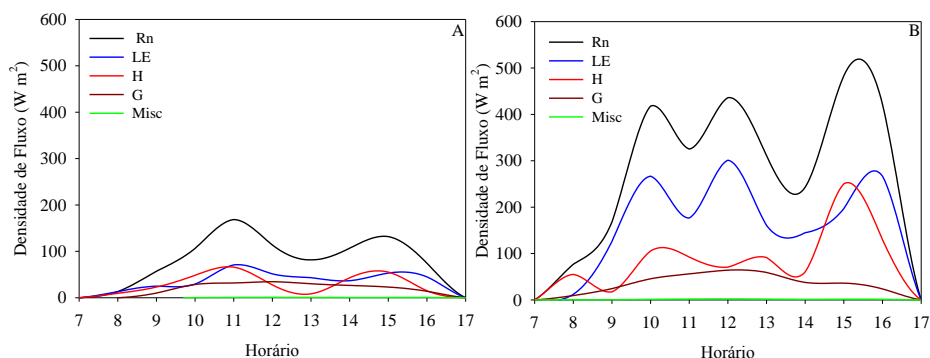


Figura 2. Comportamento dos fluxos do balanço de energia (Rn, saldo de radiação; LE, fluxo de calor latente; H, fluxo de calor sensível; G, fluxo de calor no solo; Misc, estoque de energia na biomassa e armazenamento no dossel da cultura), para dois dias consecutivos, sendo um nublado (22/01/2016, A) e outro não nublado (23/01/2016, B), no município de Floresta, Pernambuco.

De todos os componentes do balanço de energia, o fluxo de calor no solo foi o que apresentou maior divergência, com menor valor no dia não nublado. Este resultado é diferente do encontrado por Pezzopane e Pedro Júnior (2003), nos dias de céu claro. É válido relatar que independente da nebulosidade, o particionamento dos fluxos também está atrelado as condições atmosféricas, de umidade no solo e desenvolvimento da cultura (PEREIRA, VILLA NOVA e SEDYAMA, 1997), o que talvez justifique este resultado do G para o dia não nublado.

CONCLUSÕES

A nebulosidade diminuiu significativamente as magnitudes dos componentes do balanço de radiação e energia, com menor intensidade sobre a razão R_r/R_g .

REFERÊNCIAS

- FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H. Balanço de energia em soja irrigada e não irrigada, **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.26, p. 403-410, 1991.
- PEREIRA, A. R.; SEDYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas: Ed. Fundag, 2013. 323 p.
- PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J. Balanço de energia em vinhedo de ‘niagara rosada’, **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 155-161, 2003.
- PILAU, F. G.; ANGELOCCI, L. R. Balanço de radiação de copas de cafeeiros em renques e suas relações com radiação solar global e saldo de radiação de gramado. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p. 335-344, 2014.
- SOUZA FILHO, J. D. C. et al. Variação sazonal do balanço de radiação em uma floresta tropical no nordeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 21, n. 3, p. 318-330, 2006.
- SOUZA, A. P. et al. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, n. 3, 2011.

ALBEDO DAS VIDEIRAS 'ITÁLIA MUSCAT' E 'BRS VITÓRIA' EM PETROLINA-PE

Felipe Eduardo Soares Andrade¹, Mário de Miranda Vilas Boas Leitão², Gertrudes Macario de Oliveira³, Jackson Ruben Rosendo Silva⁴

¹Mestrando em engenharia Agrícola, Univasf, Juazeiro, BA, f.eduardo-as@hotmail.com; ² Prof. Dr. em Meteorologia, UNIVASF, Juazeiro, BA, mario.miranda@univasf.br; ³ Professora Doutora em Recursos Naturais, UNEB, Juazeiro, BA, gmacariodeoliveira@yahoo.com.br; ⁴ Professor, Mestrado em Ciência Animal, UNIVASF, Senhor do Bonfim, BA, jacksonrubem@univasf.edu.br

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do albedo das variedades de videira 'Itália Muscat' e 'BRS Vitória' na região de Petrolina – PE, durante o período diurno ao longo de seus respectivos ciclos de produção. O experimento de campo foi conduzido na propriedade Águia do Vale (09° 06' 14" S; 40° 29' 52" W), projeto Maria Tereza, no município de Petrolina/PE, entre julho e novembro de 2016. O parreiral estudado é um sistema de latada, com espaçamento entre plantas de 3,0 x 2,5 m e sistema de irrigação por gotejamento. Foram estudadas duas cultivares de videira a 'Itália Muscat' e a 'BRS Vitória'. Para levantamento dos dados foram instalados sobre os dois parreirais saldos radiômetros, os quais foram conectados a um sistema de aquisição de dados do tipo MICROLOGGERS CR23X da Campbell, para a medição da radiação solar global (R_g) e da radiação solar refletida (R_r). Os resultados obtidos mostram que o albedo médio diário das duas cultivares variou de 19 e 23%, em função das condições climáticas e do desenvolvimento foliar do dossel. Os maiores valores de albedo em média foram observados durante o estágio de máximo desenvolvimento vegetativo.

PALAVRAS-CHAVE: Clima, Videira, Radiação refletida.

Albedo of the vines 'Italy Muscat' and 'BRS Vitória' in Petrolina-PE

ABSTRACT: The region of São Francisco is considered the main polo producer and exporter of fine table grapes in Brazil. The objective of this work was to study the albedo behavior of two grapevine cultivars during their respective stages of development during the second semester of 2016 in the city of Petrolina-PE. The varieties 'Italy Muscat' and 'BRS Vitória' were studied. Net radiometers, connected to dataloggers, were used for the measurement of global solar radiation (R_g) and reflected solar radiation (R_r). The albedo of the different cultivars varied, on average, between 19% and 23%, due to the space-time and quantitative-qualitative dynamics of leaf cover and climatic conditions. The largest albedo in medium were found in the stages of maximum vegetative development. The data obtained in this work can be used in climatic studies.

KEYWORDS: Climate, vine, reflected radiation.

INTRODUÇÃO

A radiação solar é o fluxo de energia proveniente do Sol, que chega a Terra em forma de ondas eletromagnéticas. Ao incidir no topo da atmosfera, a radiação solar se propaga até atingir a superfície terrestre, passando durante este percurso por processos de reflexão, absorção e espalhamento, que não são suficientes para reter todo o espectro da radiação solar (GOMES, 2009).

Em razão das características relacionadas ou intrínsecas a cada cultivar, ao sistema de condução, à distribuição e a orientação da folhagem dentro do dossel, as comunidades vegetais interceptam a radiação solar de forma diferenciada (NORBERTO et al., 2009). Estas interações têm efeito pontual sobre os balanços de radiação e energia, e afeta o desenvolvimento, o consumo hídrico, a síntese de compostos orgânicos, a produção, a produtividade e a qualidade dos produtos (RADÜNZ et al., 2011).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do albedo das variedades de videira 'Itália Muscat' e 'BRS Vitória' na região de Petrolina – PE, durante o período diurno ao longo de seus respectivos ciclos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados apresentados neste trabalho fazem parte de um conjunto de medições obtidas em um experimento de campo com videiras 'Itália Muscat' e 'BRS Vitória', o qual foi conduzido na Fazenda 'Águia do Vale', projeto de irrigação Maria Tereza - Petrolina (09° 06' S; 40° 30' W), durante o período de 18/07/2016 a 29/12/2016.

Para medição da radiação solar global (R_g) e da radiação refletida (R_r) foi instalado sobre cada dossel um saldo radiômetro (CNR1, Kipp & Zonen), o qual foi conectado a um sistema de aquisição de dados MICROGGERS CR23X, programado para efetuar leituras a cada 5 segundos e registrar médias horárias. Com os dados obtidos efetuou-se a razão R_r/R_g para obter-se o albedo médio horário e o albedo diária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 (a, b e c) mostram a variação média horária do albedo ao longo do ciclo produção da videira 'Itália Muscat'. De forma geral, observa-se que o albedo foi maior quando o ângulo de elevação foi menor, no início da manhã e no fim da tarde, bem como atingiu o menor valor próximo ao meio dia. Segundo Leitão (1989) os raios solares ao meio dia, incidem mais perpendicularmente à superfície, com isso uma maior quantidade de energia penetra e é absorvida pelo dossel, em função disso, ocorre uma menor reflexão, logo, o albedo é menor. Avaliando-se a Figura 01 observa-se que os menores valores de albedos ocorreram durante a fase de crescimento vegetativo, atingindo 18,5% entre 12 e 13h, enquanto os maiores valores ocorreram durante a fase de crescimento de bagas, 41,2% às 18h. Observa-se que o albedo entre 09 e 16h, apresentou as menores diferenças exceto na a fase de crescimento vegetativo, na qual foi menor do que nas demais fases.

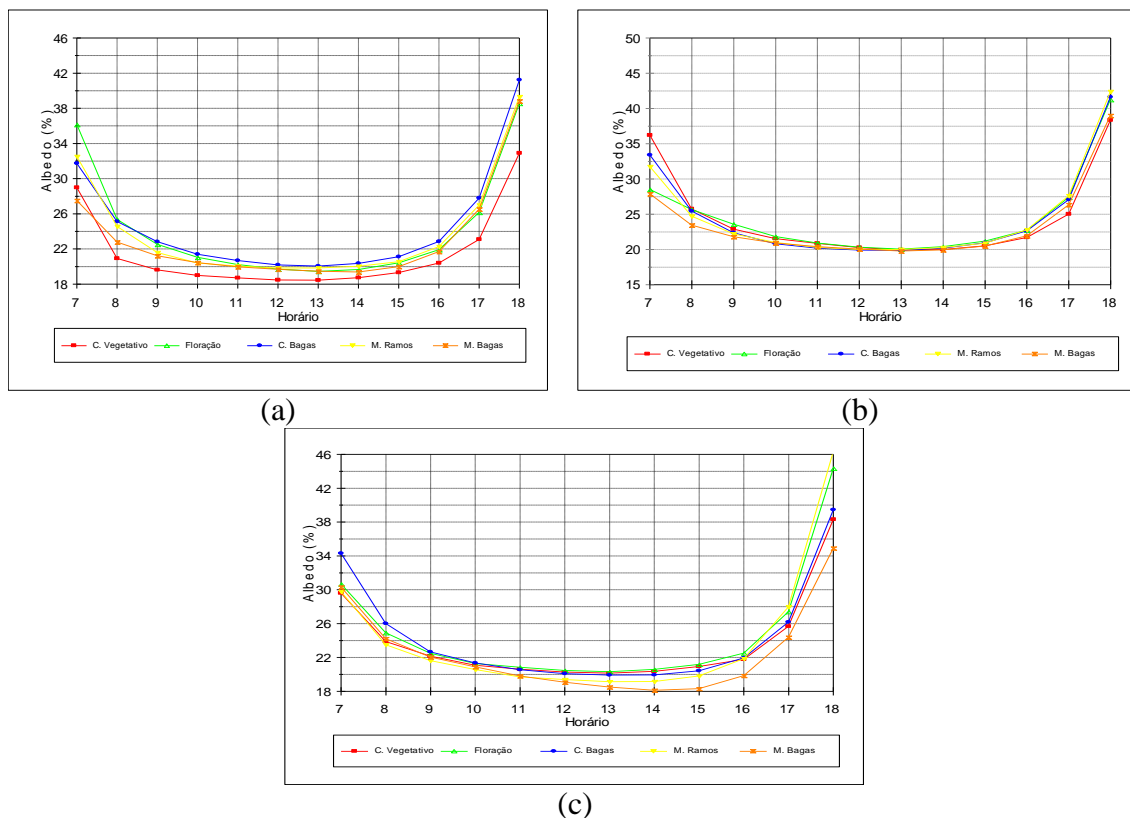


Figura 1. Variação diurna do albedo para as diferentes fases da de produção da videira ‘Itália Muscat’, com poda de produção realizada em 18/07/2016 (a) e 25/07/2016 (b) e ‘BRS Vitória’, com poda de produção realizada em 01/08/2016.

Analisando-se a Figura 1b o comportamento horário do albedo ao longo do ciclo de produção da videira ‘Muscat Itália’ com poda realizada em 25/07/2016, percebe-se que houve um comportamento diferente em relação ao tratamento cuja poda foi realizada em 18/07/2016. Ou seja, o albedo médio horário da videira Itália podada em 25/07/2016 foi superior ao albedo da videira ‘Itália Muscat’, podada em 18/07/2016. Por exemplo, no caso do tratamento podado em 25/07/2016, o albedo médio mínimo ao meio dia durante a fase de maturação de ramos, atingiu 19,8% e nas fases de crescimento vegetativo e floração 20,3%, enquanto o máximo às 18h alcançou 42,4% na a fase de maturação de ramos.

O comportamento do albedo diário para a videira ‘BRS Vitória’ apresentado na Figura 1c, mostra que os menores valores de albedo ocorreram em torno de 14 h, durante as fases de maturação de ramos (18,1%) e na fase de maturação bagas (18,2%). Nas fases de crescimento vegetativo, floração e crescimento de bagas, os menores albedos ocorreram entre 12 e 13 h, diferentemente da videira ‘Itália Muscat’, que para todo ciclo de produtivo, os menores valores de albedo ocorreram em torno das 12 h.

Em termos de valor médio diário, vê-se na Figura 2a, 2b e 2c, respectivamente, que os albedos das videiras ‘Itália Muscat’ e ‘BRS Vitória’ variaram bastante ao longo do ciclo de produção. No caso da videira ‘Itália Muscat’, podada em 18/07/2016, o albedo médio foi 21,0%, porém aumentou de 19% na data da poda, para 23,5% no final da primeira semana da fase de crescimento de bagas (DAP = 40). Analisando o albedo por fase, verifica-se que durante a fase de desenvolvimento vegetativo o valor médio foi 20%; na floração 22,1%; no crescimento de bagas 21,9%; na maturação de ramos 21,2% e; e na fase de maturação de bagas 21,3%. O valor médio diário para todo o ciclo produtivo foi de 21,2%.

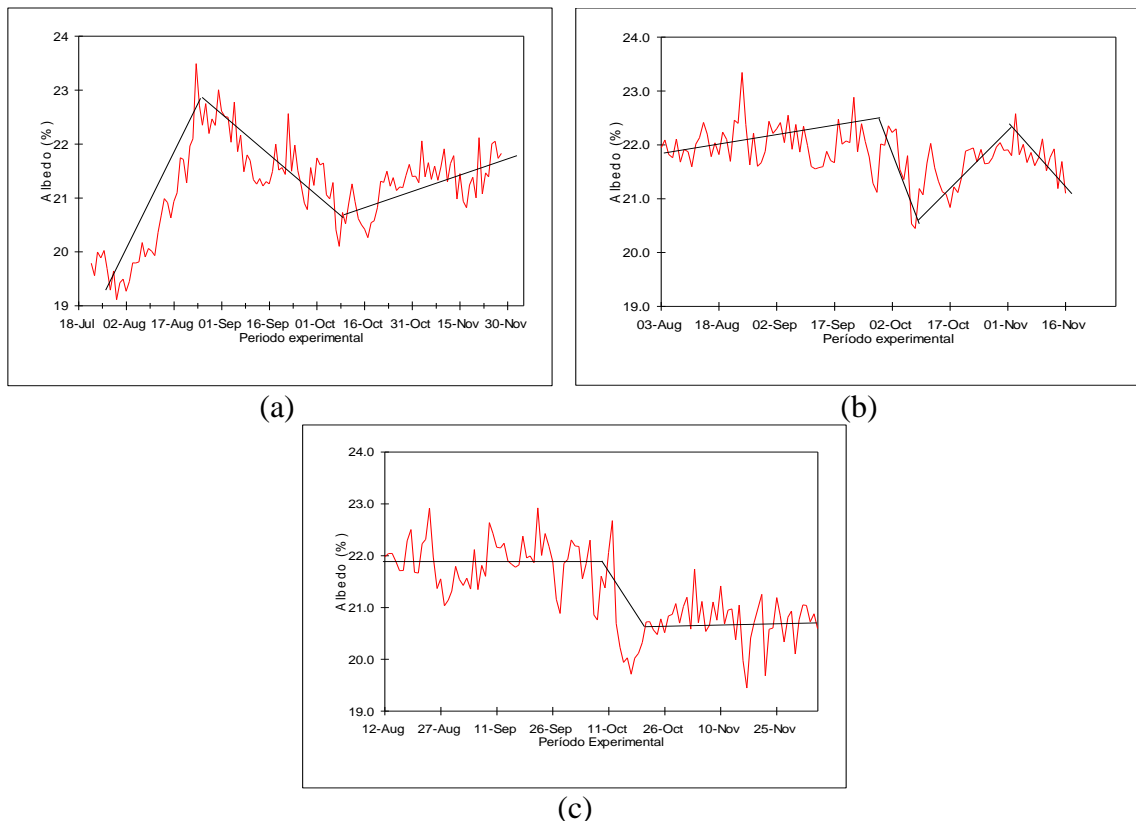


Figura 2. Valores médios diários do albedo da videira, cultivar ‘Itália Muscat’, conduzida no sistema de latada durante nos períodos de 18/07/2016 a 29/11/2016 (a) e 25/07/2016 a 29/11/2016 (b) e ‘BRS Vitória’ no período de 01/08/2016 a 02/12/2016 (c).

Analisando a Figura 2b, que mostra o albedo da videira ‘Itália Muscat’, podada em 25/07/2016, vê-se que houve comportamento semelhante, porém com valores discrepantes em algumas fases de desenvolvimento. Ou seja, o albedo apresentou aumento até a segunda semana de crescimento de bagas, variando de 21% para 23,2% (DAP=54) e um valor médio de 22,6%. A partir daí até o início da fase de maturação das bagas, o valor médio diário cai para 20% (DAP=83). Durante a fase de maturação, ainda se verificou um crescimento do dia 18/10 ao dia 03/11; seguindo de uma queda suave entre os dias 04/11 e 17/11 e, por fim; um aumento que ultrapassou o período da colheita (26/11/2016, DAP = 123).

Por último, percebe-se na Figura 2c, que o albedo da videira BRS Vitória, foi bastante diferente do albedo da videira ‘Itália Muscat’. Ou seja, variou da poda ao dia 12/10/2016 (DAP=66); entre os dias 13/10 (DAP=57) e 21/10 (DAP=64) teve uma queda acentuada, a partir daí aumentou um pouco, e a partir daí até o fim do ciclo, apresentou uma pequena variação. Na fase de crescimento vegetativo o albedo foi 21,9%; na fase de floração 21,6%; na fase de crescimento de bagas 19,7%; na fase de maturação de ramos 20,9%; e na fase de maturação de bagas 20,6%, o que representou com uma média diária para todo o ciclo de 21,3%.

Os resultados obtidos neste trabalho foram muito próximos dos encontrados por Azevedo et al. (1997) que observaram para a cultivar Itália, em Bebedouro, Petrolina-PE, um albedo médio diário que variou de 18%, nos primeiros dias após a brotação das gemas, a 23% após a floração, e 20% durante o desenvolvimento dos frutos. Teixeira et al. (2008), encontraram para a videira ‘Superior Seedless’ em Petrolina-PE, albedo médio para todo o ciclo de produção de 18% em 2002 e 19% em 2003.

CONCLUSÕES

O albedo variou bastante ao longo do ciclo de produção, em função do aumento da área foliar, época da poda, condições climáticas e principalmente ocorrências de chuvas. Os maiores valores de albedo para as duas variedades estudadas ocorreram durante a fase de desenvolvimento vegetativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOMES, H. B. Balanços de radiação e energia em áreas de cultivo de cana-de-açúcar e cerrado no estado de São Paulo mediante imagens orbitais. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande-UFPG, Campina Grande, Brasil. Abril de 2009.

LEITÃO, M. M. V. B. R. Balanço de Radiação e Energia numa cultura de soja irrigada. 1989. 110 f. Trabalho de conclusão de curso (Dissertação) – Programa de pós-graduação em Meteorologia. Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 1989.

NORBERTO, P.M. et al. Efeito do sistema de condução em algumas características ecofisiológicas da videira (*Vitis labrusca* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.721-726, 2009.

RADÜNZ, A. L. et al. Variação do albedo em um vinhedo cultivado na região de Pelotas/RS. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 17, 2011, Guarapari. **Anais...** Guarapari: CBAGRO, 2011.

AZEVEDO, P. V. *et al.* Balanço de energia na cultura da videira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria-RS, v. 5, n. 2, p. 137-141, 1997.

TEIXEIRA, A.H.C. et al. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semi-arid Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 362, p. 110–127, 2008.

DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA EM CENÁRIOS CLIMÁTICOS NO MUNICÍPIO DE MARINGÁ, ESTADO DO PARANÁ

Rosandro Boligon Minuzzi¹, Carolina do Amaral Frederico², Thieres George Freire da Silva³

¹Meteorologista, Dr. Agrometeorologia, Professor Adjunto IV, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, E-mail: rbminuzzi@hotmail.com; ²Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, E-mail: carolinafrederico32@hotmail.com; ³Agrônomo, Dr. Agrometeorologia, Professor Adjunto IV, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, Pernambuco, E-mail: thigeoprofissional@hotmail.com

RESUMO: Este estudo teve como objetivo analisar o desempenho agronômico da soja cultivada em Maringá em diferentes cenários climáticos. Dados climáticos do município foram utilizados no software Aquacrop 4.0 para determinar a duração do ciclo, produtividade, eficiência do uso da água na produtividade por água evapotranspirada (EUA), requerimento de irrigação líquida e o índice de colheita ajustado em cenários climáticos, baseados nas projeções para curto prazo (2016-2035) e médio prazo (2046-2065) do cenário RCP4.5 e RCP8.5 do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática. O ciclo da soja tenderá a diminuir, enquanto a produtividade e a EUA deverá aumentar. O regime de chuva no futuro continuará sendo o suficiente para satisfazer as necessidades hídricas da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: fenologia, produtividade, irrigação.

AGRONOMIC PERFORMANCE OF SOYBEAN IN CLIMATIC SCENARIOS IN THE CITY MARINGÁ, STATE OF PARANÁ

ABSTRACT: This study aimed to analyze the agronomic performance of soybean cultivated in Maringá in different climatic scenarios. Climatic data from the city were used in Aquacrop 4.0 software to determine the cycle duration, yield, water use efficiency in productivity per evapotranspiration water (WUE), net irrigation requirement, and harvest index adjusted for different climatic scenarios based on short-term projections (2016-2035) and medium-term ones (2046-2065) of the RCP4.5 and RCP8.5 scenario of the IPCC. The soybean cycle will tend to decline, while productivity and the WUE are expected to increase. The rainfall regime in the future will continue to be sufficient to meet the water needs of the crop.

KEY-WORDS: fenology, yield, irrigation.

INTRODUÇÃO

As atuais condições edafoclimáticas da região Sul conferem ampla área de plantio para a soja sob sequeiro, com calendário de semeadura compreendido entre outubro e dezembro, quando resultam os menores riscos climáticos à produtividade, conforme a atual portaria do zoneamento agrícola do MAPA. Todavia, têm-se a preocupação quando são considerados os cenários futuros de aumento da temperatura do ar, como resultado do incremento de Gases de Efeito Estufa, as incertezas nos níveis de precipitação pluviométrica e a intensificação de eventos extremos, conforme o quinto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC, 2013).

A produção média de 2003 a 2014 faz com que a região norte central paranaense, onde se localiza o município de Maringá, ocupe a segunda posição na produção estadual de soja, e o Paraná, por sua vez, o segundo maior estado produtor da leguminosa (IBGE, 2015).

Resultados de diferentes simulações mostram que o efeito das mudanças climáticas na produção agrícola varia de acordo com o cenário de emissão de gases de efeito estufa, do período analisado, do clima atual e das práticas de manejo adotadas de região para região (TAO; ZHANG, 2011).

Com base no exposto, objetivou-se analisar o desempenho agrônômico da soja cultivada na região de Maringá no clima atual e em cenários futuros.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas as médias climatológicas (1981 a 2014) decenárias de precipitação, temperatura mínima e máxima do ar, da estação meteorológica localizada no município de Maringá (latitude: 23,40° S, longitude: 51,91° W e altitude: 542 m) e pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os seguintes parâmetros referentes ao desempenho agrônômico durante todo o ciclo da soja foram considerados na análise: produtividade (ton ha^{-1}), duração do ciclo após a germinação (dias), índice de colheita ajustado (%), requerimento de irrigação líquida (mm) e a eficiência no uso da água na produtividade por água evapotranspirada (kg m^{-3}). As simulações destas variáveis foram realizadas utilizando o software AquaCrop 4.0, tendo como dados de entrada, os parâmetros climáticos, características do solo e da cultura e informações sobre o manejo do solo. As informações exigidas no software mais influentes no desempenho agrônômico são descritos a seguir:

A precipitação efetiva foi determinada pelo método do USDA Soil Conservation Service (USDA-SCS), enquanto a evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada com uso do software Cropwat 8.0 aplicando os dados de temperatura do ar na metodologia proposta Penman-Monteith (Padrão FAO-1998).

As simulações consideraram as projeções climáticas feitas pelo IPCC (sigla em inglês para Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática) baseadas nos valores do percentil 25% e 75% da distribuição do ‘ensemble’ entre os modelos utilizados para gerar o cenário RCP4.5 e RCP8.5, à curto prazo (2016-2035) e a médio prazo (2046-2065), além do clima atual (1981-2014) utilizado como referência. O primeiro cenário é relativamente mais otimista, por considerar que serão tomadas medidas para reduzir a emissão de CO₂, ao contrário do RCP8.5 que não serão tomadas medidas de mitigação contra as mudanças climáticas. Os desvios de temperatura do ar e precipitação para a região sul do Brasil, são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2, baseados nos valores do percentil 25% e 75% do cenário RCP4.5 e RCP8.5.

Tabela 1. Desvios trimestrais de temperatura média do ar (°C) baseados nos percentis 25 e 75% projetados para a região sul do Brasil, pelos cenários RCP4.5 e RCP8.5 do IPCC para os períodos 2016-2035 e 2046-2065

RCP4.5	dez-fev		mar-mai		jun-ago		set-nov	
	25%	75%	25%	75%	25%	75%	25%	75%
Período								
2016-2035	0,5	1,0	0,5	0,7	0,7	1,2	0,5	1
2046-2065	1,0	1,7	1,2	1,7	1,0	2,0	1,0	2,0
RCP8.5								
2016-2035	1,3	1,7	1,3	1,7	1,3	1,7	1,3	1,7
2046-2065	1,7	3,5	1,7	2,5	1,7	2,5	1,7	2,5

Fonte: Adaptado de IPCC (2013).

Tabela 2. Desvios semestrais de precipitação (%) baseados nos percentis 25 e 75% projetados para a região sul do Brasil, pelos cenários RCP4.5 e RCP8.5 do IPCC para os períodos 2016-2035 e 2046-2065

Período	RCP4.5				RCP8.5			
	out-mar		abr-set		out-mar		abr-set	
	25%	75%	25%	75%	25%	75%	25%	75%
2016-2035	-5	+5	-5	+5	-5	+5	-5	+5
2046-2065	-5	+15	-5	+15	+5	+15	-5	+15

Fonte: Adaptado de IPCC (2013).

Foi considerada a densidade de plantas da soja de 333 mil plantas ha⁻¹, a cobertura máxima do dossel atingindo 100% e a profundidade máxima do sistema radicular efetivo como sendo 70 cm. Para o cálculo dos graus-dias acumulado (GDA) foi utilizado o método proposto por MacMaster e Wilhelm (1997), com a modificação de que nenhum ajuste é feito a temperatura mínima quando ela fica abaixo da temperatura basal inferior. O acúmulo térmico necessário para a cultura concluir o ciclo, a partir da sementeira, foi obtido “rodando” o modelo pela primeira vez, considerando a duração dos estádios fenológicos em dias para uma cultivar de soja de ciclo médio. Após, os parâmetros foram convertidos automaticamente em unidades térmicas baseada no conceito dos graus dia (GD).

As simulações para o dia 10 de outubro foram feitas para o tipo de solo predominante na região em estudo (Latosolo Bruno). Fazendo uma referência ao ‘plantio direto’, levou-se em conta que o solo possuía uma cobertura de 85% de matéria orgânica. Desconsiderou-se a existência de estresse por salinidade e fertilidade do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados estimados para a soja semeada no início de outubro evidenciam um decréscimo na duração do ciclo da cultura (Tabela 3), sendo maior esta tendência, quanto maior for a projeção de aumento da temperatura. Esta tendência na redução do ciclo é coerente, tendo em vista que o seu cálculo foi baseado no conceito dos graus-dia acumulado, que leva em conta apenas os dados de temperatura do ar. Assim, como todos os cenários indicam elevação da temperatura do ar para a região, mais cedo a cultura vai atingir o seu requerimento de energia para completar seu ciclo.

Tabela 3. Duração do ciclo após a germinação, produtividade, eficiência no uso da água (EUA), irrigação líquida requerida e índice de colheita, estimados para o clima atual (referência) e seus respectivos desvios para os climas futuros projetados pelos cenários RCP4.5 e RCP8.5 para a soja semeada em 10 de outubro no município de Maringá

Semeadura: 10/outubro	RCP 4.5				
	Clima	2016-2035		2046-2065	
	atual	25%	75%	25%	75%
CO ₂ (ppm)	383,76	425,8		499,55	
Duração do ciclo (dias)	115	-2	-2	-2	-5

Produtividade (ton ha ⁻¹)	3.192	+0.206	+0.330	+0.667	+0.460
EUA (Kg m ⁻³)	0,58	+0,05	+0,07	+0,14	+0,10
Irrigação líquida (mm)	0	0	0	0	0
Índice de colheita aj. (%)	31	31	31	31	31
RCP 8.5					
CO ₂ (ppm)	383,76	433,3		572	
Duração do ciclo (dias)	115	-3	-4	-4	-7
Produtividade (ton ha ⁻¹)	3.192	+0.330	+0.309	+0.821	+0.559
EUA (Kg m ⁻³)	0,58	+0,06	+0,06	+0,18	+0,13
Irrigação líquida (mm)	0	0	0	0	0
Índice de colheita aj. (%)	31	31	31	31	31

A produtividade e a eficiência no uso da água na produtividade por água evapotranspirada (EUA) também foram unânimes em apresentar a mesma tendência de aumento em todos os cenários futuros. Apesar desta coerência, as hipóteses para o aumento na produtividade são diversas e distintas.

No entanto, Alambert (2010) encontrou redução no ciclo da soja com o aumento da temperatura média do ar, mas proporcionalmente, reduziu as produtividades de grãos e de óleo de soja ao longo de diferentes datas de semeadura realizadas em Piracicaba, estado de São Paulo. Já Berlato, Fontana e Gonçalves (1992) concluíram que a temperatura do ar não foi o fator limitante na produtividade da soja em cinco localidades do Rio Grande do Sul, mas sim, a precipitação. Relação contrária a encontrada por Verón, Abelleira e Lobell (2015) na região dos Pampas da Argentina, onde mostraram que a produtividade do trigo, milho e da soja responderam mais negativamente as tendências climáticas observadas da temperatura média e máxima do ar do que a precipitação. Geralmente o aumento de CO₂ promove aumento no crescimento e na produtividade em plantas C₃ como a soja, pelo aumento da taxa fotossintética e redução da fotorespiração (LONG et al., 2006). Pimentel (2011) também segue este raciocínio, mas alerta que temperaturas mais elevadas e redução na disponibilidade de água no solo, podem anular o efeito benéfico e fertilizante do CO₂.

Apesar de alguns cenários indicarem uma condição para uma menor disponibilidade de umidade no solo (aumento da temperatura do ar e redução da precipitação), a soja sendo semeada precocemente no sul em Maringá não irá requerer água provinda de irrigação e, conseqüentemente, não há tendência de sofrer com déficit hídrico, conforme indicado pelos valores do IC ajustado (Tabela 3).

CONCLUSÕES

A produtividade da soja tende a aumentar no futuro de 0.206 a 0.330 ton ha⁻¹ e de 0.460 a 0.821 ton ha⁻¹, respectivamente, a curto e médio prazo.

O clima futuro continuará satisfazendo as necessidades hídricas da soja a curto e médio prazo para a região de Maringá.

REFERÊNCIAS

ALAMBERT, M. R. **Estimação estocástica de parâmetros produtivos da soja: uso do modelo PPDSO em um estudo de caso em Piracicaba-SP**. 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, H. M. Relação entre o rendimento de grãos da soja e variáveis meteorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 05, p. 695-702, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Banco de dados agregados SIDRA**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 05 jun. 2015.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Genebra: IPCC, 2013.

LONG P. et al. Food for Thought: Lower-Than-Expected Crop Yield Stimulation with Rising CO₂ Concentrations. **Science**, v. 312, n. 5782, p. 1918-1921, 2006.

McMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 87, p. 291-300, 1997.

PIMENTEL, C. Metabolismo de carbon de plantas cultivadas e o aumento de CO₂ e de O₃ atmosférico: situação e previsões. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 1-12, 2011.

TAO, F.; ZHANG, Z. Impacts of climate change as a function of global mean temperature: maize productivity and water use in China. **Climatic Change**, v.105, p.409-432, 2011.

VERÓN, S. R.; ABELLEYRA, D. de; LOBELL, D. B. Impacts of precipitation and temperature on crop yields in the Pampas. **Climatic Change**, v. 130, p. 235-245, 2015.

SOMA TÉRMICA PARA ATINGIR VÁRIOS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE GRUPOS DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO

Silvio Steinmetz¹, Santiago V. Cuadra², Ivan R. de Almeida³, Anderson B. Schneider⁴, Rafael C. Santos⁵, Shemene J.S.A. Audeh⁶, Silas S. Costa⁷, Lucas F. C da Conceição⁸

¹²³Doutores, Pesquisadores do Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, E-mails: silvio.steinmetz@embrapa.br; santiago.cuadra@embrapa.br; ivan.almeida@embrapa.br; ⁴⁵⁶⁷Estagiários da Embrapa Clima Temperado RS, E-mails: andinho14@hotmail.com; zepascb@hotmail.com; shimene25@hotmail.com; silas.agronomia@hotmail.com; luucascarvalho93@gmail.com

RESUMO: A recomendação da pesquisa é que as práticas de manejo da cultura sejam realizadas de acordo com os estádios de desenvolvimento da planta. O problema é que a ocorrência desses estádios é muito variável por ser dependente da temperatura. Por isso, é preferível estimá-los por meio de soma térmica, ou graus-dia, ao invés do número de dias do calendário. O objetivo deste trabalho foi determinar o número de dias e a soma térmica necessária para atingir seis dos mais importantes estádios de desenvolvimento da planta de quatro grupos, envolvendo 34 cultivares de arroz irrigado. Experimentos de campo foram conduzidos na Estação Experimental Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado, município de Capão do Leão, RS, em número variável de safras para cada cultivar, durante um período de doze safras. Foram utilizadas doze cultivares e seis épocas de semeadura em cada safra. Dez plantas de cada cultivar foram marcadas e tiveram o desenvolvimento acompanhado durante todo o ciclo. Os graus-dia foram calculados através do somatório da diferença entre a temperatura média diária (T_m) e a temperatura base (T_b) de 11°C, da emergência até a data de cada estádio. Os resultados permitem concluir que o número de dias e a soma térmica necessários para atingir os diferentes estádios de desenvolvimento da planta variam de acordo com o comprimento de ciclo das cultivares, sendo menor no grupo Muito Precoce, intermediária nos grupos Precoce e Médio e maior no grupo Tardio.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa* L., graus-dia, fenologia, manejo da cultura.

THERMAL UNITS TO REACH THE SEVERAL PLANT DEVELOPMENT STAGES OF GROUPS OF PADDY RICE CULTIVARS

ABSTRACT: The recommendation from the agricultural research institutions is that the crop management practices should be done according to the plant development stages (PDS). The problem is that the occurrence of these PDS is variable because it is dependent on temperature. So, it is preferable to estimate them using growing degree-days (GDD), rather than the number of days (ND) in the calendar. The aim of this study was to determine the ND and the GDD necessary to reach six of the most important PDS of four groups, involving 34 paddy rice cultivars. Field experiments were carried out at the Lowland Experimental Station (ETB) of Embrapa Temperate Climate Center, located at Capão do Leão, State of Rio Grande do Sul, Brazil. Data were collected during 12 crop seasons, but with a variable number of crop seasons for each cultivar. Twelve cultivars and six seeding dates were used in each crop season. Ten plants of

each cultivar were tagged for growth stage determination during the crop cycle. The GDD was calculated as the sum of the daily values resulting from the difference between the mean air temperature and the base temperature (11°C) from the emergence until each growth stage. The results allow to conclude that the number of days and the growing degree-days necessary to reach the different plant development stages vary with the cycle's length of the cultivars, being smaller in the Very Short cycle group, intermediate in the Short and Medium cycle groups and larger in the Long cycle group.

KEY-WORDS: *Oryza sativa* L., degree-days, phenology, crop management.

INTRODUÇÃO

De acordo com as recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil (SOSBAI, 2016) a época de aplicação de uma determinada prática cultural, como a adubação nitrogenada em cobertura, o manejo da água, o controle de pragas e doenças ou o momento da colheita, deve ser feita no estágio de desenvolvimento da planta mais apropriado.

O problema é que a ocorrência desses estádios, especialmente o de diferenciação da panícula (R1), é muito variável por ser dependente da temperatura (STANSEL, 1975; INFELD; SILVA; ASSIS, 1998). Por isso, é preferível expressar-se o estágio R1 e os demais estádios de desenvolvimento da planta em dias, porém estimados por meio de graus-dia (GD), ou soma térmica, ao invés do número de dias do calendário (STRECK et al., 2006; STEINMETZ et al., 2009a). Em função disso, foi desenvolvido um programa denominado GD Arroz (<http://www.agromet.cpact.embrapa.br>) que permite estimar a data de ocorrência de seis estádios de desenvolvimento da planta visando o manejo da cultura (STEINMETZ et al. 2015). Para subsidiar esse programa é importante determinar-se, em condições de campo, a soma térmica necessária para atingir os principais estádios de desenvolvimento da planta das novas cultivares lançadas no mercado, como o fizeram Steinmetz et al. (2009b).

Em função do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar o número de dias e a soma térmica necessária para atingir seis dos mais importantes estádios de desenvolvimento da planta de quatro grupos de cultivares de arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

Os resultados deste trabalho foram obtidos em experimentos de campo conduzidos na Estação Experimental Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado, município de Capão do Leão, RS, em número variável de safras para diferentes cultivares, durante um período de doze safras (2004/2005 – 2015/2016), em experimentos cuja ênfase era a obtenção de dados fenológicos. Em geral, foram utilizadas doze cultivares e seis épocas de semeadura (de início de setembro a meados de dezembro) em cada safra.

A adubação de base e em cobertura foi feita para uma alta expectativa de resposta à adubação e os demais tratos culturais seguiram as recomendações da SOSBAI (2016).

Neste trabalho foram avaliadas 34 cultivares, sendo 3 de ciclo muito precoce (MP), 13 de ciclo precoce (P), 16 de ciclo médio (M) e 2 de ciclo tardio (T). O número de safras de cada cultivar foi variável no período considerado.

Dez plantas (colmo principal) de cada cultivar foram marcadas e tiveram o desenvolvimento acompanhado durante todo o ciclo, caracterizando-se cada estágio de

acordo com a escala proposta por Counce, Keisling e Mitchell (2000). Foram feitas de duas a três leituras por semana. Datas médias para cada estágio foram obtidas a partir das observações nas 10 plantas.

O estágio R1 (diferenciação da panícula) foi determinado pelo método descrito por Steinmetz et al. (2009a).

Os seis estágios considerados neste trabalho foram: V4: planta com 4 folhas; R1: diferenciação da panícula; R2: formação do colar da folha bandeira (emborrachamento); R4: antese (uma ou mais espiguetas); R8: maturidade de um grão isolado; R9: maturidade completa dos grãos da panícula. Os graus-dia foram calculados através do somatório da diferença entre a temperatura média diária (T_m) e a temperatura base (T_b) de 11°C, da emergência até a data de cada estágio. A soma térmica para cada estágio representa a média das 6 épocas de semeadura, das cultivares de cada grupo, em cada safra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de dias para atingir cada um dos seis estágios indica diferenças acentuadas entre os grupos de cultivares, exceto para o estágio V4 (Tabela 1), decorrência do comprimento do ciclo das cultivares pertencentes a esses grupos. O estágio R1, por exemplo, foi atingido aos 44, 56, 61 e 78 dias após a emergência, respectivamente, para os grupos Muito Precoce, Precoce, Médio e Tardio (Tabela 1). Por ser particularmente influenciado pela temperatura, o estágio R1 pode apresentar valores diferentes, independentemente do grupo ao qual a cultivar pertence, de acordo com a época de semeadura. Semeaduras antecipadas e tardias tendem, respectivamente, a alongar e a encurtar o subperíodo da emergência ao estágio R1 (STEINMETZ et al., 2009a,b).

O estágio R9 também indicou diferenças marcantes entre os grupos, tendo sido atingido aos 96, 112, 121 e 145 dias após a emergência, respectivamente, para os grupos Muito Precoce, Precoce, Médio e Tardio (Tabela 1). Esses valores situam-se dentro das faixas de comprimento de ciclo indicadas nas recomendações técnicas da Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI, 2016).

Comportamento semelhante ocorre quando se considera a soma térmica, ou graus-dia (Tabela 2). Observa-se que as diferenças são mais marcantes entre os grupos Muito Precoce e Tardio do que entre os grupos Precoce e Médio. A provável explicação para a pequena diferença entre os grupos Precoce e Médio esteja no fato de que a maioria (70%) das cultivares do grupo Precoce utilizadas neste estudo tenham sido registradas pelos seus obtentores como tendo o ciclo total (da emergência à maturação) de 120 dias, portanto, no limite superior de duração de ciclo para esse grupo que vai de 106 a 120 dias (SOSBAI, 2016). Por outro lado, no grupo Médio, cerca de 30% das cultivares têm ciclos abaixo de 125 dias, situando-se, portanto, no início do período indicado pela Sosbai (2016), que vai de 121 a 135 dias.

O padrão de soma térmica obtido neste trabalho, para a maioria dos estágios, é semelhante aos obtidos por Watson et al. (2004) e também com os obtidos por um período de quatro safras por Steinmetz et al. (2009b). Por outro lado, os valores de soma térmica deste trabalho situam-se abaixo dos indicados por Streck et al. (2006) para atingir o estágio R9, por exemplo, de algumas cultivares, de diferentes grupos.

Tabela 1. Número médio de dias da emergência a cada um dos seis estágios de desenvolvimento da planta, de quatro grupos de cultivares de arroz irrigado, em diversas safras, durante o período de doze anos agrícolas (2004/2005 – 2015/2016), em Capão do

Leão,RS.

Grupo	V4	R1	R2	R4	R8	R9
Muito Precoce (MP)	20	44	58	72	91	96
Precoce (P)	20	56	74	86	105	112
Médio (M)	21	61	81	94	114	121
Tardio (T)	24	78	103	117	139	145

V4=planta com 4 folhas; R1= diferenciação da panícula; R2= formação do colar da folha bandeira (emborrachamento); R4= antese (uma ou mais espiguetas); R8= maturidade de um grão isolado; R9= maturidade completa dos grãos da panícula.

Tabela 2. Soma térmica (graus-dia) acumulada (°C dia) da emergência a cada um dos seis estádios de desenvolvimento da planta, de quatro grupos de cultivares de arroz irrigado, em diversas safras, durante o período de doze anos agrícolas (2004/2005 – 2015/2016), em Capão do Leão, RS.

Grupo	V4	R1	R2	R4	R8	R9
Muito Precoce (MP)	212	494	707	853	1087	1169
Precoce (P)	210	652	868	1029	1257	1351
Médio (M)	211	736	978	1084	1375	1452
Tardio (T)	248	968	1258	1480	1652	1708

V4=Planta com 4 folhas; R1= Diferenciação da panícula; R2= Formação do colar da folha bandeira (emborrachamento); R4= Antese (uma ou mais espiguetas); R8= Maturidade de um grão isolado; R9= Maturidade completa dos grãos da panícula.

CONCLUSÕES

- O número de dias e a soma térmica necessários para atingir os diferentes estádios de desenvolvimento da planta variam de acordo com o comprimento de ciclo das cultivares, sendo menor no grupo Muito Precoce, intermediária nos grupos Precoce e Médio e maior no grupo Tardio;

- A partir dos valores de soma térmica determinados, é possível adequar-se os parâmetros utilizados no programa GD Arroz e, com isso, melhorar-se a estimativa da data de ocorrência dos principais estádios de desenvolvimento da planta em outras localidades do Estado e, com isso, auxiliar os produtores no planejamento e na tomada de decisão sobre o manejo da cultura.

REFERÊNCIAS

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, n.2, p. 436-443, 2000.

INFELD, J.A.; SILVA, J.B. da; ASSIS, F.N. de. Temperatura-base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.187-191, 1998.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas; 2016. 200p.

STANSEL, J.W. **The rice plant – its development and yield**. In: SIX DECADES OF RICE RESEARCH IN TEXAS. Beaumont: Texas Agricultural Experiment Station, 1975. P.9-21.

STEINMETZ, S. et al. **Determinação dos graus-dia e do número de dias para atingir o estágio de diferenciação da panícula de cultivares de arroz irrigado.** Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2009a. 29p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 88).

STEINMETZ, S. et al. **Determinação dos graus-dia e do número de dias para atingir o estágio de diferenciação da panícula de cultivares de arroz irrigado.** Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2009b. 31p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 89).

STEINMETZ, S. et al. **GD Arroz: programa baseado em graus-dia como suporte ao planejamento e à tomada de decisão no manejo do arroz irrigado.** Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2015. 8p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 162).

STRECK, N.A. et al. Duração do ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função da emissão de folhas no colmo principal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1086-1093, 2006.

WATSON, N.T.; COUNCE, P.A.; SIEBENMORGEN, T.J. Growth stages of 12 rice cultivars (*Oryza sativa L.*) expressed in DD50 thermal heat units. Disponível em: http://www.arkrice.org/research_results/2004_PDFs/529_2.pdf Acesso 15 jul. 2006.

UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM PROPRIEDADES RURAIS NO RIO GRANDE DO SUL

Clênio Renê Kurz Böhmer¹, Carlos Vinicius M. Silva², Rodrigo Motta de Azevedo³,
Douglas Roschildt Hax⁴, Carlos Reisser Júnior⁵

^{1,3,4}Docente, Curso Técnico em Eletrotécnica – IFSul, {cleniob@gmail.com, rodrigomotta1705@hotmail.com, dgshax@gmail.com}; ²Docente, Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Católica de Pelotas, Pelotas, RS, carlos.silva@ucpel.edu.br; ⁵Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Pelotas, RS, carlos.reisser@embrapa.br.

RESUMO: A energia elétrica é um importante fator para o desenvolvimento social e econômico de uma região. Dentre as diferentes formas de produção de energia elétrica, de forma complementar às tradicionais, destaca-se o crescente aumento da geração fotovoltaica (FV). Novas tecnologias permitem a conexão do sistema de geração FV diretamente à rede da concessionária. Desta forma, o consumidor torna-se também um produtor de energia, através da venda da energia excedente. Propriedades rurais, são propícias para a instalação de sistemas fotovoltaicos. Com o objetivo de analisar o funcionamento e a viabilidade técnica, foram instalados, em diferentes locais do Rio Grande do Sul, seis conjuntos de módulos fotovoltaicos com inversores ligados a rede de distribuição de diferentes concessionárias. Quatro sistemas são constituídos por quatro módulos de 250 Wp, totalizando 1 kWp; outros dois sistemas são constituídos por cinco módulos de 250 Wp, totalizando 1,25 kWp. Resultados preliminares demonstraram que o sistema analisado, situado em Pelotas, produziu em média 98,5 kWh por mês. Até o presente momento os sistemas funcionaram de acordo com o esperado, produzindo energia elétrica praticamente constante – mantendo-se próximo ao valor médio, mesmo em meses com baixa irradiação solar.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Renovável, Energia Solar, Produção de Energia.

USAGE OF PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION SYSTEM IN FARMS IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT: Among the different forms of electric power production, as a complementary for the traditional forms of production, there has been an increase in the energy generated through photovoltaic (PV) modules. New technologies permit the direct connection of the photovoltaic generation system to the energy provider network. Thus the consumer also becomes an energy producer, selling the excess. Aiming at analyzing the operation and economical feasibility, six sets of photovoltaic modules were installed in different places in Rio Grande do Sul, with their inverters connected to the electricity grid of the energy provider. Four systems consist of four modules of 250 Wp, in a total of 1 kWp; other two systems consist of five modules of 250 Wp, in a total of 1,25 kWp. Preliminary results showed that the system analyzed produced, in average, 98,5 kWh a month. Until now the systems operated as expected, producing electric power nearly constantly – keeping it close to the average value, even in months with low solar irradiation.

KEY-WORDS: Renewable Energy. Solar Energy. Energy Production.

INTRODUÇÃO

A geração fotovoltaica (FV) apresenta-se como uma solução para a diminuição da dependência das grandes fontes hidrelétricas, mitigando a suscetibilidade aos regimes de chuvas e níveis dos reservatórios. Ademais, em propriedades rurais pode ser empregada como uma fonte extra de receita, além de aproveitar áreas impróprias para criação de animais ou práticas agrícolas.

Assim, a Embrapa Clima Temperado através de acordo de cooperação técnica com o Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSul) e a Universidade Católica de Pelotas (UCPEL), fomentados pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) criou um projeto para análise da viabilidade técnica e econômica do uso de fontes de geração FV em propriedades rurais no Rio Grande do Sul (RS).

Para tanto, foram instalados seis sistemas FV em distintas regiões do RS, observou-se a viabilidade técnica de implantação dos sistemas, permitindo que em alguns momentos as unidades consumidoras passassem a injetar energia na rede das concessionárias e, assim, gerar créditos para compensação tarifária, prevista na Resolução Normativa 482/2012¹. A viabilidade econômica será analisada em momento posterior após a consolidação de uma base de dados mais ampla. Os resultados desse projeto servirão de base para o MDA e Embrapa decidirem sobre a instalação de sistemas similares em outras regiões do Brasil de forma a auxiliar o desenvolvimento de pequenas propriedades. A seguir, apresentam-se os dados técnicos do sistema instalado e a análise de leituras de geração da unidade geradora da cidade de Pelotas/RS.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto iniciou com um seminário onde participaram, além da equipe do projeto, especialistas no tema de geração, técnicos das empresas que comercializam os equipamentos e agricultores familiares. Após a definição dos locais de instalação, foram adquiridos e instalados os equipamentos. Os sistemas geradores são compostos por quatro unidades de 1 kWp e duas unidades de 1,25 kWp. Atualmente, quatro sistemas estão instalados e gerando energia elétrica e os outros dois sistemas, também instalados, estão em fase final de aprovação do projeto junto à concessionária de energia elétrica. Os sistemas são projetados para serem conectados à rede elétrica da concessionária e, desta forma, espera-se a redução do consumo de energia elétrica fornecida pela concessionária em alguns momentos e a venda de energia em outros (geração de créditos de energia).

Apresentam-se os resultados preliminares de um dos sistemas, instalado no município de Pelotas, Rio Grande do Sul, no Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Câmpus Visconde da Graça (IFSUL/CAVG). Neste local estão instalados quatro módulos fotovoltaicos do fabricante Ying, tipo policristalino, cada um com a potência de 250Wp, ligados em série, totalizando a potência de 1 kWp. Os módulos fotovoltaicos estão posicionados em direção ao Norte e inclinados 26 graus em relação ao plano horizontal, a fim de receber o máximo de energia ao longo do ano, conforme estudos realizados por Böhmer (2005).

A energia gerada é injetada na rede elétrica da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE-D), através de um inversor de frequência SMA, Sunny Boy. Para medir a geração do sistema é utilizado um medidor de energia elétrica da empresa ELO Medidores Eletrônicos. Os dados foram parametrizados para serem salvos no intervalo

¹ A Resolução Normativa N. 482 de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), foi atualizada através da Resolução Normativa 687 em 2015.

de 15 minutos, assim nesse intervalo registra-se a média da energia que foi gerada, as quais são armazenadas no sistema e, posteriormente, coletadas e analisadas.

Próximo ao sistema de microgeração foi instalado uma estação meteorológica automática da marca Davis Instruments para avaliar a eficiência do sistema e, conseqüentemente, o rendimento dos módulos – através da leitura da irradiação solar [W.m^{-2}]. Posteriormente, os dados de irradiação solar diários podem ser comparados com a geração de energia elétrica, mostrando a eficiência do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema não apresentou problemas até o momento, gerando energia de forma satisfatória e proporcional à irradiação solar incidente sobre o mesmo. Na Tabela 1, visualizam-se os valores mensais gerados em kWh e a irradiação solar mensal incidente no plano horizontal em kWh.m^{-2} .

Tabela 1. Energia elétrica mensal gerada pelo sistema fotovoltaico em kWh e irradiação solar em kWh.m^{-2} , no plano horizontal, IFSul, Câmpus CAVG, Pelotas, RS.

Mês e ano	Energia gerada (kWh)	Irradiação solar (kWh.m^{-2})
fev/15	107,5	147,2
mar/15	136,0	149,4
abr/15	115,5	123,8
maio/15	85,0	83,8
jun/15	83,2	69,2
jul/15	75,7	61,5
ago/15	86,0	83,0
set/15	70,3	89,2
out/15	106,9	114,1
nov/15	116,0	142,1
dez/15	83,1	165,3
jan/16	136,4	178,6
fev/16	138,7	173,0
mar/16	108,9	123,9
abr/16	68,5	72,3
maio/16	72,1	66,9
julho/16	63,5	66,2
agosto/16	86,0	79,7
setembro/16	85,5	114,9
outubro/16	94,6	135,5
novembro/16	148,1	190,3

Verificou-se que no período de fevereiro de 2015 a novembro de 2016 a média mensal da energia gerada foi de 98,5 kWh, sendo que o mínimo, 63,5 kWh, ocorreu no mês de julho de 2016 e o máximo, 148,1 kWh, ocorreu no mês de novembro de 2016.

Observou-se que o máximo gerado foi coincidente com o mês de máxima irradiação, porém o mínimo gerado não foi coincidente com o mês de mínima irradiação. Estas diferenças ocorrem em função das variações da temperatura do ar e condições de poeira que estão submetidos os módulos fotovoltaicos. O aumento de temperatura dos módulos causa uma queda de tensão e um pequeno aumento na

corrente elétrica (PINHO; GALDINO, 2014), causando uma diminuição na energia gerada, mesmo com o aumento da irradiação solar.

Na Figura 1, observa-se a relação entre a irradiação solar e a energia elétrica gerada. Dentre os meses observados, dezembro de 2015, apresentou dados que divergem dos demais. Poeira e altas temperaturas podem ter causado a baixa geração neste mês. Nos demais meses verificou-se uma melhor correlação entre a irradiação solar e a geração de energia elétrica.

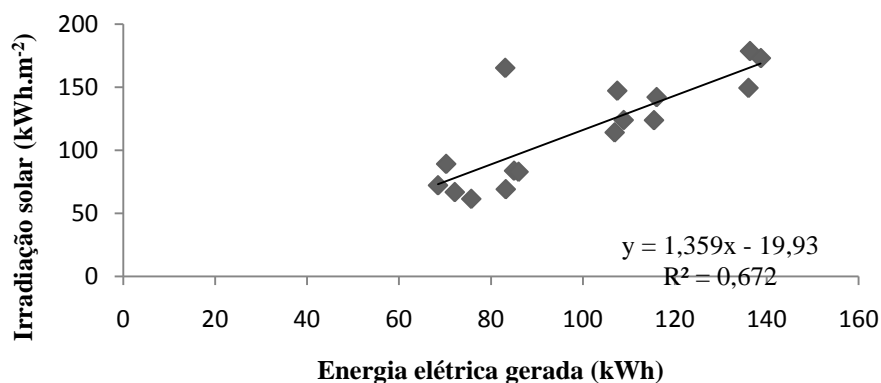


Figura 1. Relação entre a irradiação solar incidente sobre o painel fotovoltaico em kWh.m⁻² e a energia elétrica gerada em kWh, mensal.

CONCLUSÕES

Foi apresentado o projeto para uso de geração fotovoltaica em pequenas propriedades rurais no RS. A geração fotovoltaica testada apresentou funcionamento adequado, sem problemas de manutenção, o que é favorável em meios rurais de difícil acesso.

Não houve gastos com manutenção elétrica ou mecânica do sistema, somente foi necessária a limpeza dos módulos para a remoção do acúmulo de poeira e outros resíduos que diminuam o aproveitamento da irradiação incidente nas placas solares.

A energia gerada propiciou a diminuição na conta de energia elétrica – observada pela geração de créditos junto à concessionária, podendo se tornar uma fonte de renda para o produtor rural, à medida que pode diminuir gastos com a compra de energia elétrica – independentemente da produção principal (agricultura ou pecuária) da propriedade. Salienta-se que a instalação dos sistemas não prejudica as práticas rotineiras dos locais de instalação, além disso, como vantagem, há o aproveitamento de áreas não destinadas as práticas agrícolas ou de pecuária.

O trabalho de análise do sistema segue com a coleta de mais dados, inclusive com a medida de temperatura ambiente, a fim de avaliar o rendimento da conversão de radiação solar em energia elétrica e a posterior análise de viabilidade econômica da implantação dos sistemas fotovoltaicos, supra mencionados.

As conclusões desse trabalho servirão como referenciais para possível replicação de sistemas similares em outras localidades do Brasil, como forma de auxílio aos produtores rurais atendidos pelo MDA e Embrapa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, ao Ministério de Desenvolvimento Agropecuário, ao Instituto Federal Sul-Rio-Grandense e a

Universidade Católica de Pelotas pelo apoio e suporte nas atividades exercidas no projeto “Viabilidade técnica e econômica do uso de energias alternativas em propriedades rurais familiares do Rio Grande do Sul”.

REFERÊNCIAS

BÖHMER, C. R. K. **Otimização da inclinação de módulos fotovoltaicos em função da radiação solar incidente na região de Pelotas, RS**. 2006. 69 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2005.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução Normativa N. 482/2012**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 9 de set.2016.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (Organizadores), **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, edição revisada e atualizada**. Rio de Janeiro-RJ: CRESESB-CEPEL. 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 9 de set.2016.

ESTUDO DA CHUVA USANDO ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ARDUINO NA CIDADE DE MACEIÓ/AL

Marcelo Correia da Silva¹, Rosiberto Salustiano da Silva Junior²

¹Graduando em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, marcellocorreia@outlook.com; ² Professor Doutor, Instituto de Ciências Atmosféricas – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, rosiberto@icat.ufal.br.

RESUMO: O presente trabalho visa abordar a temática equipamentos tradicionais utilizados em estações meteorológicas automáticas, e micro sensores e placa Arduino, para medição de precipitação pluviométrica. As principais questões relacionadas ao assunto seriam quanto a precisão e custo instrumental, ou seja, a EMA do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) com instrumentos mais precisos e mais caros, e micro sensores e placa Arduino, supostamente menos preciso e mais barato. Para esses estudos, foram utilizadas medições na cidade de Maceió/AL, entre os dias 19 e 25 de abril de 2017. Foi possível concluir que as medições realizadas com os micro sensores e placa Arduino representou de forma eficiente a precipitação pluviométrica registrado no período de estudo, nos quesitos intensidade e fase dos registros. Portanto, seria possível a utilização desta tecnologia para fins de pesquisa e análises de microclimas, com base nas análises realizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Arduino, pluviômetro, tecnologia.

RAIN STUDY USING ARDUINO PLUVIOMETRIC STATION IN THE CITY OF MACEIÓ / AL

ABSTRACT: The present work aims to address the traditional equipment used in automatic meteorological stations, and micro sensors and Arduino board, for rainfall measurement. The main issues related to the subject would be the precision and instrumental cost, that is, the EMA of INMET (National Institute of Meteorology) with more accurate and more expensive instruments, and micro sensors and Arduino board, supposedly less precise and cheaper. For these studies, measurements were taken in the city of Maceió / AL, between April 19 and 25, 2017. It was possible to conclude that the measurements performed with the micro-sensors and Arduino plate efficiently represented the rainfall registered in the period of Study, in the intensity and phase of the records. Therefore, it would be possible to use this technology for research and analysis of microclimates, based on the analyzes carried out.

KEY-WORDS: Arduino, rain gauge, technology.

INTRODUÇÃO

Devido ao alto custo de implantação e manutenção de estações meteorológicas para fins de análises e pesquisa científica, os pesquisadores estão recorrendo a tecnologias de menor custo, através disso foram criadas novas plataformas de aquisição e interpretação de dados, aliados a sensores de baixo custo, ficou mais viável para a comunidade acadêmica e para o setor produtivo investir em estações meteorológicas construídas com novas tecnologias (Souza, 2006).

Uma das potencialidades da Tecnologia Arduino é a possibilidade combinar diversos sensores, processando seus sinais ao mesmo tempo, e obter um panorama cada vez mais apurado do ambiente em que se encontra. Trilharemos essa trajetória passo a passo, adicionando cada vez mais sensores.

Este trabalho tem por objetivo apresentar um estudo quantitativo e qualitativo de algumas das mais importantes variáveis meteorológicas coletadas através do uso de uma Estação Pluviométrica utilizando tecnologia Arduino. A relevância deste estudo se dá pela facilidade de desenvolvimento de tal estação e pelo seu baixo custo e disponibilidade da tecnologia.

MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançarmos os resultados almejados neste trabalho, realizamos a coleta de dados para análise da Estação Pluviométrica Arduino e de dados da estação do INMET (referência), depois realizamos uma comparação dos dados.

Para executar a primeira etapa do projeto, foram obtidos dados da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática - EMA, disponível no site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. A Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática – EMA do INMET (ver Figura 1), junto com a Estação Pluviométrica Arduino, está localizada nas seguintes coordenadas: 9,3302° Sul, 35,4613° Oeste e altitude de 84m, na cidade de Maceió/AL, região de litoral. Os Pluviômetros estão à 30m de distância, com as mesmas características de instalação.



Figura 1. Estação INMET. Fonte: Souza, 2006.

O presente estudo foi realizado entre os dias 19 e 25 de abril de 2017. Foi gerado em torno de 150hrs de observação de dados para comparar a eficiência da estação pluviométrica Arduino para a estimativa do índice pluviométrico. Os sensores medem a variável a cada 20 segundos e no final faz o somatório dos clicks das báscula e multiplica pela sua área de coleta.

Como sendo um projeto da estação pluviométrica modular, tem o Pluviômetro de Báscula Digital Arduino, um equipamento que tem a finalidade de se realizar medidas de chuva. Nosso equipamento funciona digitalmente com um sistema de switch(interruptor) oferecendo compatibilidade com Arduino (ver figura 2). O equipamento utilizado nesse experimento contém um sistema de “gangorra”, cada lado da gangorra, que são chamados de básculas, suporta uma certa quantidade de água, quando esta quantidade excede o limite ocorre a queda da báscula gerando um sinal digital que é emitido para o Arduino, sendo isso um método prático de contagem. Com o teste realizado obtivemos o valor de 0,11 mm pra cada batida de báscula. O

Pluviômetro de Bâscula apresenta alta durabilidade, já que é produzido inteiramente em alumínio, resistindo a intempéries climáticas com muita eficiência. Conta ainda com sensor com auto esvaziamento, o qual permite que a água já registrada seja liberada do recipiente.



Figura 2. Modelo Pluviômetro Arduino.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre (ver Figura 3), projetada com um micro controlador Atmel AVR de placa única, com suporte de entrada/saída embutido, sua linguagem de programação é a C (Rosário, 2008).



Figura 3. Arduino UNO R3.

Baseado nos dados e com base na médias das horas durante os dias de estudos, para as estações do INMET e do Arduino, foi realizado o tratamento dos dados. Na memória da placa Arduino está carregada uma função matemática, desenvolvida pela nossa equipe, que tenta compensar a tendência mecânica à sua medição que é inerente aos pluviômetros de balsa. O teste no pluviômetro deste modelo visam acessar a precisão desse sistema de compensação (Souza, 2001). Através da área da balsa e a quantidade de água acrescentada, concluímos uma constante 0,11mm que multiplicada pelo número de clicks da balsa dá o valor da precipitação em intervalos de 15 minutos. Com o somatórios durante uma hora, sabemos o seu nível de precipitação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os custos de aquisição da Estação Pluviométrica Arduino, juntos com as especificações e valores unitário dos componentes que compõe, assim como o custo total, será especificado abaixo (ver Tabela 1).

Tabela 1. Custos dos Equipamentos da Estação Pluviométrica Arduino.

Item 01	Arduino Uno R3	01 unid.	R\$ 29,90
Item 02	Pluviômetro de Bâscula	01 unid.	R\$ 149,90
Item 03	Módulo de Cartão de memória Arduino	01 unid.	R\$ 8,90
Item 04	Cartão de memória SD	01 unid.	R\$ 32,90
Custo Total para Montagem da Estação Pluviométrica Arduino			R\$ 221,60

Baseado em valores de aquisição de uma Estação Automática INMET, onde o Pluviômetro utilizado custa em torno de R\$ 1.200,00 (hum mil e duzentos reais), além de um alto custo de manutenção preventiva.

Em relação as dados obtidos das Estações Pluviométricas, transformados em gráficos, para melhorar no entendimento e facilitar a visualização da variável. Constatamos resultados bem próximos ao esperado. Com base na Figura 4, podemos notar a existência de desvio, causado devido ao ajuste da hora de um instrumento com o outro. Pois no momento do posicionamento da Estação Pluviométrica Arduino junto com a Estação Automática INMET, não foi ajustada a hora iguais, pois não temos acesso físico a estação.

Quando a precipitação é suficientemente alta, o processo de escoamento passa a ser contínuo, sendo formado um fio de água entre o funil intermediário e mecanismo de basculante. A força exercida pelo fio d'água é, a princípio, ligeiramente inferior àquela exercida pelo processo de gotejamento. Foi possível concluir que as medições realizadas com os micro sensores e placa arduino representou de forma eficiente a precipitação pluviométrica registrado no período de estudo, nos quesitos intensidade e fase dos registros (ver Figura 4).

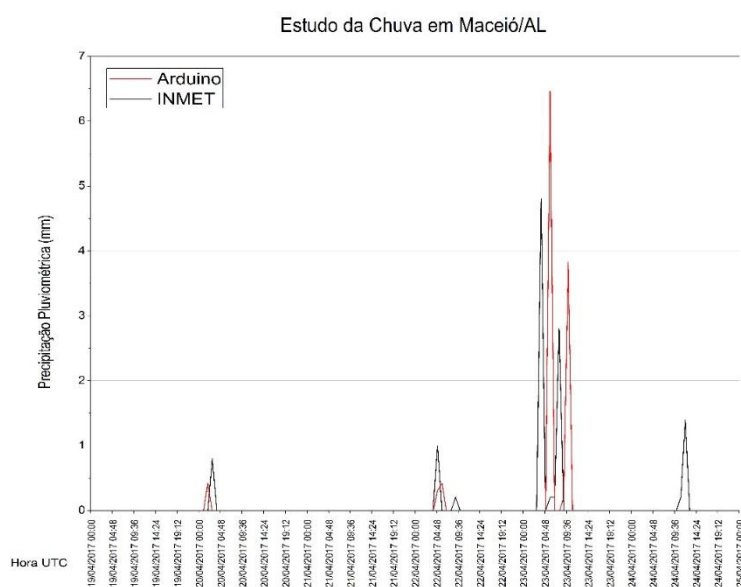


Figura 4. Estudo da chuva em Maceió/AL no período de 19 a 25 de abril de 2017.

CONCLUSÕES

Foram comparadas as medições das variáveis observadas pela Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática – EMA do INMET, e pela Estação Pluviométrica Arduino, onde as medições realizadas representou de forma eficiente a precipitação pluviométrica registrado no período de estudo, nos quesitos intensidade e fase dos registros. Portanto, seria possível a utilização desta tecnologia para fins de pesquisa e análises de microclimas, com base nas análises realizadas. Logo, é possível indicar a estação Pluviométrica Arduino como uma ferramenta a ser utilizada para análises de microclimas e de pesquisas, pois tem um valor baixo de aquisição e manutenção.

REFERÊNCIAS

ROSARIO, J. M. Sensores industriais. In: _____. **Princípios de mecatrônica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. cap. 4. p. 55-92.

SOUZA, R. O. R. M. **Desenvolvimento e avaliação de um sistema de irrigação automatizado para áreas experimentais**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SOUZA, A. C. M. **Como Reduzir os custos do monitoramento de variáveis meteorológicas, utilizando a tecnologia Arduino**. TCC (Graduação em Meteorologia) –Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

A STOCHASTIC METHOD FOR CROP MODELS: INCLUDING UNCERTAINTY IN A SUGARCANE MODEL

Fábio R. MARIN^{1*}, James W. JONES², and Kenneth J. Boote²

¹ University of Sao Paulo (USP), College of Agriculture “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Biosystems Engineering Dept. Piracicaba-SP, Brazil. fabio.marin@usp.br

² Dep. of Agricultural and Biological Engineering, Univ. of Florida, Gainesville, FL 32611-0570
jimjones@ufl.edu; kjboote@ufl.edu

ABSTRACT: Crop models are increasingly being used for different purposes, including evaluation of climate change impacts on crop yields and opportunities for adapting management to future conditions. However, past uses of these models have been criticized in part due to a failure of researchers to quantify uncertainties of crop yield prediction. We have developed a method for considering uncertainty in a crop model using a sugarcane (*Saccharum spp.*) model as a case study. A Bayesian Monte Carlo approach (generalized likelihood uncertainty estimation) was used to estimate model parameters, their uncertainties, and correlations among them using data from five growing seasons at four locations in Brazil where crops received adequate nutrients and good weed control. Some of the model parameters were assumed to be correlated random variables, based on the literature, and varied across their ranges of uncertainty to estimate posterior distributions of parameters. The mean parameter values, parameter ranges, and the parameter covariance-correlation matrix are inputs to this Bayesian approach, which includes a Toeplitz-Cholesky factorization to generate correlated random variable samples and then simulate a distribution of state variables on a daily time step. Correlated random simulation, based on posterior distributions of parameters, was an effective method for including uncertainty in the crop growth and yield estimates. We demonstrated that uncertainty can be reduced with respect to model structure and parameter meaning because the optimization process is heavily dependent on prior knowledge of the parameters. Uncertainty varied with environment even though distributions of parameters remained the same across all environments.

KEY-WORDS: GLUE, uncertainty, Monte Carlo, Bayesian

MÉTODO ESTOCÁSTICO PARA MODELOS AGRÍCOLAS: CONSIDERANDO A INCERTEZA NO MODELO SAMUCA

RESUMO: Modelos agrícolas tem sua importância aumentada nos últimos anos por servir como ferramenta para estudos de impactos de mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola e oportunidades de adaptação aos cenários futuros. Contudo, os principais usos de modelos agrícolas têm sido criticados por não considerar as incertezas dos modelos na estimativa da produtividade agrícola. Este trabalho apresenta um método para levar em conta a incerteza em modelos agrícolas e avaliamos a sua aplicação no modelo SAMUCA, um conjunto de algoritmos para representação da cultura baseado em processos (*Saccharum spp.*). O método se baseia em estatística Bayesiana e no método de Monte Carlo, através da técnica GLUE, para simulação estocástica dos processos biofísicos da cultura, suas incertezas e correlações entre os parâmetros do modelo. Para tanto, utiliza a fatorização de matrizes de Toeplitz-Cholesky para geração de amostras de variáveis aleatórias correlacionadas para simular a distribuição das variáveis de saída do modelo na escala diária. Utilizou-se dados de

cinco experimentos em quatro locais do Brasil conduzidos com a mesma variedade e sem limitações nutricionais ou fitossanitárias. O método indicou que as incertezas estrutural e dos parâmetros do modelo podem ser reduzidas e são dependentes do conhecimento *a priori* do objeto de simulação. A incerteza do modelo variou com o ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: GLUE, incerteza, estatística Bayesiana, Monte Carlo, cana-de-açúcar

INTRODUCTION

Sugarcane is of major social and economic importance in Brazil (MARIN, 2016). It is one of the most important commodities in Brazilian agribusiness, contributing to the energy and food security of the country; sugar, ethanol, and biomass for energy are all produced from sugarcane (GOLDEMBERG, 2007).

Crop modeling has been an important tool for scientists and decision-makers to address several issues regarding the sugar and bioenergy sectors, including climate change (MARIN et al., 2013; SINGELS et al., 2013), management improvement (THORBURN et al., 2005; MARIN et al., 2014), and risk analysis (EVERINGHAM et al., 2002). Worldwide, several models are dedicated to sugarcane crop simulation: AUSCANE (JONES et al., 1988); CANEGRO (INMAN-BAMBER, 1991; SINGELS et al., 2008); QCANE (Liu and Kingston, 1995); APSIM (KEATING et al., 1999; THORBURN et al., 2005); MOSICAS (MARTINÉ, 2003); SAMUCA (MARIN and JONES, 2014); and CASUPRO (Villegas et al., 2005).

Some studies have been conducted using deterministic models with uncertainty sources managed external to the model itself to address this question about crop model uncertainty (HE et al., 2009). More recently, some researchers have suggested the use of an ensemble of crop models as an approach for estimating uncertainty in simulated yields (e.g., ASSENG et al., 2013; ROSENZWEIG et al., 2014; MARTRE et al., 2014; BASSU et al., 2014). Dynamic temporal variability is accounted for by daily weather data input, but modeling applications for large spatial scales should represent the uncertainties that exist across such areas to provide reliable estimates at aggregate scales. To do so, model inputs need to represent the variability that exists across the landscape, and crop and cultivar parameters should accurately represent those of the particular field from which observations were collected for comparisons with the model (JONES et al., 2010).

Our research was motivated by the question of how model simulations would be influenced by using mean parameters and associated uncertainties and correlations. To address this question, we adapted the SAMUCA model (MARIN; JONES, 2014) to consider parameter means and covariances to simulate an ensemble of crop output realizations and subsequently distributions of model outputs.

MATERIAL E METHODS

The model SAMUCA (MARIN & JONES, 2014; MARIN 2014) was calibrated and evaluated using plant cane data from the SP83-2847 cultivar collected from four experiments at different locations in Brazil (LACLAU, 2005; SUGUITANI, 2006; TASSO, 2007; SANTOS, 2008) including a total of five treatments (Table 1). All experiments received adequate N, P, and K fertilization and regular weed control and were established using healthy cuttings with 13 to 15 buds m⁻². Row spacing varied from 1.4 to 1.5 m. In one of the locations there were two treatments (irrigated and

rained), and all the remaining sites were under rainfed conditions. The irrigated treatment received water by sprinkler irrigation, and the irrigation schedule was determined by tensiometer monitoring to maintain the soil layers close to field capacity down to a depth of at least 1 m. A detailed description of the field data was provided by MARIN et al. (2011).

Because the soil water parameters were not measured, the required soil water parameter values were determined using the pedotransfer functions (PTFs) provided by Tomasella et al. (2000) (Table 1). The input data for the PTFs were provided by Suguitani (2006), Laclau (2005), Tasso (2007), and Santos (2008) for the four locations in this study (see Table 1).

Table 1. Overview of experimental data used and soil and climate characteristics of each experiment site.

Exp.	Site	Location	Altitud m asl	Planting date	Harvest date	Cultivar	Crop cycle†	Climate		Treatment s	Class
								‡ MAT °C	§ Rainfall mm		
1	Piracicaba, SP§	22°52' S, 47°30' W	560	29 Oct. 2004	26 Sept. 2005	SP83-2847	PC	21.6	1230	CWa	irrigated (1), rainfed (2)
2	Aparecida do Taboado, MS¶	20°5'19' S, 51°17'59' W	335	1 July 2006	8 Sept. 2007	SP83-2847	R1	23.5	1560	Aw	rainfed (3)
3	Colina, SP#	20°25' S, 48°19' W	590	10 Feb. 2004	15 June 2005	SP83-2847	PC	22.8	1363	Aw	rainfed (4)
4	Olimpia, SP#	20°26' S, 48°32' W	500	10 Feb. 2004	15 June 2005	SP83-2847	PC	23.3	1349	Aw	rainfed (5)

† PC, plant cane crop; R1, ratoon crop, first rank.

‡ MAT, mean annual temperature; Rainfall, total annual rainfall; Class, Koeppen classification.

§ SUGUITANI (2006)

¶ SANTOS (2008)

TASSO (2007).

The generalized likelihood uncertainty estimation (GLUE) (BEVEN;BINLEY,1992; SCHULZ et al., 1999) method was used to select the parameter set with the highest likelihood for reproducing the end-of-season observations; this set of parameters is hereafter called the *best parameter set*. The GLUE method was also used to compute the variance–covariance matrix of model parameters. Parameters names used here are fully described in Marin & Jones (2014) and Marin (2014). To determine which parameters to estimate, a targeted sensitivity analysis was first performed to determine the dependency of simulated variables on the changes in key parameters. A major decision to determine which parameters to estimate was driven by the need to avoid adjusting parameters with values that could be measured directly or were considered well known, such as maximum tiller population (POP_PEAK), stalk population at maturation (POP_MAT), and cumulative heat units to start tiller decrease (CHUDEC). We also decided not to estimate parameters for which we were not able to find maximum and minimum values in the literature, such as the relative efficiency of CO₂ assimilation used to adjust canopy photosynthesis with CO₂ (CCEFF), maximum daily canopy photosynthesis relative to photosynthesis at a CO₂ concentration of 330 ppm (CCMAX), and the canopy CO₂ compensation point (CCMP). We initially included uncertainties in only crop parameters as a prototype to demonstrate the method.

The GLUE method is a Bayesian method that assumes that, in large models with many parameters, there is no exact inverse solution. Hence, estimation of a unique set of

parameters, which optimizes a goodness-of-fit criterion given the observations, is not possible (ROMANOWICZ; BEVEN, 2006). The main principle of this method is to discretize the parameter space by generating a large number of values for parameter sets $[\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_P]$ from the prior distribution (JONES et al., 2010), such as:

$$\pi(\theta) = U(\theta_i, \theta_{min}, \theta_{max}) \quad (1)$$

where there are P parameters (13 in this case) and $U(\theta_i, \theta_{min}, \theta_{max})$ is a uniform distribution from some minimum to some maximum value for parameter θ_i .

We generated 6000 random sets of the 13 selected parameters, assuming uniform distributions from the predefined range of variation for each model parameter. The 6000 samples number was selected to reconcile a low runtime with enough variability to cover the whole parameter range. Based on comparing predicted and observed end-of-season values of leaf area index (LAI), tillering number (NSTK), sucrose mass (WSUC), and stalk dry mass (WSDM), each set of factor values was assigned a likelihood of being a simulator of the system. This dimensionless likelihood value (L_i) can be also understood as a weighting factor for each parameter vector in the sample, assuming a normal distribution:

$$L_i = \prod_{j=1}^N \exp\left\{-\frac{[y_j - f(\theta_i)]^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (2)$$

where i refers to the sample of parameters ($i = 1, \dots, 6000$) and j to the measurements (there are N measured values); σ^2 is the residual variance of the model and here assumed as the average of variances of measured stalk mass at harvest for each location and season; y_j are the field observations; and $f(\theta_i)$ is the model realization based on the set of parameters θ_i .

The decision for choosing a normal distribution for the likelihood function was based on the studies of He et al. (2009, 2010), studying the best posterior distribution for maize (*Zea mays* L.) and sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.]. Using field data and the Decision Support System to Agrotechnology Transfer (DSSAT) genetic database coefficients, they found that normal distributions were the most representative for both data sources. For sugarcane, although further studies are needed to confirm this option, we considered that use of the normal distribution was appropriate based on these previous results. After that, we normalized the weights such that the sum of all the likelihood values equaled 1, which provides a distribution function for the factor sets:

$$\tilde{L}_i = \frac{L_i}{\sum_{i=1}^{6000} L_i} \quad (3)$$

where \tilde{L}_i is the normalized likelihood for each parameter set. Likelihood values are then calculated for each parameter set using field observations (HE et al., 2009). An interesting feature of this approach is that the covariance structure among parameters is implicitly reflected in the likelihood measure associated with the parameter sets, so no hypothesis about the correlation structure is necessary in defining the a priori distributions of the model factors (HE et al., 2009). A covariance structure can be obtained a posteriori when each parameter's combination is weighted via the likelihood measures (RATTO et al., 2001).

In this approach, the GLUE method was used to provide two key components for the simulation process: the variance–covariance matrix and the best values of each

parameter. The variance–covariance matrix produced through the GLUE approach was used together with an extension of the Toeplitz–Cholesky factorization to generate multiple sets of correlated random variables for 13 of the 27 model parameters. Based on this variance–covariance matrix, we again sampled 6000 times for each simulation, but now we assumed the parameters were sampled from a multiparameter normal distribution including correlations among parameters, assuming the best set of parameter values as the mean for the normal distribution, and standard deviations as the square root of the residual variances based on the GLUE procedure described above. Each of the realizations then used the deterministic inputs of weather and soil to predict its own state variables as each growing season progressed for the experiments described above. The correlation coefficient for each parameter was then calculated assuming 6000 as the number of samples. In this study, even parameters not statistically significant at the 5% level were used in generating correlated random variables because the nonsignificant correlation values were close to zero and would not affect the stochastic simulations.

Following Baigorria; Jones (2010), the generation of correlated random numbers was made by transforming a vector \mathbf{R} with randomly generated elements r_i into a vector \mathbf{R}^ψ with pairwise correlation $\rho_{i,j}$. Each new element of \mathbf{R}^ψ is computed using a weighted linear combination of R elements:

$$\begin{cases} r_1^\psi = r_1 \cdot C_{1,1} + \dots + r_n \cdot C_{1,n} \\ \vdots \\ r_n^\psi = r_1 \cdot C_{n,1} + \dots + r_n \cdot C_{n,n} \end{cases} \quad (4)$$

The \mathbf{R} matrix is multiplied by a square matrix containing the weighting values C_{ij} , which are calculated based on the pairwise correlation values that form the correlation matrix \mathbf{P} (BAIGORRIA; JONES, 2010). As mentioned, the factorization matrix used here was the Toeplitz–Cholesky factorization matrix \mathbf{C} :

$$\mathbf{C} = \mathbf{U} \text{diag}(\mathbf{U}^2)^{-1} \quad (5)$$

where \mathbf{U} is an upper triangular matrix with positive diagonal entries generated from a special case of the symmetric \mathbf{LU} decomposition of the correlation matrix, with $\mathbf{L} = \mathbf{U}^T$.

RESULTS AND DISCUSSION

Following Marin and Jones (2014), parameter values for SAMUCA were estimated using GLUE through a cross-validation technique. This calibration was performed again in the present work because Marin and Jones (2014) did not calculate the variance–covariance correlation matrices. Because these results were obtained with the same data and technique, the differences between these results and those of Marin and Jones (2014) are minor, caused by the randomness of the Monte Carlo approach and different initial values. For a detailed discussion of the concepts and interpretation of parameter values, see Marin and Jones (2014).

Marin and Jones (2014) discussed the meaning of the parameters and the coherence of the values found by GLUE in comparison with the literature. In general, the values found in this study are acceptable considering the expert ranges proposed for other sugarcane models (THORBURN et al., 2005; SINGELS et al., 2008; ROYCE, 2010) as well as the gathered information from field studies for Brazilian cultivars (SUGUITANI, 2006; LACLAU and LACLAU, 2009; MARIN et al., 2011, 2015;

NASSIF et al., 2012) or for other genotypes around the world (VAN DILLEWIJN, 1952; BEZUIDENHOUT et al., 2003; SMITH et al., 2005; O'CALLAGHAN et al., 1994; INMAN-BAMBER, 1994).

The standard deviation of correlation values based on the different matrices derived from the cross-validation runs revealed that uncertainty was variable among experimental sites and might be related to the environment. Correlation coefficients from a variance–covariance matrix allow evaluation of the (linearized) pairwise interaction structure, which is usually not observable from the total sensitivity indices. Significant highly negative correlations were found for PHTMAX and PARMAX values for most of the analyzed parameters because both parameters are related to the biomass accumulation through the photosynthesis module and so define the amount of carbohydrate produced by the plant. The PARMAX parameter represents the photosynthetically active radiation (PAR) level at which the photosynthesis rate reaches 63% of the maximum value, which means that lower PARMAX values imply a faster photosynthesis response to light. The negative correlation of PHTMAX with LFMAX, TBASE, CHUDEC, and CHUEM is because the higher the maximum amount of carbohydrate the plant can produce, the lower those (LFMAX, TBASE, CHUDEC, and CHUEM) parameters need to be to keep the simulation fitting the observed data.

The SUCMAX parameter showed a lower correlation with PHTMAX and PARMAX but high negative correlation values with MINRGPF and TBASE. MINRGPF regulates the amount of biomass driven to the root at the middle and late cycle at the same time that sucrose would be produced and stored by the plant in the model. Consequently, a negative correlation was found to preserve the model carbon balance because increasing one of these parameters implies a decrease in the other. The TBASE parameter controls all the phenology and leaf development and therefore the ability to produce excessive carbohydrate to be stored as sucrose. Thus, the smaller the TBASE, the greater the amount of carbohydrate driven to vegetative growth (mainly leaves). In this case, less energy would be available for sucrose production and storage.

The daily mean of stochastic simulations well represented the main crop variables simulated, with similar results reported by Marin and Jones (2014) using a deterministic version of the SAMUCA model calibrated using GLUE. For tillering, the RMSEP was 2.37 tillers m⁻² and ME = 0.03. The LAI was measured in only two experiments, and the algorithm used resulted in reasonable simulated values for green LAI (RMSEP = 1.02, ME = 0.58).

The algorithm for POL showed good predictive skills relative to the other variables, with a modeling efficiency for sucrose concentration of 0.39. Results presented by Singels et al. (2008) for experiments in South Africa showed a similar shape as observed here, overestimating the sucrose concentration mainly in the early phase of the cycle. Part of these sucrose results might be attributed to the sucrose measurements being performed only during the late season, which reduced the range of variation in the values analyzed (MARIN et al., 2011).

The RMSEP of 4.35 t ha⁻¹ for stalk dry mass (WSDM, Fig. 1) was lower than either of the values obtained by Singels and Bezuidenhout (2002), O'Leary (2000), or Marin et al. (2011), using versions of CANEGRO simulations for different locations around the world or values provided by Cheeroo-Nayamuth et al. (2000) using the APSIM-Sugar model to simulate sugarcane growth in Mauritius (RMSEP = 6.0 t ha⁻¹). Simulated WSDM compared well with the observed data, with the best agreement measures for the tested variables. Modeling efficiency reached 0.89, and the d index was 0.98. It is interesting to highlight that although GLUE does not handle in-season time series data in the optimization process (i.e., it used only end-of-season data

collected at harvest), good quality predictions of time series observations were obtained using this approach.

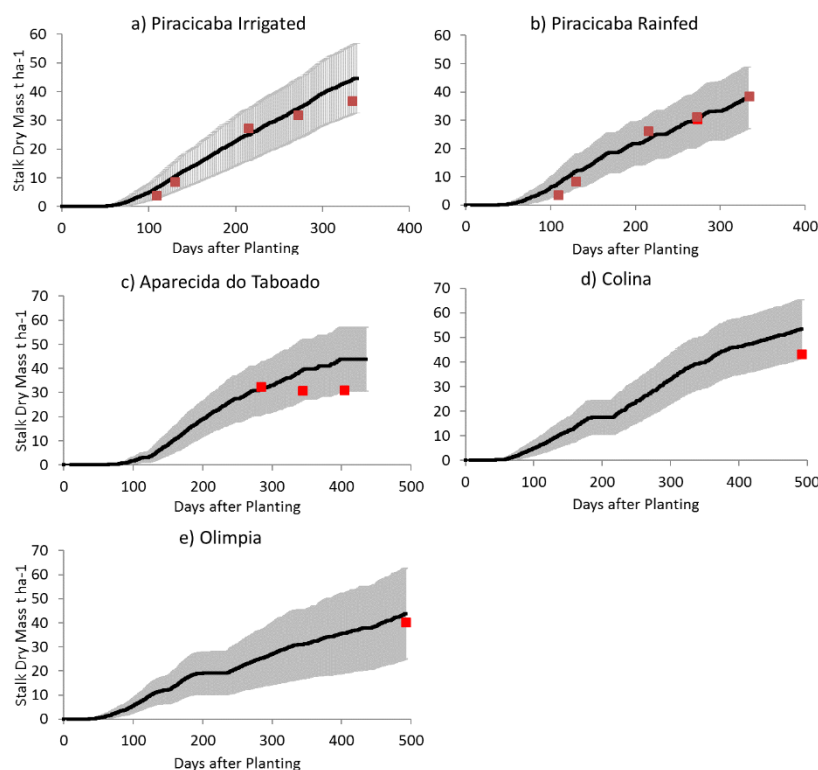


Fig. 1. Time variation of observed and simulated stalk dry mass for five experiments of cultivar SP83-2847 at four locations. The black line is the daily average of 6000 stochastic simulated samples, the gray area refers to the variation of one standard deviation around the daily mean value, and red squares are the observed data.

Uncertainties in the crop parameters resulted in variations in both WSDM and POL, and the site environmental conditions had considerable effect on this variation, although the full range of box and whisker is larger than the observed differences among sites (Fig 2). The range of the 25 to 75 percentiles caused by stochastic parameter sampling is larger than the variation among sites, except for the sucrose concentration at Piracicaba (irrigated and rainfed), which might lead one to conclude that the uncertainty caused by crop parameters is larger than that caused by the site environment for this study. Note also that Aparecida do Taboado (Site 2) was the only location using a ratoon crop (all others were plant cane). However, the uncertainty seems to be more related to the environment because the effect of input uncertainties on the output range for estimating WSDM was in general higher for Olímpia, followed by Aparecida do Taboado and Colina, places with higher mean air temperatures than Piracicaba, where we found the lower output range. Among these places, Piracicaba has the coldest climate, and irrigation is not usually required because of the well-distributed rainfall. For this site, shows that irrigation reduced the uncertainty for both WSDM and POL, pointing out the soil water balance as an extra uncertainty source in such simulations. Because POL is computed as a concentration based on WSDM, there was an inverse trend in the uncertainty range, being higher for Piracicaba. In general, for the boundary conditions analyzed in this study, the variability in WSDM was generally higher than the variability obtained for sucrose concentration.

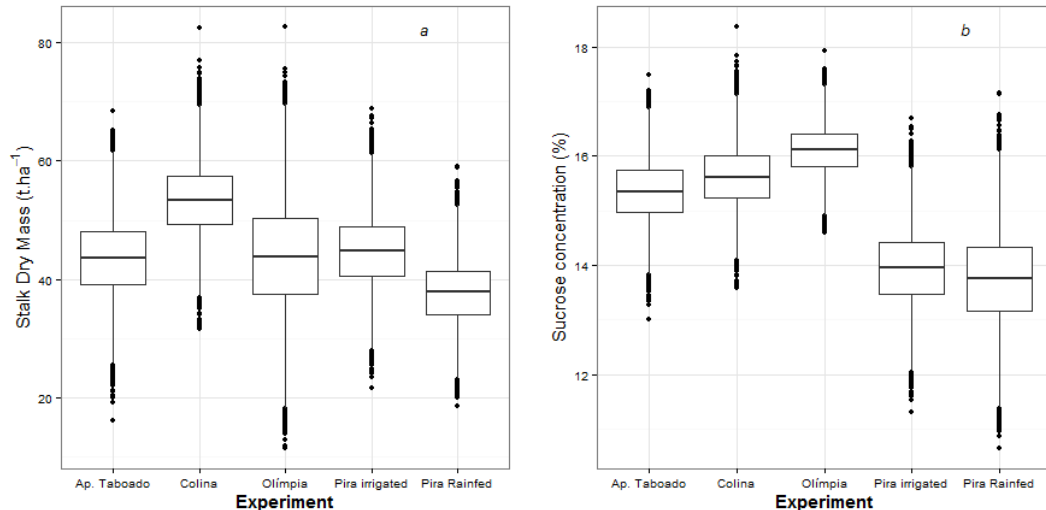


Fig. 2. Uncertainty in simulated end-of-season values of (a) stalk dry mass and (b) sucrose concentration for five experiments at Aparecida do Taboado, Colina, Olimpia, and Piracicaba in Brazil for 6000 posterior samples of crop parameter inputs. Box boundaries indicate the 25th and 75th percentiles, the line within the box marks the median, vertical lines show the minimum and maximum values, and black dots show the outliers.

Even though we did not analyze soil and weather inputs, it seems clear that both would also be a source of uncertainty. The magnitude of the bias varies with the production environment and the simulated output. In our case, relative uncertainties in output decreased as the production system changed from a near potential production level to a level at which crop growth was constrained by the limited availability of water. We may also infer that examining the stochastic simulation for sugarcane fields using the model would be interesting for representing the spatial variability that exists across the landscape, crop, and cultivar parameters. On the other hand, deterministic simulations of sucrose concentration using deterministic models may be acceptable, considering the small variability in the simulated results produced by the stochastic approach.

CONCLUSIONS

Based on the results, we found that (i) the stochastic parameter estimation process requires a lot of knowledge about the parameters' meanings and uncertainties in their values, (ii) the correlated random simulation provides a useful way to include uncertainty in crop growth and yield simulations, taking into account the relationships among crop parameters, (iii) simulated end-of-season stalk biomass, sucrose, and tiller number means and standard deviations were reliable predictors of the corresponding observed means and standard deviations, and (iv) the uncertainty in simulated model outputs varied with environment across the four locations in this study.

ACKNOWLEDGMENTS

To Dr. Daniel Wallach, from INRA, for suggestions and insights during the manuscript preparation. Funding sources include the Brazilian Research Council

(CNPq, Grants 403946/2013-1 and 301424/2015) and the Research Foundation of the State of São Paulo (FAPESP, Grants 2014/12406-4 and 2014/50023-0).

REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, P.K. 1995. **Uncertainties in crop, soil and weather inputs used in growth models: Implications for simulated outputs and their applications.** *Agric. Syst.* 48:361–384. doi:10.1016/0308-521X(94)00018-M
- ASSENG, S., F. Ewert, C.F. ROSENZWEIG, J.W. JONES, J.L. Hatfield, A.C. Ruane, et al. 2013. **Uncertainty in simulating wheat yields under climate change.** *Nat. Clim. Change* 3:827–832. doi:10.1038/nclimate1916
- BACCHI, O.O., AND J. SOUSA. 1977. **Minimum threshold temperature for sugarcane growth.** *Proc. Int. Soc. Sugar-Cane Technol.* 16:1733–1742.
- BAIGORRIA, G.A., AND J.W. JONES. 2010. **GiST: A stochastic model for generating spatially and temporally correlated daily rainfall data.** *J. Clim.* 23:5990–6008. doi:10.1175/2010JCLI3537.1
- BALL-COELHO, B., E.V.S.B. SAMPAIO, H. THESSSEN, AND J.W.B. STEWART. 1992. **Root dynamics in plant and ratoon crops of sugarcane.** *Plant Soil* 142:297–305. doi:10.1007/BF00010975
- BARNES, A.C. 1964. **The sugarcane.** L. Hill, London.
- BASSU, S., N. Brisson, J.-L. Durand, K. Boote, J. Lizaso, J.W. JONES, et al. 2014. **How do various maize crop models vary in their responses to climate change factors?** *Global Change Biol.* 20:2301–2320. doi:10.1111/gcb.12520
- BEVEN, K., and A. BINLEY. 1992. **The future of distributed models: Model calibration and uncertainty prediction.** *Hydrol. Processes* 6:279–298. doi:10.1002/hyp.3360060305
- BEZUIDENHOUT, C.N., G.J. O’LEARY, A. SINGELS, AND V.B. BAJIC. 2003. **A process-based model to simulate changes in tiller density and light interception of sugarcane crops.** *Agric. Syst.* 76:589–599. doi:10.1016/S0308-521X(02)00076-8
- BOOTE, K.J., J.W. JONES, AND G. HOOGENBOOM. 1998. **Simulation of crop growth: CROPGRO model.** In: R.M. Peart and R.B. Curry, editors, *Agricultural systems modeling and simulation.* Marcel Dekker, New York. p. 651–692.
- BOUMAN, B.A. 1994. **A framework to deal with uncertainty in soil and management parameters in crop yield simulation: A case study for rice.** *Agric. Syst.* 46:1–17. doi:10.1016/0308-521X(94)90166-D
- BUCKINGHAM, E. 1907. **Studies on the movement of soil moisture.** *Bur. Soils Bull.* 38. US Gov. Print. Office, Washington, DC.
- CHEEROO-NAYAMUTH, F.C., M.J. ROBERTSON, M.K. WEGENER, AND A.R.H. NAYAMUTH. 2000. **Using a simulation model to assess potential and attainable sugar cane yield in Mauritius.** *Field Crops Res.* 66:225–243. doi:10.1016/S0378-4290(00)00069-1
- CHOPART, J.L., S.R. RODRIGUES, M.C.B. AZEVEDO, AND M.C. CONTI. 2008. **Estimating sugarcane root length density through root mapping and orientation modelling.** *Plant Soil* 313:101–112. doi:10.1007/s11104-008-9683-4
- DARCY, H. 1856. *Les fontaines publiques de la ville de Dijon.* Victor Dalmont, Paris.
- EMBRAPA. 1999. **Brazilian soil classification system.** (In Portuguese with English abstract). EMBRAPA, Rio de Janeiro.
- EVERINGHAM, Y.L., R.C. MUCHOW, R.C. STONE, N.G. INMAN-BAMBER, A. SINGELS, AND C.N. BEZUIDENHOUT. 2002. **Enhanced risk management and**

decision-making capability across the sugarcane industry value chain based on seasonal climate forecasts. *Agric. Syst.* 74:459–477. doi:10.1016/S0308-521X(02)00050-1

GOLDEMBERG, J. 2007. **Ethanol for a sustainable energy future.** *Science* 315:808–810. doi:10.1126/science.1137013

HE, J., M.D. DUKES, J.W. JONES, W.D. GRAHAM, AND J. JUDGE. 2009. **Applying GLUE for Estimating CERES-Maize genetic and soil parameters for sweet corn production.** *Trans. ASABE* 52:1907–1921. doi:10.13031/2013.29218

HE, J., J.W. JONES, W.D. GRAHAM, AND M.D. DUKES. 2010. **Influence of likelihood function choice for estimating crop model parameters using the generalized likelihood uncertainty estimation method.** *Agric. Syst.* 103:256–264. doi:10.1016/j.agsy.2010.01.006

INMAN-BAMBER, N.G. 1991. **A growth model for sugarcane based on a simple carbon balance and the CERES-Maize water balance.** *S. Afr. J. Plant Soil* 8:93–99.

INMAN-BAMBER, N.G. 1994. **Temperature and seasonal effects on canopy development and light interception of sugarcane.** *Field Crops Res.* 36:41–51. doi:10.1016/0378-4290(94)90051-5

INMAN-BAMBER, N.G. 1995. **Automatic plant extension measurement in sugarcane in relation to temperature and soil moisture.** *Field Crops Res.* 42:135–142. doi:10.1016/0378-4290(95)00021-H

JONES, C.A., W.L. BLAND, J.T. RITCHIE, AND J.R. WILLIAMS. 1991. **Simulation of root growth.** In: R.J. HANKS AND J.T. RITCHIE, editors, *Modeling plant and soil systems.* *Agron. Monogr.* 31. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p. 91–123. doi:10.2134/agronmonogr31.c6

JONES, C.A., M.K. WEGENER, J.S. RUSSELL, I.M. MCLEOD, AND J.R. WILLIAMS. 1988. **AUSCANE, simulation of Australian sugarcane with EPIC.** CSIRO, Brisbane, Australia.

JONES, J.W., J. HE, K.J. BOOTE, P. WILKENS, C.H. PORTER, AND Z. HU. 2010. **Estimating DSSAT cropping system cultivar-specific parameters using Bayesian techniques.** In: L.R. AHUJA AND L. MA, editors, *Methods of introducing system models into agricultural research.* *Adv. Agric. Syst. Model.* 2. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p. 365–394. doi:10.2134/advagriscystmodel2.c13

KEATING, B.A., M.J. ROBERTSON, R.C. MUCHOW, AND N.I. HUTH. 1999. **Modelling sugarcane production systems: I. Development and performance of the sugarcane module.** *Field Crops Res.* 61:253–271. doi:10.1016/S0378-4290(98)00167-1

LACLAU, P.R.F.B. 2005. **Water balance and sugarcane root growth under different water availability and compared to MOSICAS model.** (In Portuguese, with English abstract.) M.S. thesis. Escola Superior de Agric. Luiz de Queiroz, Univ. de São Paulo, Piracicaba, SP, Brazil.

LACLAU, P.B., and J.-P. LACLAU. 2009. **Growth of the whole root system for a plant crop of sugarcane under rainfed and irrigated environments in Brazil.** *Field Crops Res.* 114:351–360. doi:10.1016/j.fcr.2009.09.004

LIU, D.L., AND T.A. BULL. 2001. **Simulation of biomass and sugar accumulation in sugarcane using a process-based model.** *Ecol. Modell.* 144:181–211. doi:10.1016/S0304-3800(01)00372-6

LIU, D.L., AND G. KINGSTON. 1995. **QCANE: A simulation model of sugarcane growth and sugar accumulation.** In: M.J. Robertson, editor, *Research and modeling approaches to assess sugarcane production opportunities and constraints: Workshop*

- proceedings. 10–11 Nov. 1994. Univ. of Queensland, St. Lucia, Brisbane, Australia. p. 25–29.
- LIU, D.L., G. KINGSTON, AND T.A. BULL. 1998. **A new technique for determining the thermal parameters of phenological development in sugarcane, including suboptimum and supra-optimum temperature regimes.** *Agric. For. Meteorol.* 90:119–139. doi:10.1016/S0168-1923(97)00087-7
- MAKOWSKI, D., D. WALLACH, AND M. TREMBLAY. 2002. **Using a Bayesian approach to parameter estimation: Comparison of the GLUE and MCMC methods.** *Agronomie* 22:191–203. doi:10.1051/agro:2002007
- MARIN, F.R. 2016. **Understanding sugarcane production, biofuels, and market volatility in Brazil: A research perspective.** *Outlook Agric.* 45:75–77. doi:10.1177/0030727016649802
- MARIN, F.R., J.W. JONES. 2014. **Process-based simple model for simulating sugarcane growth and production.** *Sci. Agric.* 71:1–16. doi:10.1590/S0103-90162014000100001
- MARIN, F., J. JONES, F. ROYCE, C. SUGUITANI, J. Donzelli, and D.S.P. Nassif. 2011. **Parameterization and evaluation of predictions of DSSAT/CANEGRO for Brazilian sugarcane.** *Agron. J.* 103:304–311. doi:10.2134/agronj2010.0302
- MARIN, F.R., J.W. JONES, A. SINGELS, F. ROYCE, E.D. ASSAD, G.Q. PELLEGRINO, AND F. JUSTINO. 2013. **Climate change impacts on sugarcane attainable yield in southern Brazil.** *Clim. Change* 117:227–239. doi:10.1007/s10584-012-0561-y
- MARIN, F.R., P.J. THORBURN, L.G. DA COSTA, AND R. OTTO. 2014. **Simulating long-term effects of trash management on sugarcane yield for Brazilian cropping systems.** *Sugar Tech* 16:164–173. doi:10.1007/s12355-013-0265-2
- MARIN, F.R., P.J. THORBURN, D.S.P. NASSIF, AND L.G. COSTA. 2015. **Sugarcane model intercomparison: Structural differences and uncertainties under current and potential future climates.** *Environ. Model. Softw.* 72:372–386. doi:10.1016/j.envsoft.2015.02.019
- MARTINÉ, J.F. 2003. **Modélisation de la production potentielle de la canne à sucre en zone tropicale, sous conditions thermiques et hydriques contrastées: Applications du modèle.** Ph.D. diss. Inst. Natl. Agron. Paris-Grignon, Paris.
- MARTRE, P., D. WALLACH, S. ASSENG, F. EWERT, J.W. JONES, R.P. RÖTTER, . 2014. **Multimodel ensembles of wheat growth: Many models are better than one.** *Global Change Biol.* 21:911–925. doi:10.1111/gcb.12768
- MONTANARI, A. 2005. **Large sample behaviours of the generalized likelihood uncertainty estimation (GLUE) in assessing the uncertainty of rainfall–runoff simulations.** *Water Resour. Res.* 41:W08406. doi:10.1029/2004WR003826
- MORGAN, M.G., M. HENRION, AND M. SMALL. 1992. **Uncertainty: A guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis.** Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- NASSIF, D.S., F.R. MARIN, R.H. SAKAI, A.C. VITTI, AND R. ROSSETTO. 2012. **Parameterization and evaluation of the DSSAT/Canegro model for Brazilian sugarcane cultivars.** (In Portuguese, with English abstract.) *Pesqui. Agropecu. Bras.* 47:311–318 doi:10.1590/S0100-204X2012000300001
- O'CALLAGHAN, J.R., A.H.M.S. HOSSAIN, M.H. DAHAB, AND G.C.L. WYSEURE. 1994. **SODCOM: A solar driven computational model of crop growth.** *Comput. Electron. Agric.* 11:293–308. doi:10.1016/0168-1699(94)90021-3

- O'LEARY, G.J. 2000. **A review of three sugarcane simulation models with respect to their prediction of sucrose yield.** *Field Crops Res.* 68:97–111. doi:10.1016/S0378-4290(00)00112-X
- RATTO, M., S. TARANTOLA, AND A.S. SALTELLI. 2001. **Sensitivity analysis in model calibration: GSA-GLUE approach.** *Comput. Phys. Commun.* 136:212–224. doi:10.1016/S0010-4655(01)00159-X
- RITCHIE, J.T. 1998. **Soil water balance and plant water stress.** In: *Understanding options for agricultural production. Systems Approaches for Sustainable Agricultural Development 7.* Kluwer Academic, Dordrecht, the Netherlands. p. 41–53. doi:10.1007/978-94-017-3624-4_3
- ROBERTSON, M.J., A.W. WOOD, AND R.C. MUCHOW. 1996. **Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Australia: I. Radiation use, biomass accumulation and partitioning.** *Field Crops Res.* 48:11–25. doi:10.1016/0378-4290(96)00041-X
- ROMANOWICZ, R.J., AND K.J. BEVEN. 2006. **Comments on generalised likelihood uncertainty estimation.** *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 91:1315–1321. doi:10.1016/j.ress.2005.11.030
- ROSENZWEIG, C., J. ELLIOTT, D. DERYNG, A.C. RUANE, A. ARNETH, K.J. BOOTE, et al. 2014. **Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison.** *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111:3268–3273. doi:10.1073/pnas.1222463110
- ROYCE, F. 2010. **Sugarcane genotype coefficients for CASUPRO Model: DSSAT v 4.5.** Univ. of Florida, Gainesville.
- SAKAI, R.H., F.R. MARIN, D.S.P. NASSIF, A.C. VITTI, AND R. ROSSETTO. 2009. **Arquitetura foliar e coeficiente de extinção de radiação solar para duas variedades de cana-de-açúcar.** In: *16th Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, SBAGRO, Belo Horizonte, MG, Brazil [CD-ROM].* 22–25 Sept. 2009. Univ. Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.
- SANTOS, A.C.A.S. 2008. **Assessment of genotypes of sugarcane for climate conditions of Aparecida do Taboado-MS.** (In Portuguese, with English abstract.) M.S. thesis. Unesp. Sao Paulo State Univ. “Julio de Mesquita Filho,” Ilha Solteira, SP, Brazil.
- SCHULZ, K., K. BEVEN, AND B. HUWE. 1999. **Equifinality and the problem of robust calibration in nitrogen budget simulations.** *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:1934–1941. doi:10.2136/sssaj1999.6361934x
- SINGELS, A., AND C.N. BEZUIDENHOUT. 2002. **A new method of simulating dry matter partitioning in the Canegro sugarcane model.** *Field Crops Res.* 78:151–164. doi:10.1016/S0378-4290(02)00118-1
- SINGELS, A., M. JONES, F.R. MARIN, A. RUANE, AND P.J. THORBURN. 2013. **Predicting climate change impacts on sugarcane production at sites in Australia, Brazil and South Africa using the Canegro model.** *Sugar Tech* 16:347–355. doi:10.1007/s12355-013-0274-1
- SINGELS, A., M. JONES, AND M.M. VAN DEN BERG. 2008. **DSSAT v4. 5–Canegro sugarcane plant module.** S. Afr. Sugarcane Res. Inst., Mount Edgecombe, South Africa.
- SMITH, D.M., N.G. INMAN-BAMBER, AND P.J. THORBURN. 2005. **Growth and function of the sugarcane root system.** *Field Crops Res.* 92:169–183. doi:10.1016/j.fcr.2005.01.017

- SUGUITANI, C. 2006. **Understanding sugarcane growth and yield: Evaluation of MOSICAS model.** (In Portuguese, with English abstract.) Ph.D. diss. College of Agriculture “Luiz de Queiroz,” Univ. of Sao Paulo, Piracicaba, Brazil.
- TASSO, L.C., Jr. 2007. **Agrotechnology characterization of sugarcane cultivars (Saccharum spp.) in central-north region of State of Sao Paulo.** (In Portuguese, with English abstract.) Ph.D. diss. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Univ. Estadual Paulista, Jaboticabal, Brazil.
- THORBURN, P.J., E.A. MEIER, AND M.E. PROBERT. 2005. **Modelling nitrogen dynamics in sugarcane systems: Recent advances and applications.** Field Crops Res. 92:337–351. doi:10.1016/j.fcr.2005.01.016
- TOMASELLA, J., M.G. HODNETT, AND L. ROSSATO. 2000. **Pedotransfer functions for the estimation of soil water retention in Brazilian soils.** Soil Sci. Soc. Am. J. 64:327–338. doi:10.2136/sssaj2000.641327x
- VAN DILLEWIJN, C. 1952. Botany of sugarcane. Chronica Botanica Co., Waltham, MA.
- VILLEGAS, F.D., O.H. DAZA, J.W. JONES, AND F.S. ROYCE. 2005. **CASUPRO: An industry-driven sugarcane model.** Paper presented at the ASAE Annual Meeting, Nashville, TN. 13–16 Aug. 2005. Am. Soc. Agric. Biol. Eng., St. Joseph, MI. Paper no. 053025. doi:10.13031/2013.19062
- WALLACH, D., D. MAKOWSKI, AND J.W. JONES. 2006. **Working with dynamic crop models: Evaluation, analysis, parameterization, and applications.** Elsevier, New York.
- WILLMOTT, C.J. 1981. **ON THE VALIDATION OF MODELS.** PHYS. GEOGR. 2(2):184–194.

DESEMPENHO ENTRE MÉTODOS DE MEDIDA DE ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR NA CULTURA DA SOJA

Álex Júnior Zanchet Bordignon¹, Alexandre Ortega Gonçalves², Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva³, Fábio Ricardo Marin⁴

¹Graduando em Engenharia Agrônômica, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, alex.bordignon@usp.br; ²Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, alexandre.ortega@embrapa.br, ³Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, ehfmsilva@usp.br; ⁴Professor Associado do Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, fabio.marin@usp.br.

RESUMO: A cultura da soja ocupa atualmente todas as regiões do Brasil, sendo sujeita às intempéries climáticas de cada região. Recorre-se à modelagem agrícola para projetar o comportamento das lavouras possibilitando tomada de decisão antecipada. A qualidade dos dados pode distinguir uma decisão em assertiva ou errônea. Na tentativa de contribuir na confiabilidade dos dados, este trabalho empenhou-se na variável IAF (Índice de área foliar), devido sua relevância na produtividade e evapotranspiração. Buscou-se testar a eficiência do método de estimativa de IAF em relação ao método direto, por meio do aparelho LAI-2200C. Foram adotados os indicadores estatísticos: coeficiente de determinação, raiz do erro médio quadrático e índice de concordância de Willmott; que em conjunto, permitem testar precisão e acurácia. O resultado dos testes revelou correlação satisfatória entre os métodos. A altura da planta foi, então, utilizada, através da regressão linear como estratégia de melhorar a correlação. Os indicadores, Willmott e raiz do erro médio quadrático não sofreram alterações significativas, o coeficiente de determinação, entretanto, mostrou-se bastante satisfatório sendo elevado para 0,96. É provável que não houvesse maiores incrementos nos demais testes devido à forma de obtenção de dados pelo aparelho, a qual não faz distinção entre folhas, ramos e tecidos mortos. Fato que sujeita a curva a muitas interferências justificando a acurácia inferior à precisão. Recomenda-se realização de trabalhos similares, tanto na cultura da soja quanto em outras culturas, a fim de entender melhor as interferências, e, para que se busquem alternativas para contorná-las.

PALAVRAS-CHAVE: IAF, *Glycine Max*, Modelagem de culturas.

PERFORMANCE AMONG METHODS OF MEASUREMENT OF FOLIAR AREA INDEX IN SOYBEAN CULTURE

ABSTRACT: Regarding the current climatic pressure, the soybean crop, nowadays spread all over Brazil, suffers the effects of bad weather of each region. Agricultural modeling is used to project the behavior of crops allowing early decision making. However, for a good decision-making it is necessary that the data be accurate. In an attempt to contribute to the reliability of the data, this work focused on the LAI variable, due to its relevance in productivity and evapotranspiration. It was sought to test the efficiency of the LAI estimation method by LAI-2200C in relation to the measured method. For this purpose we used the tests, coefficient of determination, root mean square error and Willmott concordance index, which together allow to test precision and

accuracy. The results of the tests revealed a satisfactory correlation between the methods. The height was then used to further improve the correlation. The statistical tests of Willmot and root mean square error did not change significantly, the coefficient of determination however, was quite satisfactory being raised to 0.96. It is probable that there were no greater increases in the other tests due to the way the apparatus obtains the data, which does not distinguish between leaves, branches and dead tissues. A fact that subjects the curve to many interferences and justifies the accuracy less than the precision. It is recommended to carry out similar work, both in soybean culture and in other crops, in order to better understand the interferences, and seek solutions to circumvent them.

KEY-WORDS: LAI, *Glycine max*, Crop Model.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* [L.]) possui a maior área plantada no Brasil, sendo distribuída desde latitudes de 28° no Rio Grande do Sul até 0° em Roraima. Essa distribuição espacial, junto com a tendência de uso de cultivares precoces eleva a suscetibilidade da cultura às instabilidades do clima. Ao mesmo tempo, o nível de tecnificação da cultura chegou a um patamar, que modelos de previsão de safra estão ganhando mercado como forma de prever o comportamento da cultura e melhorar o planejamento das empresas. Nesta direção a modelagem da cultura em função do clima tornou-se fundamental (PELLEGRINO et al, 2007; MARIN e NASSIF, 2013).

Modelos têm como vantagem a rapidez de resultados e o baixo custo do método (CORRÊA et al, 2011). Entretanto, para serem precisos, necessitam ser aferidos com dados de ensaios reais. Dentre as características relevantes a serem medidas está o Índice de Área Foliar (IAF), sendo razão da área foliar levando-se em conta apenas uma das faces das folhas e a área do terreno ocupada (WATSON, 1947; MÜLLER, 1981).

Os meios de determinação do IAF podem ser divididos em dois grupos: os métodos diretos (como o uso de planímetro, integradores de área e relações específicas) e os métodos indiretos (como massa seca e equipamentos eletrônicos). Alguns modelos também foram desenvolvidos como alternativa de determinação do IAF no milho (FANCELLI e DOURADO-NETO, 1999; MANFRON et al, 2003; MÜLLER et al, 2005). Independente da escolha do método, o erro deve ser mínimo, pois a interpretação dos fenômenos envolvidos no sistema depende da exatidão obtida na sua descrição (CORRÊA, 2008). Assim, uma das formas de medir a eficácia dos métodos e discutir possíveis fontes de erro é compará-los entre si.

Para a avaliação desses modelos a adoção do coeficiente de determinação (R^2) como único critério de definição da qualidade do método é pouco razoável, uma vez que esse método não estabelece o tipo e a magnitude das diferenças entre um valor padrão e um valor previsto por modelos de estimativa (BARROS et al., 2009). Assim, a análise dos índices de concordância de Willmont (d), e a raiz do erro médio quadrático (REMQ) auxiliam a interpretação dos resultados.

Esse trabalho objetivou-se em avaliar o desempenho do método de estimativa de IAF através do aparelho eletrônico LAI-2200C em relação ao método direto de medida.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação foi conduzida no município de Piracicaba-SP, na área de pesquisa do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura

“Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), situado na Fazenda Areão (latitude 22° 41’ 53’’ S, longitude 47° 38’ 35’’ W e altitude de 538 m). Para determinar a variação temporal do Índice de Área Foliar e estimá-lo durante o ciclo da cultura, foi realizado experimento com oito repetições e dois tratamentos. O primeiro tratamento foi denominado de medida direta e consistiu em medições biométricas de área foliar e altura da planta. A área foliar foi obtida através do software “Quant”, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (Oliveira et al, 2007), que realizaram o cálculo de área a partir de folhas de soja coletadas e digitalizadas. O segundo tratamento, aqui denominado de medida indireta, consistiu na estimativa do IAF através do equipamento eletrônico LAI-2200C (LAI-2200C, Li-Cor®).

O experimento foi em uma lavoura de soja com o material genético BRS399. Com o objetivo de determinar a variação temporal do IAF para a calibração do método, os dados foram coletados ao longo do ciclo da cultura e cada repetição foi constituída de uma área de 1,0 m de comprimento e 0,45 m de largura (espaçamento entrelinhas) e uma população de 444 mil plantas por hectare. Para o método direto, coletaram-se cinco plantas de soja, na área delimitada, para amostrar o dossel e a área de projeção no solo foi determinada através da relação entre o espaçamento de plantio e a população de plantas. Nesse tratamento o IAF foi determinado pela razão entre a área foliar e a área de projeção do dossel. Para o segundo tratamento, com o uso do medidor eletrônico, coletou-se 1 ponto denominado *above* (acima do dossel) e 4 pontos *below* (abaixo do dossel).

A adubação foi realizada no sulco de plantio, com 196 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples (18% P₂O₅, 16% Ca, 8% S, Yara), sistema de plantio adotado foi o convencional. Utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central com manejo de irrigação por meio de balanço hídrico da cultura com dados obtidos em uma estação agrometeorológica automática instalada na mesma área experimental.

Os dados obtidos pelo LAI-2200C foram comparados estatisticamente aos obtidos pela medição direta de IAF para determinação de eficiência de modelagem. Aplicou-se os testes estatísticos R² (Coeficiente de determinação) (Equação 1), DMA (desvio médio absoluto, Equação 2), RQME (raiz do erro quadrático médio, (Equação 3), índice de concordância D-Wilmott (Equação 4).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 + \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2} y_i \quad (1)$$

em que R² é o coeficiente de determinação, y_i o valor observado, \hat{y}_i o valor simulado de y_i, \bar{y} a média dos valores observados.

$$REM Q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

em que REMQ é a raiz do erro médio quadrático, y_i o valor observado, \bar{y} a média dos valores observados n o número de períodos.

$$D = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (M_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|M_i - \bar{M}| + |E_i - \bar{M}|)^2} \right] \quad (3)$$

em que D é o índice de concordância de Willmott, M_i é o valor medido de ordem i, E_i é o valor estimado de ordem i, \bar{M} é a média dos valores medidos, e n o número dos valores medidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra os IAF estimados (LAI) pelo equipamento LAI-2200C em relação aos IAF medidos ao longo do ciclo da cultura da soja. Observa-se, nessa figura, que o IAF quando estimado pelo medidor eletrônico apresentou pouca acurácia, uma vez que os pontos estão distantes da linha 1:1. O mesmo comportamento foi observado no indicador estatístico REQM, representado na tabela 1, que pode ser utilizado como um indicador de acurácia e eficiência de modelagem (WILMOTT, 1982; MENTZER e BIENSTOCK, 1998). Com relação a indicadores de precisão, como o coeficiente de determinação R^2 , o valor calculado apresentou um bom desempenho e é demonstrado na Tabela 1. Este coeficiente, no entanto, segundo Legates et al (1999) tem como limitação a padronização das diferenças entre as médias e variâncias observadas e previstas, uma vez que só avalia relações lineares entre as variáveis.

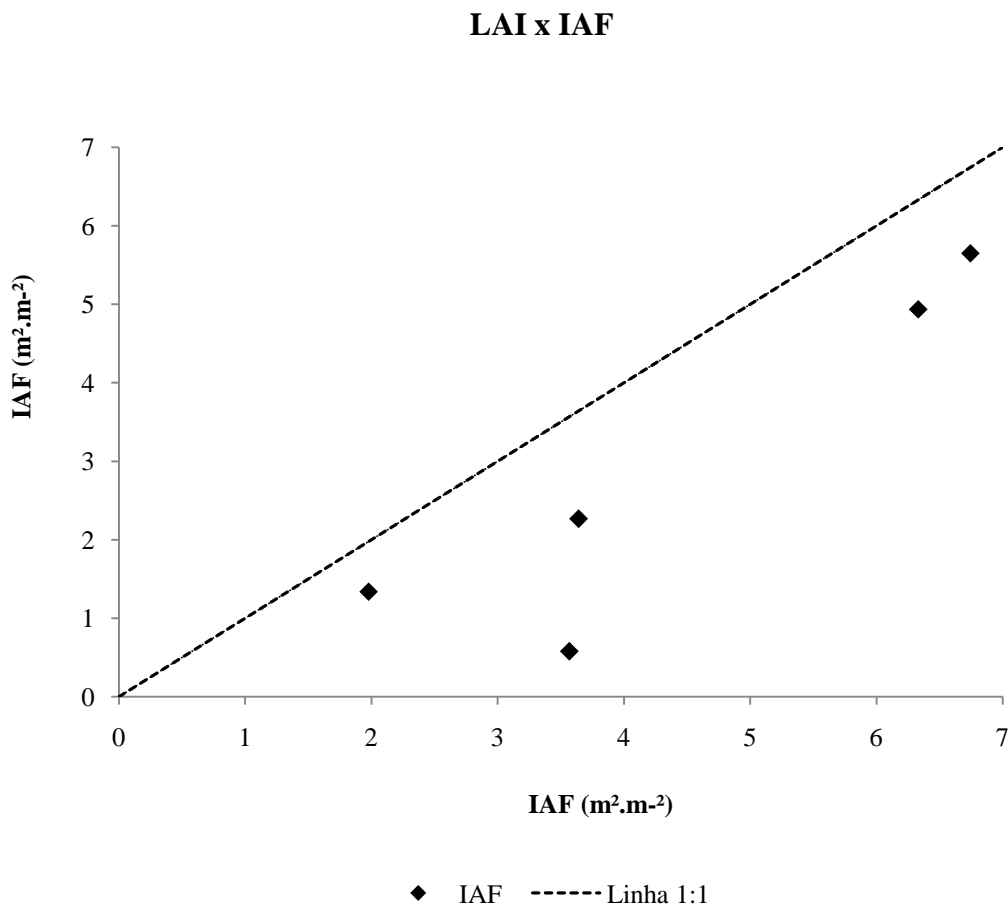


Figura 1 Gráfico de dispersão do IAF medido e o IAF estimado (LAI).

Ainda com relação aos dados da Figura 1, o índice de concordância (D) proposto por Wilmott (1982) faz essas considerações sobre a acurácia e a precisão da simulação. Tal índice é superior ao REQM por fazer ponderações quanto ao tipo da diferença do erro, no sentido de discriminar qual porção desse erro é sistemático ou não sistemático. Através do índice D calculado, como apresentado na tabela 1, pode-se observar um bom desempenho de modelagem.

Apesar de ter-se obtido eficiência de modelagem satisfatória pelo índice D, buscou-se uma maneira de melhorar a correlação entre os dados medidos e estimados. A teoria do equipamento trabalha com noções de probabilidade, isso é, o LAI-2200C mede a probabilidade da radiação não ser interceptada ($P(\Theta)$) pelo dossel através da Equação 4 (Li-Cor, 2013).

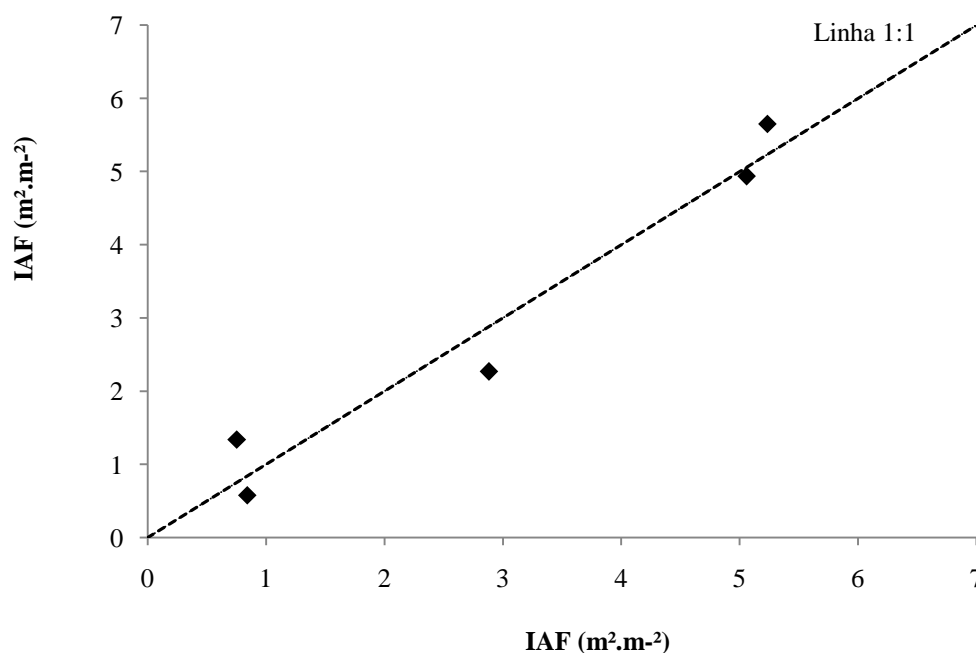
$$P(\Theta) = e^{(-G(\Theta)\mu S(\Theta))} \quad (4)$$

Onde $G(\Theta)$ é a fração de folhagem projetada, μ a densidade foliar, $S(\Theta)$ a distância percorrida do topo do dossel a superfície do solo. O $S(\Theta)$ é, portanto, uma relação entre a altura do dossel e o cosseno do ângulo definido entre a reta de projeção do dossel e a sua normal (Jones, 1992).

Por meio da relação de Miller (1967) o IAF pode ser definido pela relação entre a altura e a densidade foliar da planta. Quando essa relação é conduzida junto com a Equação 4, o IAF pode ser calculado pela relação de probabilidade e jogo de ângulos. Essa estratégia matemática torna possível o cálculo do IAF, pelo medidor eletrônico, sem a necessidade de utilizar a altura da planta como dado de entrada.

Tal embasamento teórico conduziu esse estudo a investigar melhor a relação entre o IAF medido e o IAF estimado. Para tal, assumiu-se a hipótese: a adoção da altura do dossel (h) como variável de entrada na simulação poderia melhorar os resultados obtidos. Essa relação já foi trabalhada por Manfron et al (2003). Realizou-se uma análise gráfica (Figura 2) das medidas de IAF estimado (LAI) em função da altura da planta, obteve-se a função quadrática $LAI = -0,0759.h^2 + 0,9512.h + 0,3004$, com os parâmetros empíricos determinados por análise de regressão. Esse modelo representou satisfatoriamente a variação temporal do índice de área foliar estimado.

IAF x (LAIxh)



Como apresentado na Tabela 1, a regressão com a inserção da variável altura na simulação não apresentou variação significativa para o índice de concordância. No entanto, o R^2 apresentou um melhor desempenho, dessa maneira, a altura contribuiu positivamente para aferir a precisão da modelagem. Este coeficiente revela que este método em soja, é tão bom quanto o método de disco de folhas (muito utilizado também) em culturas como guajuru, pinha, acerola e beterraba. (CUNHA et al, 2010; DOMBROSKI et al, 2010; LUCENA et al, 2011; MARROCOS et al, 2010; PIEROZAN e KAWAKAMI, 2013). Ainda no método de disco de folhas, na cultura da soja, Pierozan Junior e Kawakami (2013) atingiram valor de R^2 similar (0,94). Assim como observado no índice de concordância, o REMQ também não apresentou um melhor desempenho, levando à conclusão de que a altura não contribuiu significativamente na aferição da curva em relação à acurácia.

Tabela 1 Comparação entre os testes estatísticos com e sem modelagem com altura para

Teste Estatístico	IAF medido x IAF estimado	IAF medido x IAF estimado + altura
R^2	0,84	0,96
REQM	21,344	17,693
D	0,856	0,877

A modelagem das curvas de IAF medido com a proposta de adequação do IAF estimado pela regressão linear (correlacionado com altura) pode ser observado na Figura 3. Vale salientar que, apesar de já correlacionado com a altura, em relação ao início do desenvolvimento da cultura, a curva de IAF estimado subestima o IAF em relação à curva medida. Em seguida há mais três inversões das curvas, aos 32, 58 e 84

Figura 3 Variação do IAF estimado (LAI) correlacionado com a altura da planta em relação ao IAF medido.

dias após a emergência. Essas inversões justificam os valores dos testes de Willmot e REQM (tabela 1) que, apesar de razoáveis, pouco se elevaram com a correlação com a altura.

Varição do IAF medido e estimado com altura (LAI,H)

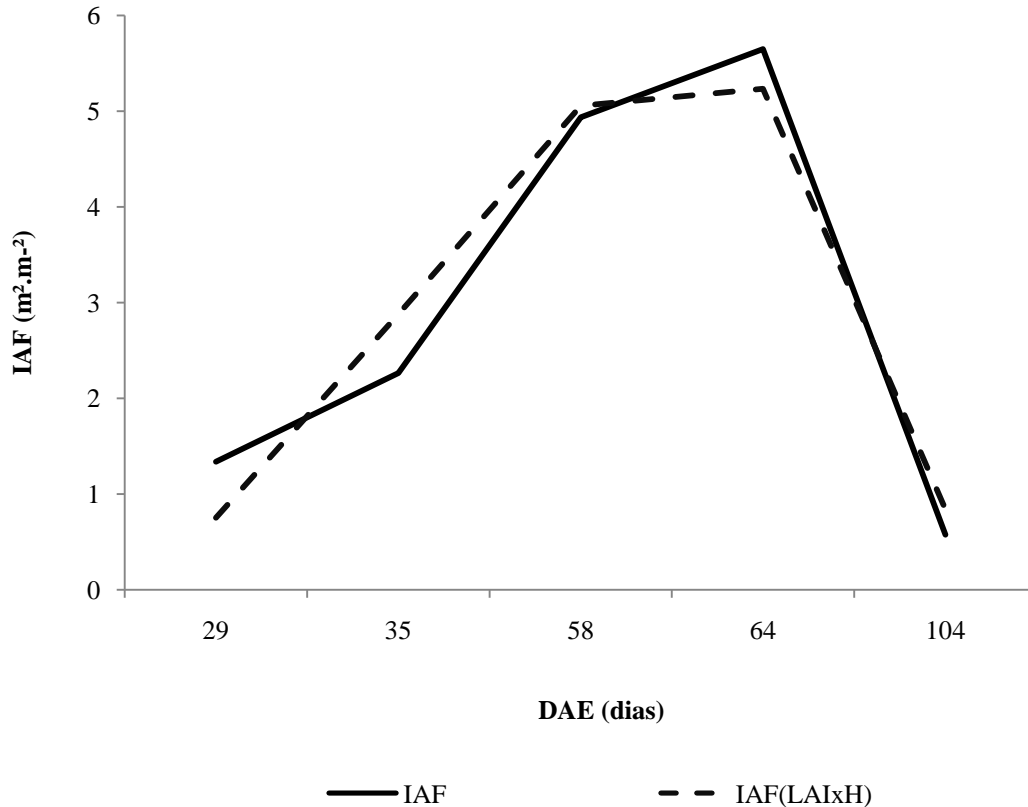


Figura 4 Variação do IAF estimado (LAI) correlacionado com a altura da planta em relação ao IAF medido, ao longo do ciclo da cultura da soja.

Portanto, apesar da altura melhorar a correlação entre as curvas, os testes estatísticos apontam que ainda podem haver outros fatores influenciando as medições do aparelho, principalmente nas fases reprodutivas da cultura. Segundo é apresentado na teoria do aparelho (Li-Cor, 2013), notou-se que o método, através de um filtro de luz rejeita a radiação com comprimento de onda superior a 490 nm. Essa estratégia é adotada pelo aparelho para minimizar erros de leitura, visto que nesse espectro a reflectância e transmitância são mínimas. No entanto, o pressuposto teórico de considerar a folha como um corpo negro, aumenta a incerteza do método, isso é: não ocorre transmitância e nem reflectância pela superfície vegetal. Por uma relação lógica, é fácil perceber que tal pressuposto infere que as demais estruturas do vegetal, como hastes e vagens são consideradas como área foliar, essa dedução também foi discutida no estudo de Malone et al (2002). No presente estudo, o uso da altura na modelagem, funcionou como um ponderador dessa interferência, uma vez que, a altura do dossel está relacionada aos órgãos de sustentação e de reprodução (vagens) e conseqüentemente as suas respectivas intercepções de radiação. Outra fonte de incerteza da teoria é relatada por Welles e Norman (1991), o método não consegue distinguir tecido senescente ou morto de tecido vivo, aumentando assim, a proporção de erro na leitura de IAF.

Sbrissia et al (2008) ao compararem o método utilizando aparelho LAI-2000 aos métodos direto destrutivo de IAF e o indireto destrutivo utilizando a população de perfilhos e a média do IAF dos perfilhos, em capim-marandu (*Urochloa brizantha*),

identificaram uma superestimação das medições realizadas pelo aparelho LAI-2000 em relação aos outros métodos. O aparelho é precursor do LAI-2200C com funcionamento similar e de mesma metodologia. O estudo também aponta, que dentro de certos limites, a altura influenciou no grau desses desvios. Sendo este trabalho outra indicativa de que outras partes das plantas, mesmo de outras culturas, influenciam os resultados do aparelho causando desvios no real e superestimações.

Uma solução satisfatória para estes desvios foi encontrada por Andrade (2016) ao gerar a curva de IAF real, medido através de análises destrutivas na cultura do pinhão-manso. A curva de IAF medido foi comparada à curva de IAF estimado pelo aparelho LAI-2200C a qual foi gerada por dados medidos concomitantemente às medições destrutivas. Finalmente foram gerados coeficientes para aferir os dados obtidos pelo aparelho com base nos dados de IAF medido. Esta alternativa mostra-se promissora, pois, uma vez traçado o IAF do ciclo da cultura por medições diretas, poder-se-á obter dados melhores pelo método estimado; um método mais prático. É preciso atentar-se que, para melhor precisão e confiabilidade nesta alternativa, mais trabalhos deveriam ser realizados seguindo esta linha, pois como já mencionado no parágrafo anterior, existem vários fatores interferindo.

Visando melhorar o entendimento sobre estes fatores, recomendam-se mais estudos como este na cultura da soja e que se estendam sobre outras culturas. É de se esperar que culturas morfológicamente próximas à soja, por exemplo o feijão, obtenham correlação similar. Em culturas como milho e trigo por outro lado, seriam esperados resultados de correlação mais precisa, uma vez que há nessas culturas maior proporção de folhas em relação a outras estruturas quando comparadas com a cultura da soja.

CONCLUSÕES

- 1) O método de estimativa de IAF pelo aparelho LAI-2200C apresentou boa correlação com o método de medida.
- 2) A altura pode ser usada como forma de melhorar a precisão dos dados obtidos pelo método de estimativa de IAF.
- 3) Trabalhos similares devem ser realizados buscando soluções para reduzir as interferências geradas pelos tecidos vegetais estranhos ao IAF.
- 4) O aparelho LAI-2200C é uma boa opção para determinação da área foliar da cultura da soja, desde que seus dados sejam aferidos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Experimentação e Pesquisa em Modelagem de Sistemas Agrícolas (GPEMA) e ao Grupo de Pesquisa e Extensão em Meteorologia dos Cultivos Agrícolas (AGRIMET) pela disponibilização dos aparelhos e ao Departamento de Engenharia de Biosistemas Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ-USP por todo o apoio oferecido.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I. P. S. **Influência da irrigação e da adubação nitrogenada na produção e qualidade do óleo das sementes de pinhão-manso**. 2016. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- BARROS, V. R.; SOUZA, A. P.; FONSECA, D. C.; SILVA, L. B. D. Avaliação da evapotranspiração de referência na Região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.198-203, 2009.
- CORRÊA, S. T. R. Adaptação do modelo LINTUL (Light Interception and Utilization) para estimação da produtividade potencial da cultura de soja. 2008. **Tese de Doutorado**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- CORRÊA, S. T. R. et al. Aplicações e limitações da modelagem em agricultura: Revisão. **Revista de Agricultura, Piracicaba**, v. 86, n. 1, p. 1-13, 2011.
- CUNHA, J. L. X. L.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; MESQUITA, H. C.; SILVA, M. G. O.; DOMBROSKI, J. L. D.; SILVA, I. N. Comparação de métodos de área foliar em *Chrysobalanus icaco* L. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, n. 3, p. 22-27, 2010.
- DOMBROSKI, J. L. D.; RODRIGUES, G. S. O.; BATISTA, T. M. V.; LOPES, W. A. R.; LUCENA, R. R. M. Análise comparativa de métodos de determinação de área foliar em pinha (*Annona squamosa* L.). **Revista Verde**, v. 5, n. 3, p. 188-194, 2010.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Tecnologia da produção de milho. **Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz**, 1999. 360 p.
- JONES, H. G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. Cambridge university press, 2013.
- LEGATES, D. R.; MCCABE, G. J. Evaluating the use of “goodness- of- fit” measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. **Water resources research**, v. 35, n. 1, p. 233-241, 1999.
- LI-Cor, Inc. (2013): LAI-2200C Plant Canopy Analyzer, **Instruction Manual. Lincoln, NE**.
- MALONE, S.; HERBERT, D. A.; HOLSHOUSER, D. L. Evaluation of the LAI-2000 plant canopy analyzer to estimate leaf area in manually defoliated soybean. **Agronomy Journal**, v.94, n.5, p.1012-1019, 2002.
- LUCENA, R. R. M.; BATISTA, T. M. V.; DOMBROSKI, J. L. D.; LOPES, W. A. R.; RODRIGUES, G. S. O. Medição de área foliar de aceroleira. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 40-45, 2011.
- MANFRON, P. A. et al. Modelo do índice de área foliar da cultura do milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 2, p. 333-342, 2003.

MARIN, F.; NASSIF, D. SP. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 232-239, 2013.

MARROCOS, S. T. P.; DANTAS, M. S. M.; DOMBROSKI, J. L. D.; LUCENA, R. R. M.; BATISTA, T. M. V. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em beterraba. **Revista Verde**, v. 5, n. 5, p. 140-146, 2010.

MÜLLER, A. G; et al. "Estimativa do índice de área foliar do milho a partir da soma de graus-dia." **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 13.1 (2005): 65-71.

MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.L. **A soja no Brasil**. Campinas, 1981. p. 109 - 129.

OLIVEIRA, M. L. R. et al. Estimativa da desfolha e o índice de área foliar no patossistema soja-ferrugem asiática utilizando o programa QUANT. 2007.

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 139-162, 2007.

PIEROZAN JUNIOR, C.; KAWAKAMI, J. Efficiency of the leaf disc method for estimating the leaf area index of soybean plants. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 4, p. 487-493, 2013.

SBRISSIA, A. F. et al. Comparação de três métodos para estimativa do índice de área foliar em pastos de capim-marandu sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 212-220, 2008.

WATSON, D. Jh. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, v. 11, n. 41, p. 41-76, 1947.

WELLES, J. M.; NORMAN, J. M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. **Agronomy Journal**, v.83, n.5, p.818-825, 1991.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 63, n. 11, p. 1309-1313, 1982.

AValiação de Métodos de Remoção Tendência Temporal das Séries de Produtividade Agrícola para a Cultura da Soja na Região Sul do Brasil

Bruno S.Higa¹, Santiago V. Cuadra², Aryeverton F.de Oliveira³, José Eduardo B.A. Monteiro⁴, Alan M. Nakai⁵

¹Estagiário da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP, E-mail: brunoshiga@gmail.com²³⁴⁵ Doutores, Pesquisadores da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP, E-mails:; santiago.cuadra@embrapa.br; ary.fortes@embrapa.br; eduardo.monteiro@embrapa.br; alan.nakai@embrapa.br

RESUMO: O Brasil é o segundo maior produtor de mundial de soja. A sustentabilidade e o aumento da produção da soja deverão depender mais dos ganhos de produtividade do que da expansão da área cultivada nos próximos anos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da remoção das tendências temporais da produtividade da soja, associadas com fatores não climáticos. Para tal foram aplicados sete métodos estatísticos às séries temporais de produtividade do IBGE. Apesar do método *Loess Smooth* apresentar o melhor ajuste ao conjunto de dados, maior aderência à variabilidade, sugere-se que este método deve ser usado com ressalvas, pois o mesmo pode remover variabilidade derivada de flutuações associadas à fatores climáticos.

PALAVRAS-CHAVE: *Soja (Glycine Max (L.) Merrill), produtividade agrícola, tendência tecnológica.*

EVALUATION OF METHODS OF TEMPORAL TREND REMOVE FROM SOYBEAN YIELD TEMPORAL SERIES FOR THE SOUTH BRAZIL REGION

ABSTRACT: Brazil is the world's largest soybean producer. Sustainability and increased of soybean production depends more on yield gains than of area expansion. The objective of this work was to evaluate the efficiency of remove temporal tendencies from soybean yield time series, associated with non-climatic factors. For this purpose, seven statistical methods were applied to IBGE's yield series. Although the Loess Smooth method presents the best fit to the data set, greater adherence, it is suggested that this method should be used with care, it may remove the variability associated with climatic factors. In the present case, the method that resulted is not an adequate adjustment between the indicator of water deficiency and an agricultural production was the lower Linear plateau, ie, which in principle removed as temporal trends associated with factors other than climatic.

KEY-WORDS: Soybean (*Glycine Max (L.) Merrill*), crop yield, technological trend.

INTRODUÇÃO

Entre as safras de 1990 à 2014, a produção brasileira de soja aumentou cerca de 22,7%. Segundo a Embrapa Soja, na safra 2014/2015, a cultura ocupou uma área de 31,57 milhões de hectares, totalizando uma produção de 207,7 milhões de toneladas. Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul são os maiores produtores de soja no Brasil,

apresentando produção de 27,868 milhões de toneladas, 17,136 milhões de toneladas e 5,216 milhões de toneladas, respectivamente. A estimativa de produção para a safra brasileira de grãos 2015/2016 é de 209 milhões de toneladas, representando um aumento de 0,6% em relação à safra 2014/2015 (CONAB, 2016).

O aumento da produção, ano a ano, deve-se ao maior investimento tecnológico, manejo adequado e eficiência dos produtores. Para continuar a ter esse aumento, deve-se continuar o investimento em todos os segmentos relacionados às diversas atividades do sistema de produção da cultura, visando maior produtividade agrícola concomitante com redução dos impactos ao meio ambiente (MAPA, 2016).

Nesse contexto, a modelagem agroambiental é uma das principais ferramentas para auxiliar na compreensão dos processos de produção agrícola e o desenvolvimento de cenários, por exemplo, do setor. Através dos dados meteorológicos e de solos, e das informações agronômicas, os modelos de simulação do crescimento, desenvolvimento e produtividade de culturas, associados aos métodos estatísticos e de geoprocessamento, permitem explicar os fatores que influenciam e limitam a produção agrícola. Acoplados a sistemas de apoio a tomada de decisão, os modelos são a interface para a melhoria de processos decisórios.

Para uma boa explicação da produtividade, no entanto, é essencial a preparação de dados para uso nos modelos agrometeorológicos. Isso requer o isolamento de fatores tecnológicos, que criam tendências temporais em séries de produtividade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as tendências temporais da produtividade da soja no Brasil através de modelos estatísticos. Para tal, foram aplicados sete métodos estatísticos às séries temporais de produtividade. Também foi realizado um ajustamento dos dados com tendência removida em modelos de regressão tomando variáveis ligadas ao déficit hídrico como explicativas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o trabalho, utilizaram-se os dados da área colhida e produção municipal disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), obtendo-se a produtividade da soja para os municípios brasileiros no período de 1990 a 2014. Para avaliar os modelos foram selecionados os principais municípios produtores de soja em 2014, sendo considerados todos os municípios cuja soma das áreas colhidas representou 90% na região Sul do Brasil. Com o intuito de avaliar as oscilações anuais das produtividades nos diversos municípios e explorar suas relações com os elementos climáticos, foram ajustados sete métodos estatísticos para identificação de tendência temporal das séries de produtividade, são eles: Linear, Linear por Partes, Exponencial, Linear com Platô Superior, Linear com Platô Inferior, Quadrático com Platô e Loess Smothing (GRASSINI, ESKRIDGE & CASSMAN, 2013).

Utilizando os resultados do índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) das plantas, uma razão entre a evapotranspiração real e potencial, foi realizada uma regressão das produtividades com tendências removidas contra o ISNA (modelo SARRA-IBGE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os ajustes dos métodos estatísticos para o município de Iretama, PR, de forma a exemplificar os ajustes. Este município foi escolhido porque permite avaliar de forma mais clara os métodos estatísticos. Os métodos foram

aplicados para 671 municípios, englobando 90% da área plantada com soja no ano de 2014 no Brasil.

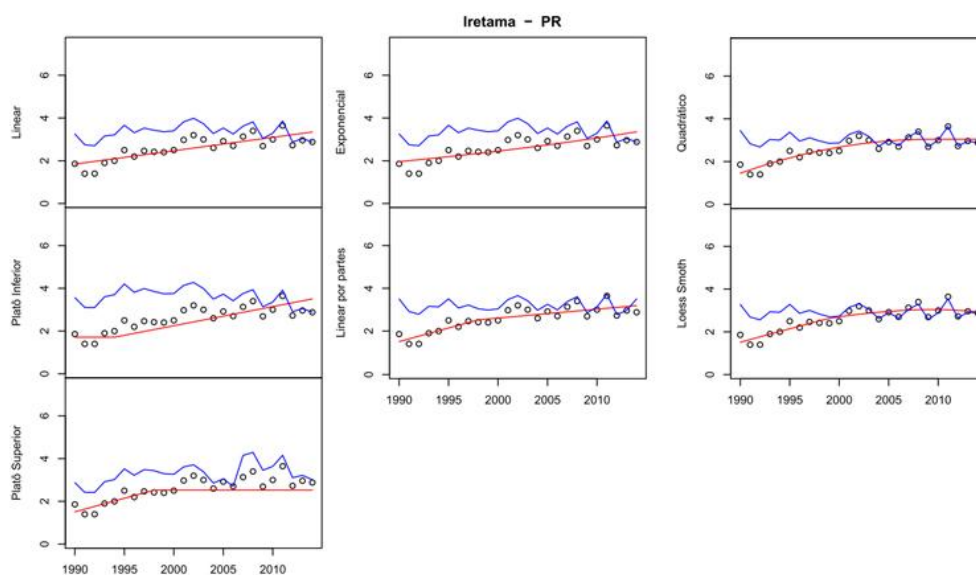


Figura 1. Gráficos dos métodos Exponencial, Linear, Linear por partes, Platô inferior, Platô superior, Quadrático com Platô e Loess Smoth para o município de Iretama- Paraná.

Através da figura 1, pode-se observar a produtividade sem tendência (linha azul), a produtividade original (pontos pretos) e o ajuste do método estatístico (linha vermelha).

Para avaliação dos ajustes foram verificados os desvios anuais das funções ajustadas em relação à série original, a Tabela 1 apresenta a média dos erros quadráticos médios (REQM) dos métodos para os ajustes mostrados na Figura 1. Observa-se que o método que apresentou maior aderência aos dados foi o *Loess Smoth*. Os métodos Exponencial, Linear, Linear por partes, e Linear Platô superior também apresentaram valores de erro relativamente baixos. Já os métodos Linear Platô inferior e Quadrático com Platô foram os que apresentaram maiores desvios.

Tabela 1. Média dos erros quadráticos médios dos métodos Exponencial, Linear, Linear por partes, linear com platô inferior, linear com platô superior, quadrático com platô e Loess Smoth.

REQM	Exponencial	Linear	Linear Por Partes (1)	Linear com platô inferior(1)	Linear com platô superior(1)	Quadrático com platô(1)	Loess Smoth(2)
Média	0,401	0,403	0,391	0,476	0,405	0,461	0,356

Métodos de remoção de tendência segundo: (1) GRASSINI, ESKRIDGE & CASSMAN (2013); (2) HEINEMANN & SENTELHAS (2013).

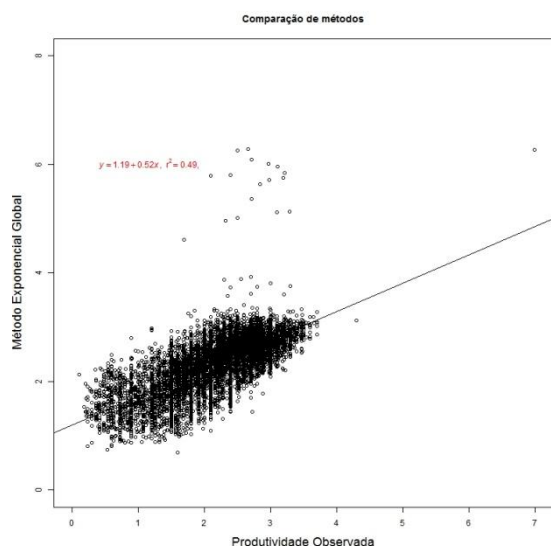


Figura 2a. Dados brutos

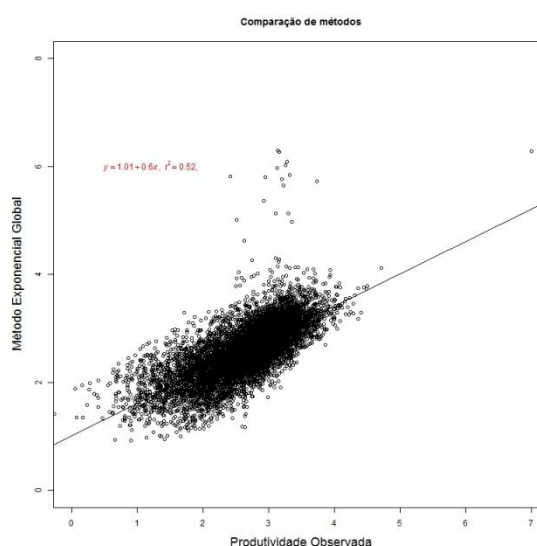


Figura 2b. Linear por Partes

Para avaliação da eficiência da remoção de variações temporais das séries, que não estão associadas com flutuações de ordem climática (que devem ser retidas nas séries de produtividade), as séries temporais de produtividade agrícola com a remoção da tendência temporal foram usadas para ajustar o modelo de produtividade agrícola com base no balanço hídrico para a cultura da soja. Como pode ser observado na Figura 2, que apresenta a relação entre a produtividade estimada com o modelo SARRA-IBGE ajustados para as séries de produtividade com e sem a remoção da tendência, no exemplo com o método Linear por Partes, o uso dos métodos aumentam a aderência entre os valores simulados e observados. Essa análise comprova a eficiência dos métodos em remover das séries variações de ordem não climáticas, como tendências tecnológicas.

Tabela 2. Média dos erros quadráticos médios dos dados brutos, Exponencial, Linear, Linear por partes, Linear platô, Linear platô superior, Linear platô inferior, Quadrático com platô e Loess Smoth.

RMSE	Dados brutos	Exponencial	Linear	Linear por Partes	Linear platô inferior	Linear platô superior	Quadrático com platô	Loess Smoth
Média	0,475	0,450	0,449	0,479	0,450	0,4734	0,467	0,454

CONCLUSÕES

Apesar do método *Loess Smooth* apresentar o melhor ajuste ao conjunto de dados, maior aderência à variabilidade, sugere-se que este método deve ser usado com ressalvas, pois o mesmo pode remover variabilidade derivada de flutuações associadas à fatores climáticos. O problema pode ser agravado com o uso de valores baixos valores do parâmetro de suavização (*smoothing parameter*), parâmetro controla o tamanho da janela de amostragem para a suavização da curva ajustada, que fazem com que a curva apresente alta variabilidade temporal – removendo a amplitude da variabilidade interanual. No presente caso o método que resultou no melhor ajuste entre o indicador de deficiência hídrica e a produtividade agrícola foi o Linear platô inferior, ou seja, que

em princípio removeu as tendências temporais associadas à outros fatores que não climáticos.

REFERÊNCIAS

MBRASIL. Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em 25 ago. 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 25 ago. 2016.

GRASSINI, P.; ESKRIDGE, K. M.; CASSMAN, K. G.; Distinguishing between yield advances and uield plateaus in historical crop production trends. Nature Communications 4, doi: 10.1038/ncomms 3918.

SIDRA: Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br>> , Acesso em 20 de set. de 2015. In: Nature Communications.

HEINEMANN, A.B.; SENTELHAS, P.C.; Environmental group indetification for upland rice production in central Brazil.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástrico. Jaboticabal: Funep, 2007.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

INDICAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO PARA O ESTADO DE ALAGOAS

Rosiberto Salustiano da SILVA JUNIOR¹, Iolly Souza de ALBUQUERQUE²,
Heliofábio Barros GOMES³, Sandro Correia HOLANDA⁴

¹ Professor, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, rosiberto@icat.ufal.br

² Aluna de Graduação, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL,

³ Professor, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, heliofabio@icat.ufal.br

⁴ Professor, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, sandrocholanda@gmail.com

RESUMO: No presente trabalho teve como principal objetivo alertar aos pequenos, médios e grandes investidores no ramo de produção de energia eólica, ao fato das possíveis áreas para exploração do potencial eólico. A estado de Alagoas foi a região de estudo realizado com dados obtidos com simulações feitas com o modelo WRF, para os dias do ano de 2015. Os principais resultados encontrados foram que os municípios de Palmeira dos Índios e Girau do Ponciano apresentaram melhores indicadores para exploração do potencial eólico. Em especial Girau do Ponciano apresentou ventos mais intensos e frequentes. O fator de escala se mostrou mais significativo do que o fator de forma para determinar a densidade de potência para a distribuição de Weibull, mas vale salientar também que a distribuição da direção do vento é de fundamental importância no sentido da posição que será instalado os aerogeradores, para que os mesmo possam proporcionar o máximo de aproveitamento do potencial eólico da região.

PALAVRAS-CHAVE: Distribuição de Weibull, Modelo atmosférico WRF

INDICATION OF THE WIND POWER POTENTIAL FOR ALAGOAS STATE

ABSTRACT: In the present work the main objective was to alert small, medium and large investors in the field of wind power production to the fact of the possible areas for exploitation of the wind power. The state of Alagoas was the region of study with data obtained with simulations made with the WRF model, for all days of the year 2015. The main results were that the city of Palmeira dos Índios and Girau do Ponciano presented better indicators for exploration Of wind potential. In particular Girau do Ponciano showed more intense and frequent winds. The scaling factor was more significant than the form factor to determine the Weibull distribution, but it is also worth noting that the distribution of wind direction is of fundamental importance in the direction of the position that the wind turbines will be installed. So that they can provide maximum utilization of the region's wind potential.

KEY-WORDS: Weibull distribution, WRF atmospheric model.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o “Atlas do Potencial Eólico Nacional”, indicou a tendência das maiores velocidades do vento ocorrerem no litoral brasileiro e também em áreas do interior favorecidas por relevo e baixa rugosidade (ELETROBRÁS, 2008).

Aliado a isso, existe uma questão importante na matriz energética Brasileira, a geração de energia elétrica no Brasil é feita basicamente a partir de centrais hidroelétricas, que segundo o Ministério de Minas e Energia, elas representaram 73,5%

do total nacional em 2005 (MME, 2006). Além de estarmos chegando ao limite do aproveitamento deste tipo de recurso energético, deve ser levada em conta a sua vulnerabilidade às oscilações climáticas.

Em geral o estudo do levantamento do potencial eólico de uma determinada região tem como característica a utilização de modelos atmosféricos que possam indicar possíveis localidades para a instalação de parques eólicos, e em seguida são instaladas torres de monitoramento de vento para confirmar a capacidade de uma localidade gerar energia eólica.

Estudos preliminares feitos através simulação numérica mostraram que o Estado de Alagoas apresenta um bom potencial para utilização da energia eólica (CBEE, 1998). Esta indicação foi confirmada pelo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (AMARANTE et al, 2001). O objetivo do presente trabalho seria indicar áreas promissora para exploração de energia eólica no estado de Alagoas, para geração de energia elétrica por parte de pequeno, médios e grandes produtores agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo fica situada no Estado de Alagoas que está localizado na região Nordeste do Brasil, mais especificamente nas coordenadas geográficas entre 9,7S e 14S de latitude e 36,5W e 40,0W de longitude. O período de estudo está compreendido entre janeiro e dezembro de 2015. Os dados utilizados foram todos simulados pelo modelo atmosférico WRF e observados pela estação anemométrica de Craíbas. O modelo simulou as condições do vento dos seguintes municípios Água Branca (ABR), Arapiraca (ARA), Feliz Deserto (FDE), Craíbas (CRA), Girau do Ponciano (GPO), Maceió (MCZ), Maragogi (MAR), Palmeira dos Índios (PIN), Roteiro (ROT).

Para determina a serie temporal de dados de vento é necessário a utilização da distribuição de probabilidade, a distribuição que mais se adequa para descrever o regime do vento em uma região é a distribuição de Weibull. Tendo seus fatores de escala A (m/s) e de forma K (adimensional). Sendo demonstrada de seguinte forma:

$$f(u) = \frac{K}{A} \left(\frac{u}{A}\right)^{K-1} \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^K\right)$$

Onde: $f(u)$ - Frequência de ocorrência da velocidade do vento, A - Fator de escala, K - Fator de forma

Weather Research and Forecasting (WRF) é um modelo atmosférico de mesoescala não hidrostático para previsão numérica de tempo (PNT) e clima, simula os fenômenos meteorológicos de microfísica da precipitação, radiação de onda curta, radiação de onda longa, Camada Limite Atmosférica (CLA), parametrização de cúmulos, cobertura superficial. Para esse trabalho, o modelo foi rodado em dois domínios, **d01** - Nordeste Brasileiro, com resolução espacial de 25km; **d02** - Estado de Alagoas, Sul de Pernambuco e resolução espacial de 5km, (SILVA JUNIOR, 2016; RAMOS, 2013 e TALBOT, 2012). O trabalho utilizou o domínio horizontal de 81 x 81 pontos centrado em 36,5°W e 9,7°S. Na vertical foram usados 31 níveis com o topo do modelo em 50mb (SILVA JUNIOR, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Barreto (2012), o vento nos estados de Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba e Sergipe são moderados durante todo o ano, exceto nas faixas litorâneas de Pernambuco e Alagoas onde apresentam ventos fracos. O padrão de vento no Litoral (Maragogi) é fraco e variando entre 6,00 a 6,5 m.s⁻¹ como mostrou Barreto (2012).

Os resultados de Ramos (2012) mostra que os melhores padrões de vento em Alagoas estão localizados em principalmente em Água Branca, Palmeiras dos Índios e

no Litoral Alagoano. Com base nos resultados obtidos através desse estudo foi observado que no Litoral Alagoano o vento da região sobre fortes mudanças na velocidade e direção do vento, mostrando-se fracos durante alguns períodos do ano.

Com base no estudo realizado por Costa (2012), mostrou que sertão Alagoano apresentou melhores resultados do aproveitamento eólico enquanto Maragogi/AL (litoral Norte alagoano) observou valores menores do potencial eólico.

SILVA JUNIOR, 2016, mostrou melhorias nas simulações do vento com o modelo atmosférico WRF, realizadas para o município de Maragogi, quando implementados atualizações de topografia, uso do solo e velocidade de fricção, tendo o coeficiente de correlação de PEARSON melhorado de 0,15 para 0,61.

A Figura 1 mostra as distribuições de probabilidade Weibull, para as diferentes localidade do estado de Alagoas. Pode-se notar claramente que a distribuição do município de Palmeira dos Índios, foi a que mais se destacou em termos de maiores frequências de vento mais forte. Já o município de Maceió foi o que apresentou piores resultados de distribuição de Weibull, ou seja, ventos fracos em maiores frequências. Apesar do município apresentar ventos mais fortes (fator de escala maior), percebe-se também maior variabilidade na intensidade do vento (fator de forma mais baixo), ou seja, a distribuição de Weibull de Girau do Ponciano apresenta características melhores em termos de intensidade e variabilidade do vento (Fatores de forma e escala relativamente altos).

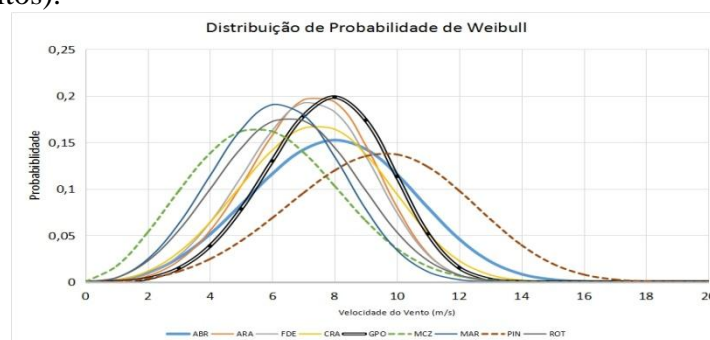


Figura 1. Distribuição de Weibull para diferentes regiões do estados de Alagoas, para o período de 01/01 - 31/12/2015.

Com auxílio da Tabela 1, pode-se notar que o fator de escala A , é mais importante que o fator de forma K , na determinação da melhor distribuição de Weibull, pois a maior densidade de potência média, está diretamente relacionado com maiores valores do fator de escala. Por exemplo, Arapiraca apresentou fator de forma $K=4,31$, fator de escala $A=7,96m.s^{-1}$, e Densidade de Potência Média $266W.m^{-2}$. Enquanto que Palmeira dos Índios apresentou menor fator de forma $K=3,77$, maior fator de escala $A=10,44m.s^{-1}$, e maior Densidade de Potência Média $594W.m^{-2}$.

Ainda com base na tabela 1, pode-se fazer um comparativo entre os municípios de Palmeira dos Índios (PIN) e Girau do Ponciano (GPO), pois GPO chove menos em média, apresenta maior temperatura do ar média, maior fator de escala, e altura superficial menor. Em especial devido a altitude da região, a estações de PIN tem ventos mais fortes, porém com maiores variabilidades na velocidade do vento (menor fator de escala). Portanto, apesar de menor valores da velocidade média do vento e menor densidade de potência média, devido a maior constância e ligeira menor intensidade do vento, o município de Girau do Ponciano seria mais indicado para exploração da energia eólica.

Tabela 1. Descrição pontual médio das regiões de monitoramento do potencial eólico, para os municípios do estado de Alagoas.

	ABR	ARA	FDE	CRA	GPO	MCZ	MAR	PIN	ROT
Fator de Forma (K)	3,50	4,21	3,99	3,58	4,44	2,70	3,42	3,77	3,32
Fator de Escala (A) [m.s ⁻¹]	8,84	7,96	7,83	8,18	8,45	6,52	6,89	10,44	7,27
Direção do Vento (DV) [°]	113	113	90	113	113	113	113	90	90
Velocidade do Vento (VV) [m.s ⁻¹]	7,96	7,24	7,11	7,39	7,70	5,81	6,21	9,43	6,54
Densidade de Potência Média [W.m ⁻²]	368	266	260	299	313	169	184	594	218
Temperatura do Ar Média [°C]	24,2	24,7	26,0	25,3	24,4	24,7	26,4	24,1	25,8
Precipitação Pluviométrica Média [mm]	0,05	0,06	0,12	0,06	0,05	0,10	0,10	0,07	0,10
Altura do Relevo [m]	738	237	36	210	410	84	40	649	40

CONCLUSÕES

O estado de Alagoas apresentam regiões promissoras para exploração da energia eólica, principalmente no municípios de Palmeira dos Índios, Água Branca e Girau do Ponciano, onde apresentaram Densidade de Potência de 594W/m², 368W/m² e 313W/m² respectivamente.

O modelo atmosférico WRF e a distribuição de probabilidade Weibull, foram ferramentas eficientes na determinação e análise das áreas promissoras. Em termos de análise da distribuição de Weibull, seria indicado valores do fator de forma K acima de 2, e fator de escala acima de 6m/s.

Para complementar o presente estudo, seria indicado um estudo mais detalhado sobre a frequência da direção do vento.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE, O. C. A. et al. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília: e-dea Technologies, 2001.
- BARRETO, Aldinete Bezerra, M. R. S. Aragão, and. Célia Campos Braga. **Estudo do ciclo diário do vento à superfície no nordeste do Brasil**. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Vol. 12, 2012.
- COSTA, G. B.; LYRA, R. F. F. **Análise dos padrões de vento no Estado de Alagoas**. Revista Brasileira de Meteorologia, São Paulo, v. 27, n. 31, p. 31-38, 2012.
- ELETROBRAS. **Atlas Eólico do Estado de Alagoas**. Centrais Elétricas Brasileiras S. A. Rio de Janeiro, v. 67 p. 2008.
- MME, **Balanco Energético Nacional, ano base 2005**. Ministério das Minas e Energia. 192p., 2006.
- RAMOS, D. N. S. **Mapeamento eólico do Estado de Alagoas utilizando ferramentas computacionais e dados observados**. 2012. 130 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió (AL), 2012.

RAMOS, D.N.S., LYRA, R.F.F., SILVA JUNIOR, R.S. **Previsão do vento utilizando o modelo atmosférico WRF para o estado de Alagoas**, Revista Brasileira de Meteorologia, v.28, n.2, 163 - 172, 2013.

SILVA JÚNIOR, R. S. et al. **Mapeamento do potencial eólico do Estado de Alagoas utilizando o modelo WRF**. Anais do I Seminário Nacional de Engenharia do Vento (SENEV). Belo Horizonte: UFMG. P. 6, 2010.

SILVA JÚNIOR, R. S. et al. **Prognóstico do vento para o estado de alagoas utilizando o modelo wrf em alta resolução: avaliação da melhoria da topografia, uso do solo e velocidade de fricção**. Revista Ciência e Natura, Santa Maria/RS, v.38, Ed. Especial, p.137-144, 2016.

TALBOT, Charles; BOU-ZEID, Elie; SMITH, Jim. **Nested mesoscale large-eddy simulations with WRF: performance in real test cases**. Journal of Hydrometeorology, v. 13, n. 5, p. 1421-1441, 2012.

CALIBRAÇÃO REGIONAL DE MODELOS SIMPLIFICADOS DE ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO GLOBAL PARA SINOP-MT

Adilson Pacheco de Souza¹, Tamara Zamadei², Bruno Henrique Casavecchia²,
Andréa Carvalho da Silva³, Adriana Aki Tanaka³

¹Engenheiro Agrícola, Prof. Adjunto III, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, e-mail: pachecoufnt@gmail.com;

²Engenheiro(a) Florestal, Doutorando(a), PPG em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, e-mail: tamarazamadei@gmail.com;

brunohcasavecchiaef@gmail.com; ³Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, Sinop, Mato Grosso, e-mail: andcar1007@gmail.com; dritanak@hotmail.com

RESUMO: O conhecimento dos níveis de radiação que atingem a superfície terrestre é de extrema importância para estudos nos mais variados campos de conhecimento. Para locais em que não há medidas de rotina, as equações matemáticas são ótimas alternativas para obtenção da radiação solar global (H_G), com base em outros elementos meteorológicos. Na literatura existem diversos modelos para tais estimativas, com diferentes graus de complexidade e coeficientes parametrizados. Neste estudo objetivou-se avaliar o desempenho de quinze modelos simplificados de estimativa de H_G para o município de Sinop-MT. Os dados meteorológicos foram obtidos junto à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Agrossilvipastoril, medidos em estação meteorológica automática, entre 13/08/2013 e 02/03/2017. Foram calibrados os coeficientes parametrizados de cada modelo (com 70% da base de dados) e na avaliação do desempenho estatístico (com 30% da base de dados) foram empregados os indicadores MBE, RMSE e índice de ajustamento “d” de Willmott. A dispersão entre os valores medidos e os valores estimados (RMSE) está, em média, $3,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ para todos os modelos estudados, tanto no agrupamento anual, quanto nos sazonais. De forma geral, os modelos Bristow e Campbell, Donatelli e Campbell e Goodin et al. apresentaram melhor desempenho de estimativa da radiação solar global na área de estudo. Recomenda-se a utilização dos mesmos também para estimativas sazonais das estações verão e inverno; já para primavera e outono os modelos de estimativa mais eficientes são Goodin et al. e Meza e Varas, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: temperatura do ar, coeficientes parametrizados, radiação solar.

REGIONAL CALIBRATION OF SIMPLIFIED GLOBAL RADIATION ESTIMATE MODELS FOR SINOP-MT

ABSTRACT: The knowledge of the radiation levels that reach the earth's surface is of extreme importance for studies in the most varied fields of knowledge. For locations where there are no routine measurements, mathematical equations are optimal alternatives for obtaining global solar radiation (H_G), based on other meteorological elements. In the literature there are several models for such estimates, with different degrees of complexity and parameterized coefficients. This study aimed to evaluate the performance of fifteen simplified models of H_G estimation for the municipality of Sinop-MT. The meteorological data were obtained from the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA) Agrossilvipastoril, measured in automatic meteorological station, between 08/13/2013 and 02/02/2017. The parameterized coefficients of each model (with 70% of the database) and the statistical performance

evaluation (with 30% of the database) were calibrated using the MBE, RMSE and the "d" adjustment indexes from Willmott. The dispersion between the measured values and the estimated values (RMSE) is, on average, 3.0 MJ m⁻² day⁻¹ for all the models studied, both in the annual and in the seasonal groupings. In general, the models Bristow & Campbell, Donatelli & Campbell and Goodin et al. Presented better estimation performance of global solar radiation in the study area. It is recommended to use them also for seasonal estimates of summer and winter seasons; Already for spring and autumn the most efficient estimation models are Goodin et al. and Meza & Varas, respectively.

KEY-WORDS: air temperature, parameterized coefficients, solar radiation.

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos níveis de radiação que atingem a superfície terrestre é de extrema importância para estudos nos mais variados campos de conhecimento. Tal monitoramento é fundamental para agricultura, meteorologia, climatologia, química da atmosfera, camada de ozônio, balanço de energia e hídrico, qualidade do ar e interação clima/oceano, consumo hídrico de plantas e modelos de desenvolvimento e/ou produção de culturas, práticas de eficiência energética e de conforto térmico na arquitetura e na construção civil, dentre outros (TEVINI, 1993; PEREIRA et al., 2006).

A medida da radiação solar em um determinado local e período do ano permite o desenvolvimento de modelos de estimativas dos elementos meteorológicos, imprescindíveis para estudos ambientais e desenvolvimento de tecnologias (CARGNELUTTI FILHO et al., 2007), que por sua vez, possibilitam a utilização da radiação solar como fonte de energia renovável, limpa e sustentável.

Na falta de medidas de radiação solar, podem ser empregadas relações empíricas por meio de modelos de estimativa que utilizem outros elementos meteorológicos disponíveis (TANAKA, 2013). Souza et al. (2017) realizou a calibração de vários modelos simplificados de estimativa de H_G para diferentes localidades do estado de Mato Grosso, e encontraram dificuldades nas estimativas para a região de Sinop, em função da limitação da base de dados do INMET (acima de 60% de falhas na partição diária). Em função da importância da aplicação de H_G em projetos e manejos de sistemas hidroagrícolas, ainda existe a demanda de avaliação de modelos simplificados no contexto regional, visando aplicações em séries temporais climáticas maiores (acima de 10 anos).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desempenho de quinze modelos simplificados de estimativa da radiação solar global para o município de Sinop, Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de radiação solar global (H_G), temperatura do ar (T_{ar}) e precipitação (P) foram obtidos junto à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Agrossilvipastoril, provenientes de estação meteorológica automática localizada no município de Sinop-MT (latitude: -11°51'42.6", longitude: -55°36'45.1", altitude 370m). A série de dados estudada compreende de 13/08/2013 a 02/03/2017, sendo que a estação ficou inoperante no período de 28/10/2014 a 07/01/2015. O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é do tipo tropical quente e úmido Aw, caracterizado pela presença de duas estações bem definidas: chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro). As temperaturas médias mensais oscilam entre 23,0 °C e 25,8 °C, com valor médio anual de 24,7 °C (SOUZA et al., 2013).

Os modelos de estimativa da radiação solar global avaliados, coeficientes com demanda para calibração e suas respectivas referências encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Equações de estimativa da radiação solar global, parâmetros e referências.

Modelo	Equação	Parâmetros	Referência
1 - ABS	$H = 0,75 \left(1 - \exp\left(-b \frac{\Delta T^2}{\Delta T_{med}}\right) \right) H_0$	b	Abraha e Savage (2008)
	$H = 0,75 [1 - \exp(-b f(T_{med}) \Delta T^2 f(T_{min}))] H_0$		
2 - ASW	$f(T_{med}) = 0,017 \exp\left[\frac{1}{T_{med}} \exp(-0,053 T_{medio})\right]$	b, tnc	Abraha e Savage (2008); Weiss et al (2001)
	$f(T_{min}) = \exp\left(\frac{T_{min}}{tnc}\right)$		
3 - ALM	$H = a \Delta T^b \left[1 - \exp\left(-c \left(\frac{e_{smin}}{e_{smax}}\right)^d\right) \right] H_0$	a, b, c, d	Almorox et al (2011)
4 - ANN	$H = a(1 + 2,7 \cdot 10^{-5} Alt) \sqrt{\Delta T} H_0$	a	Annandale et al (2002)
5 - BRC	$H = a [1 - \exp(-b \Delta T^c)] H_0$	a, b, c	Bristow e Campbell (1984)
6 - CHE	$H = (a\sqrt{\Delta T} + b) H_0$	a, b	Chen et al (2004)
7 - DJS	$H = a\Delta T^b (1 + cP + dP^2) H_0$	a, b, c, d	De Jong e Stewart (1993)
8 - DOC	$H = a \left(1 - \exp\left(-b \frac{\Delta T^c}{\Delta T_{med}}\right) \right) H_0$	a, b, c	Donatelli e Campbell (1998)
9 - GOO	$H = a \left(1 - \exp\left(-b \frac{\Delta T^c}{H_0}\right) \right) H_0$	a, b, c	Goodin et al (1999)
10 - HAR	$H = a(T_{max} - T_{min})^{0,5} H_0$	a	Hargreaves (1981)
11 - HU1	$H = a\sqrt{\Delta T} H_0 + b$	a, b	Hunt et al (1998)
12 - HU2	$H = a\sqrt{\Delta T} H_0 + bT_{max} + cP + dP^2 + e$	a, b, c, d, e	Hunt et al (1998)
13 - MAH	$H = a \Delta T^{0,69} H_0^{0,91}$	a	Mahmood e Hubbard (2002)
14 - MEV	$H = 0,75(1 - \exp(-b\Delta T^2)) H_0$	b	Meza e Varas (2000)
15 - THR	$H = H_0 [1 - 0,9 \exp(-b\Delta T^{1,5})]$	b	Thornton e Running (1999)

As equações escolhidas são baseadas em temperatura do ar e precipitação, variáveis amplamente monitoradas nas estações automáticas. Os modelos foram ordenados de acordo com o nome do(s) autor(es) e, em sua maioria, são derivados das propostas de Hargreaves (1981) e Bristow e Campbell (1984), com diferentes demandas quanto a coeficientes parametrizados com necessidade de calibração.

A amplitude térmica foi obtida através da diferença entre as temperaturas máxima e mínima do dia. A pressão de saturação do vapor de água da atmosfera foi obtida de acordo com a Equação 1:

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\left(\frac{7,5 T}{287,5+T}\right)} \quad (1)$$

em que: e_s – pressão de saturação de vapor (kPa); T – temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Para obtenção de $e_{s_{\min}}$ foram utilizados os valores de temperatura mínima do ar (T_{\min}) e, para o cálculo de $e_{s_{\max}}$ os dados de temperatura máxima do ar (T_{\max}). No processamento dos dados foram obtidos os instantes de nascer e pôr do sol, declinação solar, irradiação no topo da atmosfera, cosseno do ângulo zenital ($\cos Z$) e ângulo horário solar diário para a superfície horizontal. Os coeficientes das equações foram ajustadas com a utilização da ferramenta de otimização Solver do Microsoft Excel.

O coeficiente de transmissividade atmosférica da radiação global (K_T) ou índice de claridade foi obtido pela razão entre a radiação global (H_G) e a radiação no topo da atmosfera (H_0). Posteriormente, estabeleceu-se a classificação da cobertura de céu em função de K_T proposto por Escobedo et al. (2009), a qual dispensa o uso de dados de radiação direta e/ou difusa, e considera as classes de condição de céu da Tabela 2.

Tabela 2. Em seguida, realizou-se a distribuição de frequência da base de dados por condição de cobertura de céu.

Intervalo de K_T	Cobertura de céu
$0 \leq K_T < 0,35$	nublado
$0,35 \leq K_T < 0,55$	parcialmente nublado
$0,55 \leq K_T < 0,65$	parcialmente aberto
$0,65 \leq K_T < 1$	aberto

Na avaliação do desempenho estatístico das equações foram empregados os indicativos MBE, RMSE e índice de ajustamento “d” de Willmott (Equações 2, 3 e 4). O indicativo MBE representa o desvio das médias e provê informações quanto à performance do modelo a longo prazo. Segundo Stone (1993), quanto menor o valor absoluto de MBE, melhor é a performance do modelo testado. O RMSE é a raiz quadrada do erro quadrático médio e informa sobre o valor real do erro produzido pelo modelo. Em geral, quanto menores os valores obtidos para RMSE, melhor performance dos modelos. O índice de ajustamento “d” varia de 0 a 1 e representa o quanto os valores estimados se ajustam com os valores medidos (WILLMOTT, 1981).

$$\text{MBE} = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)}{N} \quad (2)$$

$$\text{RMSE} = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N} \right] \quad (3)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i| + |O_i|)^2} \quad (4)$$

em que: P_i é o valor estimado; O_i é o valor medido; O_{im} é o valor medido médio; N é o número de observações; $|P_i|$ é o valor absoluto da diferença $P_i - O_{im}$; $|O_i|$ é o valor absoluto da diferença $O_i - O_{im}$.

Considerando os indicativos e no intuito de analisar com maior restrição o desempenho dos modelos gerados, empregou-se o método dos valores de posição dos

indicativos estatísticos (Vp), no qual atribuiu-se pesos de 1 a “n” para cada indicador estatístico em cada modelo, onde “n” corresponde ao número de modelos testados. Ao final, o melhor modelo considerado foi aquele que apresentou o menor somatório de pesos (menor Vp acumulado) (SOUZA et al., 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações diárias da radiação global (MJ m^{-2}) que atinge a superfície horizontal e do coeficiente de transmissividade atmosférica (K_T) podem ser observadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

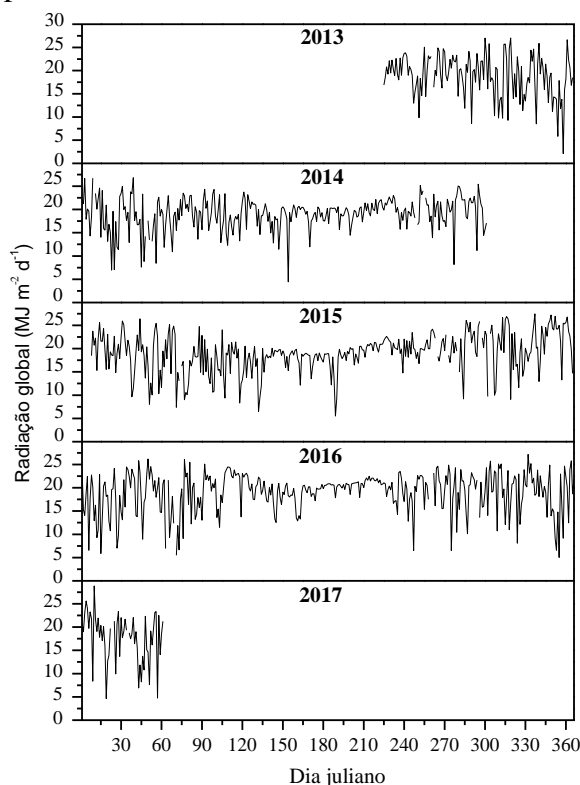


Figura 1. Valores diários da radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) no município de Sinop-MT, entre 13/08/2013 e 02/03/2017.

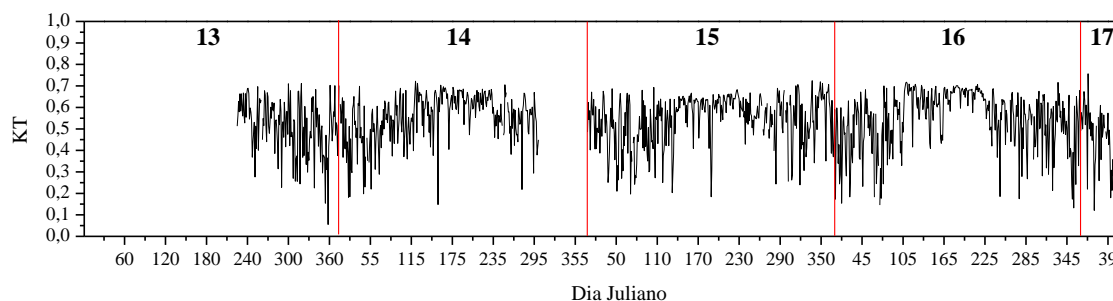


Figura 2. Evolução anual de K_T no município de Sinop-MT, entre 13/08/2013 e 02/03/2017

A energia média diária observada foi de $18,97 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$, com mínima de $2,10 \text{ MJ m}^{-2}$ ($K_T = 0,06$) em 24/12/2013 e máxima de $28,82 \text{ MJ m}^{-2}$ ($K_T = 0,76$) em

10/01/2017. Durante este período (estação chuvosa), além da elevada nebulosidade na maioria dos dias, deve-se levar em conta que o fenômeno de precipitação também é responsável pela limpeza da atmosfera, carregando grande parte das partículas em suspensão para a superfície, deixando a atmosfera mais limpa (QUERINO et al., 2011).

Nas estações chuvosas (primavera/verão) predominam dias parcialmente nublados (43,75%; 47,74%); já no período seco (outono/inverno) há maior número de dias com cobertura de céu parcialmente aberto (40,07%; 46,62%).

Os parâmetros das equações de estimativa da radiação solar global calibrados para o município de Sinop e os valores dos indicadores estatísticos estão apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. A Figura 3 representa as correlações entre os valores de radiação solar observados e os estimados para a área de estudo pelos 15 modelos adotados.

Tabela 3. Parâmetros calibrados de equações simplificadas de estimativa da radiação global para o município de Sinop, estado de Mato Grosso.

Modelos															
Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
a	-	-	0,04	0,15	0,62	0,15	0,15	0,62	0,62	0,15	0,15	0,08	0,12	-	-
b	0,10	-	1,29	0,01	0,00	0,50	0,01	0,67	0,00	0,21	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
c	-	0,057	4	-	7	0	3	7	4	-	0	7	-	0	5
d	-	-	2,11	-	1,97	-	0,00	2,97	1,95	-	-	0,00	-	-	-
e	-	-	0	-	9	-	0	9	3	-	-	0	-	-	-
f	-	-	1,49	-	-	-	0,00	-	-	-	-	0,00	-	-	-
g	-	-	8	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-
h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,96	-	-	-
i	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-
j	-	10,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tnc	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²	0,54	0,46	0,57	0,48	0,60	0,48	0,48	0,60	0,60	0,48	0,48	0,44	0,39	0,35	0,29

Ordem numérica dos modelos em acordo com a Tabela 1.

Tabela 4. Indicativos estatísticos obtidos para aplicações de equações simplificadas de estimativa da radiação global calibradas regionalmente, no agrupamento anual de dados.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
d	0,82	0,88	0,85	0,78	0,87	0,78	0,78	0,87	0,86	0,78	0,78	0,73	0,80	0,85	0,81
	(5)	(1)	(4)	(8)	(2)	(8)	(8)	(2)	(3)	(8)	(8)	(9)	(7)	(4)	(6)
MBE (MJ/m ² /d)	0,04	0,21	-0,02	0,02	-0,04	0,02	-0,02	-0,04	-0,02	0,02	0,02	0,06	-0,18	0,61	-0,06
	(2)	(5)	(1)	(1)	(2)	(1)	(1)	(2)	(1)	(1)	(1)	(3)	(4)	(6)	(3)
RMSE (MJ/m ² /d)	2,83	3,07	2,74	3,02	2,65	3,02	3,02	2,65	2,65	3,02	3,02	3,10	3,26	3,35	3,50
	(3)	(5)	(2)	(4)	(1)	(4)	(4)	(1)	(1)	(4)	(4)	(6)	(7)	(8)	(9)
Vp ac.	10	11	7	13	5	13	13	5	5	13	13	18	18	18	18

Valores entre parênteses indicam o Vp do modelo para cada indicativo estatístico, no qual atribuiu-se pesos de 1 a 15 correspondentes ao melhor e pior modelo por indicativo estatístico. Vp acumulado (Vp ac.) indica o somatório de Vp em todos os indicativos estatísticos considerados. Ordem numérica dos modelos em acordo com a Tabela 1.

Os valores do coeficiente de determinação da regressão linear (R²) variaram entre 0,29 e 0,60. Tanaka (2013) ao estudar tais modelos para a mesma localidade, porém com base de dados diferente (-11,9822 S, -55,5658 W, 371m de altitude), encontrou valores de R² variando entre 0,11 e 0,69.

Através da análise do indicativo estatístico MBE, que representa o desvio das médias, pode-se afirmar que os modelos tendem a superestimar os valores da radiação global. A dispersão entre os valores medidos e os valores estimados (RMSE) está, em

média, $3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ para todos os modelos estudados. O índice d variando de 0,73 a 0,88 indica que os modelos obtiveram resultados com boa precisão.

Para o agrupamento anual, os modelos Bristow e Campbell, Donatelli e Campbell e Goodin et al. apresentaram melhor desempenho de estimativa da radiação solar global na área de estudo. Tanaka (2013) observou em seu estudo melhores performances para os modelos Bristow e Campbell, Hunt (1-2) e Hargreaves.

Na Tabela 5 estão representados os indicativos estatísticos dos modelos nos agrupamentos sazonais, assim como o V_p acumulado para análise de desempenho.

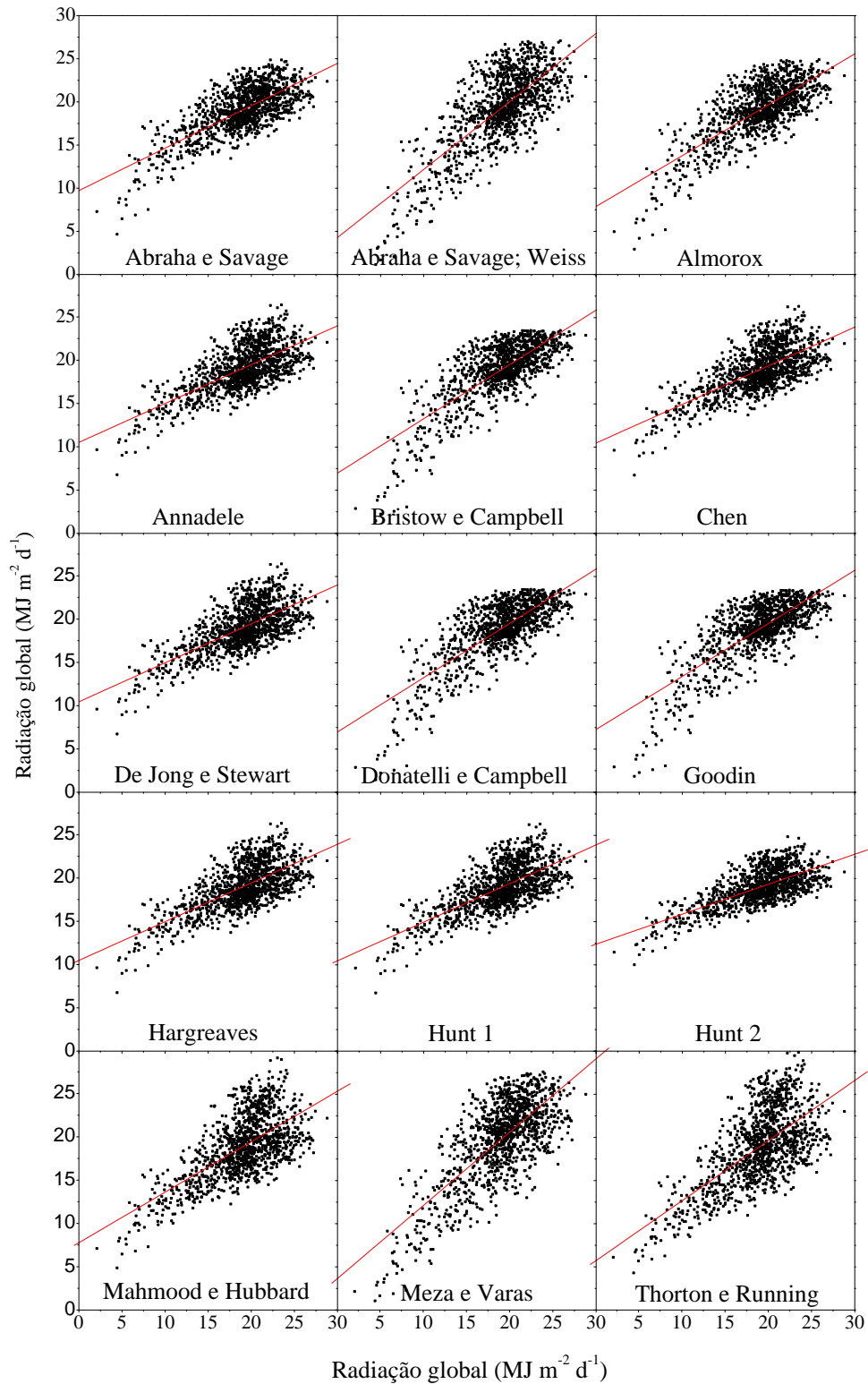


Figura 3. Representações gráficas das correlações entre a radiação solar global medida e a radiação global estimada por diferentes modelos calibrados para Sinop, MT.

Tabela 5. Indicativos estatísticos obtidos para aplicações de equações simplificadas de estimativa da radiação global calibradas regionalmente, nos agrupamentos sazonais de dados.

Indicativo Estatístico	Modelos de Estimativa															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
D	PRI	0,82 (5)	0,86 (2)	0,86 (2)	0,79 (6)	0,87 (1)	0,79 (6)	0,79 (6)	0,87 (1)	0,87 (1)	0,79 (6)	0,79 (6)	0,73 (7)	0,83 (4)	0,86 (2)	0,84 (3)
	VER	0,84 (6)	0,91 (1)	0,89 (3)	0,80 (7)	0,90 (2)	0,80 (7)	0,80 (7)	0,90 (2)	0,90 (2)	0,80 (7)	0,80 (7)	0,73 (8)	0,85 (5)	0,91 (1)	0,87 (4)
	OUT	0,81 (6)	0,86 (1)	0,84 (3)	0,79 (7)	0,85 (2)	0,79 (7)	0,79 (7)	0,85 (2)	0,83 (4)	0,79 (7)	0,79 (7)	0,75 (8)	0,81 (6)	0,86 (1)	0,82 (5)
	INV	0,77 (1)	0,71 (6)	0,72 (5)	0,76 (2)	0,76 (2)	0,76 (2)	0,76 (2)	0,76 (2)	0,75 (3)	0,76 (2)	0,76 (2)	0,74 (4)	0,70 (7)	0,65 (8)	0,65 (8)
MBE	PRI	0,30 (6)	0,98 (12)	0,64 (10)	0,16 (4)	0,38 (8)	0,09 (1)	0,11 (3)	0,38 (8)	0,24 (5)	0,09 (1)	0,09 (1)	-0,10 (2)	-0,43 (9)	0,83 (11)	-0,35 (7)
	VER	-0,05 (1)	-0,70 (7)	-0,15 (4)	-0,14 (3)	-0,24 (6)	-0,20 (5)	-0,20 (5)	-0,24 (6)	-0,43 (7)	-0,20 (5)	-0,20 (5)	-0,13 (2)	-1,33 (9)	-0,98 (8)	-1,79 (10)
	OUT	-0,95 (7)	-0,85 (6)	-0,69 (5)	-1,15 (8)	-0,67 (4)	-1,21 (10)	-1,20 (9)	-0,67 (4)	-0,31 (2)	-1,21 (10)	-1,21 (10)	-0,56 (3)	-1,36 (11)	-0,19 (1)	-1,45 (12)
	INV	0,92 (5)	1,58 (9)	0,51 (3)	1,26 (8)	0,32 (1)	1,19 (6)	1,23 (7)	0,32 (1)	0,35 (2)	1,19 (6)	1,19 (6)	0,81 (4)	2,48 (10)	3,27 (12)	3,19 (11)
RMSE	PRI	3,11 (4)	3,50 (9)	3,04 (3)	3,24 (5)	2,94 (2)	3,24 (5)	3,24 (5)	2,94 (2)	2,93 (1)	3,24 (5)	3,24 (5)	3,41 (7)	3,28 (6)	3,56 (10)	3,43 (8)
	VER	3,29 (5)	3,10 (3)	3,02 (2)	3,53 (7)	3,00 (1)	3,54 (8)	3,53 (7)	3,00 (1)	3,02 (2)	3,54 (8)	3,54 (8)	3,85 (10)	3,52 (6)	3,21 (4)	3,56 (9)
	OUT	2,59 (5)	2,47 (3)	2,38 (2)	2,74 (7)	2,38 (2)	2,76 (8)	2,76 (8)	2,38 (2)	2,33 (1)	2,76 (8)	2,76 (8)	2,68 (6)	2,82 (9)	2,49 (4)	2,90 (10)
	INV	2,21 (3)	3,09 (7)	2,41 (6)	2,41 (6)	2,16 (1)	2,37 (4)	2,40 (5)	2,16 (1)	2,18 (2)	2,37 (4)	2,37 (4)	2,18 (2)	3,34 (7)	3,92 (8)	3,98 (9)
Vp ac.	PRI	15	23	15	15	11	12	14	11	7	12	12	16	19	23	18
	VER	12	11	9	17	9	20	19	9	11	20	20	20	20	13	23
	OUT	18	10	10	22	8	25	24	8	7	25	25	17	26	6	27
	INV	9	22	14	16	4	12	14	4	7	12	12	10	24	28	28

PRI, VER, OUT e INV representam as estações de primavera, verão, outono e inverno (considerando os seguintes intervalos: 22/setembro a 20/dezembro; 21/dezembro a 20/março; 21/março a 20 de junho e 21/junho a 21/setembro), respectivamente. Ordem numérica dos modelos em acordo com a Tabela 1.

Nos agrupamentos sazonais os modelos apresentaram melhor desempenho de estimativa do que no agrupamento anual, com o índice d de Willmott variando de 0,65 a 0,91. Para os meses de verão e outono os modelos tendem a subestimar os valores de radiação global, ao contrário dos meses de primavera e inverno. Observou-se dispersão de 2,96 MJ m⁻² d⁻¹, em média; com melhor aproximação dos valores medidos nos meses secos (outono/inverno).

Os modelos que apresentaram melhor desempenho de estimativa para as estações primavera e outono foram Goodin et al. e Meza e Varas; respectivamente. Já para as estações verão e inverno o modelo Bristow e Campbell obteve melhores aproximações aos valores observados (Figura 4).

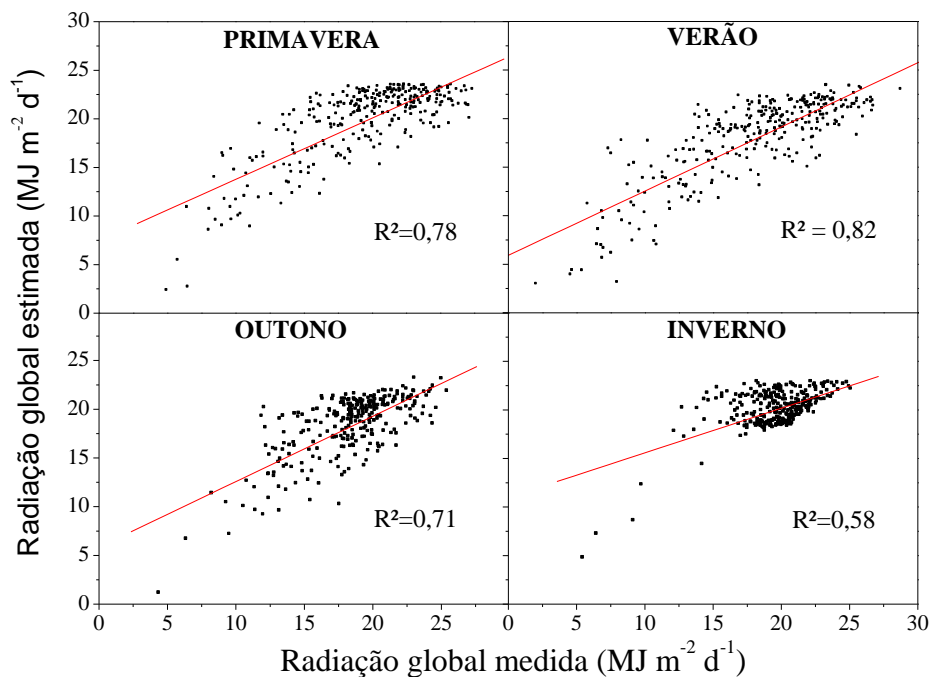


Figura 4. Modelos que apresentaram melhor desempenho de estimativa da radiação global por estação do ano em Sinop-MT.

CONCLUSÕES

A dispersão entre os valores medidos e os valores estimados (RMSE) está, em média, $3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ para todos os modelos estudados, tanto no agrupamento anual, quanto nos sazonais.

De forma geral, os modelos Bristow e Campbell, Donatelli e Campbell e Goodin et al. apresentaram melhor desempenho de estimativa da radiação solar global na área de estudo. Recomenda-se a utilização dos mesmos também para estimativas sazonais das estações verão e inverno; já para primavera e outono os modelos de estimativa mais eficientes são Goodin et al. e Meza e Varas, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), por concessão de bolsas de estudos aos alunos da pós-graduação. A Embrapa Agrossilvipastoril pela disponibilidade da base de dados on-line (disponível em: <https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/estacao-meteorologica>).

REFERÊNCIAS

ABRAHA, M. G.; SAVAGE, M. J. Comparison of estimates of daily solar radiation from air temperature range for application in crop simulations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Philadelphia – PA, USA, v. 148, p. 401-16, 2008.

ALMOROX, J.; HONTORIA, C.; BENITO, M. Models for obtaining daily global solar radiation with measured air temperature data in Madrid (Spain). **Applied Energy**, London, v.88, p.1703-1709, 2011.

ANNANDALE, J.G.; JOVANIC, N. Z.; BENADE, N.; ALLEN, R. G. Software for missing data error analysis of Penman-Monteith reference evapotranspiration. **Irrigation Science**, Cordoba, v. 21, p. 57-67, 2002.

BRISTOW, K. L.; CAMPBELL, G. S. On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, Philadelphia, v. 31, p. 159-166, 1984.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; SILVA, B. P. da. Tamanho de amostra para estimativa das médias decendiais de radiação solar global no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1402-1410, 2007.

CHEN, R. S.; ERSI, K.; YANG, J. P.; LU, S. H.; ZHAO, W. Z. Validation of five global radiation models with measured daily data in China. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 45, p. 1759-1769, 2004.

DE JONG, R.; STEWART, D. W. Estimating global solar radiation from common meteorological observations in western Canada. **Can. Journal of Plant Science**, Davis, v. 73, p. 509-518, 1993.

DONATELLI, M.; CAMPBELL, G. S. A simple model to estimate global solar radiation. In: **Proceedings**. ESA Congr., 5th, Nitra, Slovak Republic, 28 June–2 July 1998. The Slovak Agricultural University, Nitra, Slovak Republic, p. 133-134, 1998.

ESCOBEDO, J. F.; GOMES, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. **Applied Energy**, London, v. 86, n. 3, p. 299-309, 2009.

GOODIN, D. G.; HUTCHINSON, J. M. S.; VANDERLIP, R. L.; KNAPP, M. C. Estimating solar irradiance for crop modeling using daily air temperature data. **Agronomy Journal**, Wooster, v. 91, p. 845- 851, 1999.

HARGREAVES, G. H. Responding to tropical climates. In: **The 1980–81 Food and Climate Review**, The Food and Climate Forum, Aspen Institute for Humanistic Studies, Boulder, Colo, p. 29-32. 1981.

HUNT, L. A.; KUCHAR, L.; SWANTON, C. J. Estimation of solar radiation for use in crop modeling. **Agricultural and Forest Meteorology**, Philadelphia, v. 91, n. 3-4, p. 293-300, 1998.

MAHMOOD, R.; HUBBARD, K. G. Effect of time and temperature observation and estimation of daily solar irradiance for the northern Great Plains, USA. **Agronomy Journal**, Wooster, v. 94, p. 723-733, 2002.

MEZA, F.; VARAS, E. Estimation of mean monthly solar global radiation as a function of temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, Philadelphia, v. 100, p. 231-41, 2000.

PEREIRA, E. B., MARTINS, F. R., ABREU, S. L.; RÜTHER, R., 2006. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 60 p.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, J. K. A. DA S.; VON RADOW, C.; MARQUES FILHO, A. de O. Estudo da radiação solar global e do índice de transmissividade (K_T), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas-Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 26, n. 2, p. 204-294, 2011.

SOUZA, A. P. de; MOTA, L. L. da; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

SOUZA, A. P. de; SILVA, A. C.; TANAKA, A. A.; ULIANA, E. M.; ALMEIDA, F. T.; KLAR, A. E.; GOMES, A. W. A. Global radiation by simplified models for the state of Mato Grosso, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 4, p. 215-227, 2017.

STONE, R. J. Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models. **Solar Energy**, Kidlington, v. 51, n. 4, p. 289-291, 1993.

TANAKA, A. A. **Avaliação de métodos de estimativa da radiação solar global e da evapotranspiração de referência para o estado de Mato Grosso**. 110f. 2013. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

TEVINI, M., 1993. **UV-B radiation and ozone depletion: effects on humans, animals, plants, microorganisms and materials**. Boca Raton, Lewis Publishers, 248 p.

THORNTON, P. E.; RUNNING, S. W. An improved algorithm for estimating incident daily solar radiation from measurements of temperature, humidity, and precipitation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Philadelphia, v. 93, p. 211-228, 1999.

WEISS, A.; HAYS, C. J.; HU, Q.; EASTERLING, W. E. Incorporating bias error in calculating solar irradiance: implications for crop yield simulations. **Agronomy Journal**, Wooster, v. 93, p. 1321-1326, 2001.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, Stockholm, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.

AValiação de Métodos de Interpolação do Índice de Satisfação das Necessidades de Água

Daniel de Castro Victoria¹, Alan Massaru Nakai², Giovana Maranhão Bettiol³, José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro¹, Aryeverton Fortes de Oliveira¹

¹Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP, {daniel.victoria; eduardo.monteiro; ary.fortes}@embrapa.br; ²Analista, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP, alan.nakai@embrapa.br; ³Analista, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, giovana.bettiol@embrapa.br

RESUMO: O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) é um instrumento da política agrícola brasileira, que indica as melhores épocas de plantio para diversas culturas, reduzindo o risco climático de perdas quando observado. Uma das etapas consiste na interpolação do Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA). Devido ao grande número de combinações (diversas culturas, 3 solos, 3 ciclos, 2 fases de interesse e 36 períodos de plantio) essa etapa deve ser eficiente e com pequena intervenção humana, permitindo automatização e tratamento objetivo das informações. Foram avaliados dois métodos de interpolação, IDW e krigagem com ajuste automático de parâmetros. Através da validação cruzada, constatou-se a importância do fator de potência do IDW, com valores menores gerando maiores RMSE (raiz do erro quadrado médio). Ao limitar o raio de busca da interpolação, o IDW apresentou desempenho semelhante à krigagem quanto ao ajuste entre dados estimados e observados, porém, a superfície interpolada apresenta oscilações bruscas indesejadas. A interpolação por krigagem resultou em bom ajuste entre os dados observados e preditos e uma superfície interpolada mais suave, mostrando que o método pode ser utilizado com relativa segurança e vantagem para a automação da etapa de interpolação do ZARC.

PALAVRAS-CHAVE: zoneamento agroclimático, krigagem, IDW, risco climático.

EVALUATION OF WATER STRESS INDEX INTERPOLATION METHODS

ABSTRACT: The Agriculture Climatic Risk Zonning (ZARC) is part of the Brazilian agriculture policy and defines the most favorable planting dates for several crops, minimizing climatic risk. Part of the process is the interpolation of the water stress index. Due to the large number of combinations (several crops, 3 soil types, 3 growing period length, 2 critical phases and 36 planting periods), the interpolation method used must be efficient and require the least amount of human interference, allowing for automation. Two interpolation methods were tested, IDW and kriging with automatic parameter estimation. Cross-validation results showed that IDW is highly dependent on the weighting factor and that lower weights produces higher RMSE. Limiting search radius in IDW reduced RMSE to levels close to kriging however, this method generates circular features over the observed points. On the other hand, kriging resulted in good agreement between observed and estimated values and produced a smooth surface, showing that this method could be used to automate the interpolation step in the ZARC.

KEY-WORDS: agroclimatic zonning, kriging, IDW, climatic risk.

INTRODUÇÃO

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) é um instrumento técnico científico da política agrícola brasileira (MAPA, 2017; SANTOS; MARTINS, 2016). Esse indica as melhores épocas de plantio para diferentes culturas de forma a minimizar o risco climático (BRASIL, 2008). Séries históricas de dados meteorológicos, principalmente temperatura e precipitação, são utilizadas para calcular indicadores de risco, sendo o Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA) o mais utilizado. O ISNA representa a razão entre a evapotranspiração real e potencial (E_{tr}/ETP) da cultura, associado à produtividade relativa. Para cada estação meteorológica considerada, mensura-se o valor de ISNA que ocorre em dada frequência acumulada. Assim é possível identificar locais com probabilidade de pelo menos 80% dos valores de ISNA serem iguais ou superiores a determinado valor. Locais e decêndios em que o ISNA é superior a um limiar, que varia de acordo com a cultura e a produtividade relativa pretendida, são considerados com baixo risco para plantio. Outros fatores também são levados em consideração (limites térmicos, probabilidade de ocorrência de geadas, período de vazios sanitários) a depender da cultura. Dessa forma, o ZARC identifica as épocas de plantio com maior probabilidade das necessidades hídricas das culturas serem atendidas e se obter sucesso na produção.

O ISNA é calculado nos locais das estações meteorológicas, que apresentam distribuição espacial não homogênea no território. No entanto, o ZARC precisa fazer indicações para todo o País. Assim, é preciso interpolar os dados e estimar o ISNA em locais sem a presença de estações. Existem diversos métodos de interpolação, sendo que cada um é mais indicado para um ou outro fim. Alguns trabalhos investigaram métodos de interpolação para o ISNA, sendo a krigagem por indicação a melhor opção (ASSAD et al., 2003; DE MACEDO et al., 2001). No entanto, o método necessita de uma análise dos dados a fim de estabelecer os melhores parâmetros que descrevem as relações espaciais, o que demanda tempo e dedicação de um intérprete.

Atualmente o ZARC considera, para a maior parte das culturas, 3 tipos de solo, 3 durações de ciclo, 2 períodos críticos, 4 níveis de risco e 36 datas de plantio, resultando em 2592 interpolações no território brasileiro para cada cultura. Aliado ao fato de que o ZARC contempla uma grande gama de culturas (próximo de 40), é importante que o método de utilizado seja rápido e necessite de poucos ajustes e análises manuais. Só assim é possível automatizar essa etapa e ganhar agilidade na produção do zoneamento. Dessa forma, esse trabalho avaliou dois métodos de interpolação que possam ser facilmente automatizados: i) inverso da distância ponderada (IDW na sigla em inglês) e ii) krigagem ordinária com ajuste automático dos parâmetros do semivariograma.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação dos métodos de interpolação foi conduzida utilizando os valores de ISNA calculados para 3569 estações distribuídas ao longo do território nacional. Foram utilizados os dados calculados para o 28º decêndio do ano (1 a 10 de outubro), para a cultura do milho, com ciclo de duração média, solo de textura média (**Figura 1**). Para o período em questão o ISNA é elevado na região Sul do Brasil enquanto que o Nordeste apresenta valores muito reduzidos. Esse período foi escolhido justamente por apresentar variação das condições de ISNA no País, a fim de avaliar a capacidade dos métodos de interpolação por inverso da distância ponderada (IDW) e krigagem ordinária.

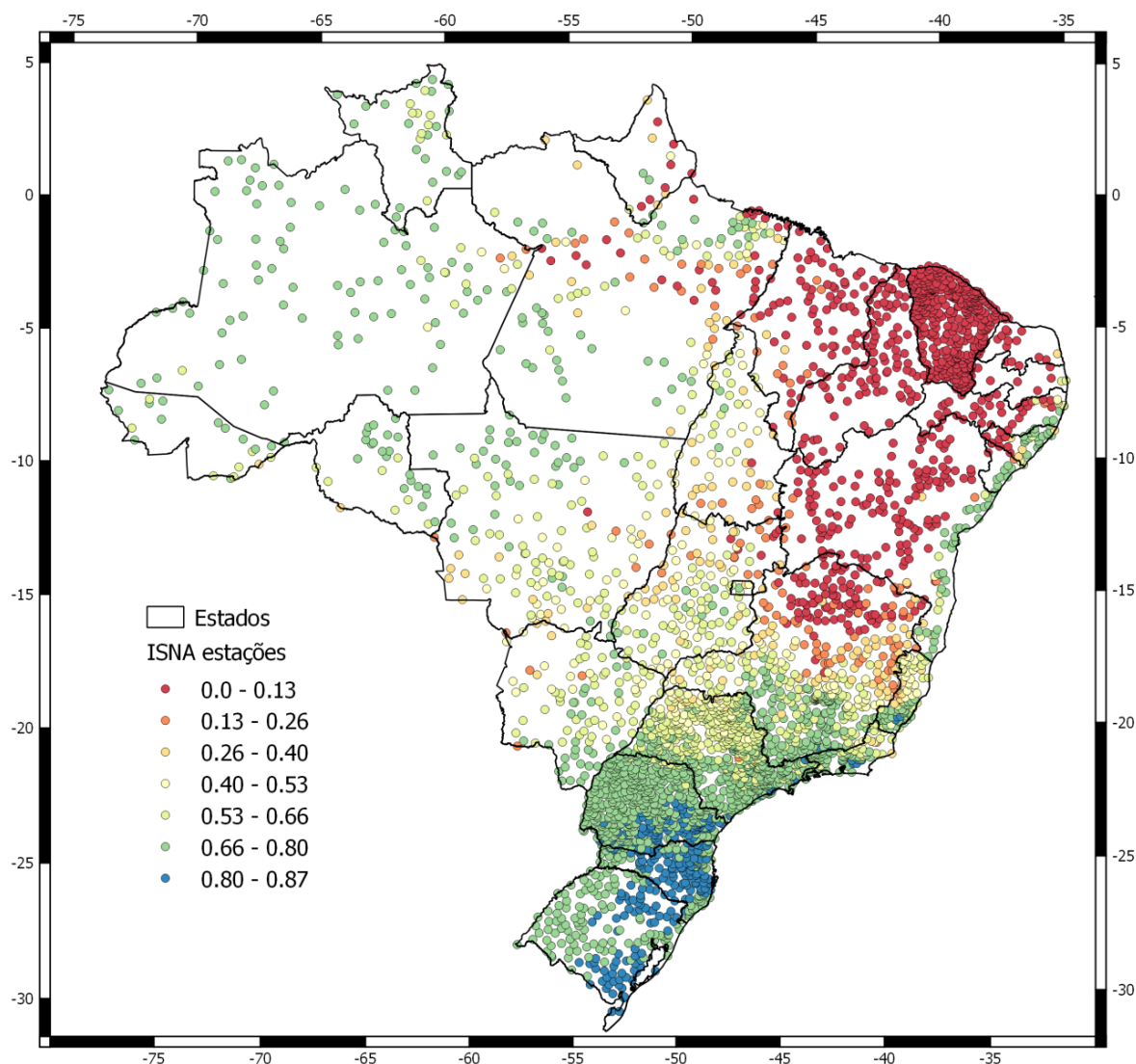


Figura 1. Estações utilizadas no processo de interpolação e valores de ISNA com 80% de probabilidade de ocorrência para o decêndio 28, cultura do milho, ciclo médio e solo de textura média.

O método IDW calcula o valor de uma variável em um ponto desconhecido a partir da média ponderada dos valores observados mais próximos. A forma de ponderação da média é feita através do inverso da distância entre o ponto estimado e os dados observados, ou seja, pontos mais próximos têm maior influência. Adicionalmente, um fator de ponderação pode ser utilizado, dando maior ou menor peso às distâncias. Comumente esse interpolador é utilizado com fator de ponderação = 2, o que o torna conhecido como inverso do quadrado da distância. No entanto, outros valores podem ser utilizados. Esse trabalho avaliou o interpolador usando fatores de ponderação variando de 0,5 a 4.

A krigagem ordinária é um método de interpolação que se baseia em modelos estatísticos que avaliam as relações entre os pontos amostrados. O método leva em consideração a distância e direção entre os pontos a fim de estimar os valores nos locais não amostrados, além de fornecer uma medida da acurácia da predição. De forma semelhante ao IDW, a krigagem estima o valor em uma posição desconhecida a partir da ponderação dos valores observados no entorno. Porém, diferentemente do método

mais simples, os pesos utilizados pela krigagem se baseiam não só na distância, mas também na distribuição dos pontos. Tais pesos são estimados a partir de uma análise da correlação espacial das amostras, em que um modelo matemático é ajustado ao semivariograma amostral (ESRI, [s.d.]). Comumente o ajuste do modelo requer a análise de uma pessoa com conhecimento do método, a fim de escolher os melhores parâmetros para a construção do semivariograma amostral e dos valores iniciais para o ajuste do modelo. No entanto, existem ferramentas que realizam o ajuste de forma automática, a partir de valores pré-estabelecidos. Esse trabalho avaliou a interpolação por krigagem utilizando o ajuste automático realizado pelo pacote *automap* do ambiente computacional R.

O R é uma linguagem e um ambiente de programação estatística e de geração de gráficos, distribuído como um software livre (GNU) e que pode ser expandido com o uso de *pacotes*. Inspirado pela linguagem S, o R é desenvolvido como uma linguagem de programação que permite aos usuários adicionarem novas funcionalidades, através do desenvolvimento de funções e pacotes (R CORE TEAM, 2017).

A acurácia das interpolações foi avaliada a partir da validação cruzada com 100 repetições, ou seja, o conjunto de dados amostrais foi dividido em 100 grupos de forma aleatória. Em seguida, o processo de interpolação foi repetido 100 vezes, sendo que em cada uma delas, um dos grupos era retirado da amostra e seus valores estimados. Isso permitiu calcular o desvio entre os dados reais e interpolados. Para cada um dos métodos avaliados foi calculado a raiz do erro quadrado médio (RMSE) bem como a regressão linear entre os valores estimados e observados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A validação cruzada da interpolação utilizando o IDW apresentou variação no RMSE e dos coeficientes de ajuste da regressão linear entre os dados preditos e observados (**Tabela 1**). No entanto, essa interpolação não limitou o número de vizinhos utilizados no processo de estimativa dos pontos desconhecidos. Isso significa que pontos muito distantes, dependendo da potência utilizada, têm uma influência relativamente grande no cálculo do valor interpolado, em relação a valores mais próximos. Isso é o que acontece no cálculo utilizando potências baixas (0,5 ou 1). Já ao aumentarmos a potência utilizada, pontos próximos terão maior influência no valor interpolado. No entanto, é sabido que interpolações com IDW com potências elevadas causam efeitos conhecidos como ‘olhos de boi’, feições circulares localizadas nos pontos amostrados (**Figura 2**).

Tabela 1. Raiz do erro quadrado médio (RMSE) e coeficientes da regressão linear da validação cruzada da interpolação do ISNA, utilizando IDW com diferentes potências. Almeja-se que a regressão entre os dados preditos e observados fiquem mais próximas da linha 1:1 (coef. Angular = 1 e linear = 0)

Potência	RMSE	R ²	Coef. angular	Coef. linear
0,5	0,24	0,76	0,22	0,39
1	0,17	0,80	0,47	0,26
2	0,09	0,91	0,83	0,08
3	0,07	0,94	0,93	0,03
4	0,08	0,94	0,95	0,02

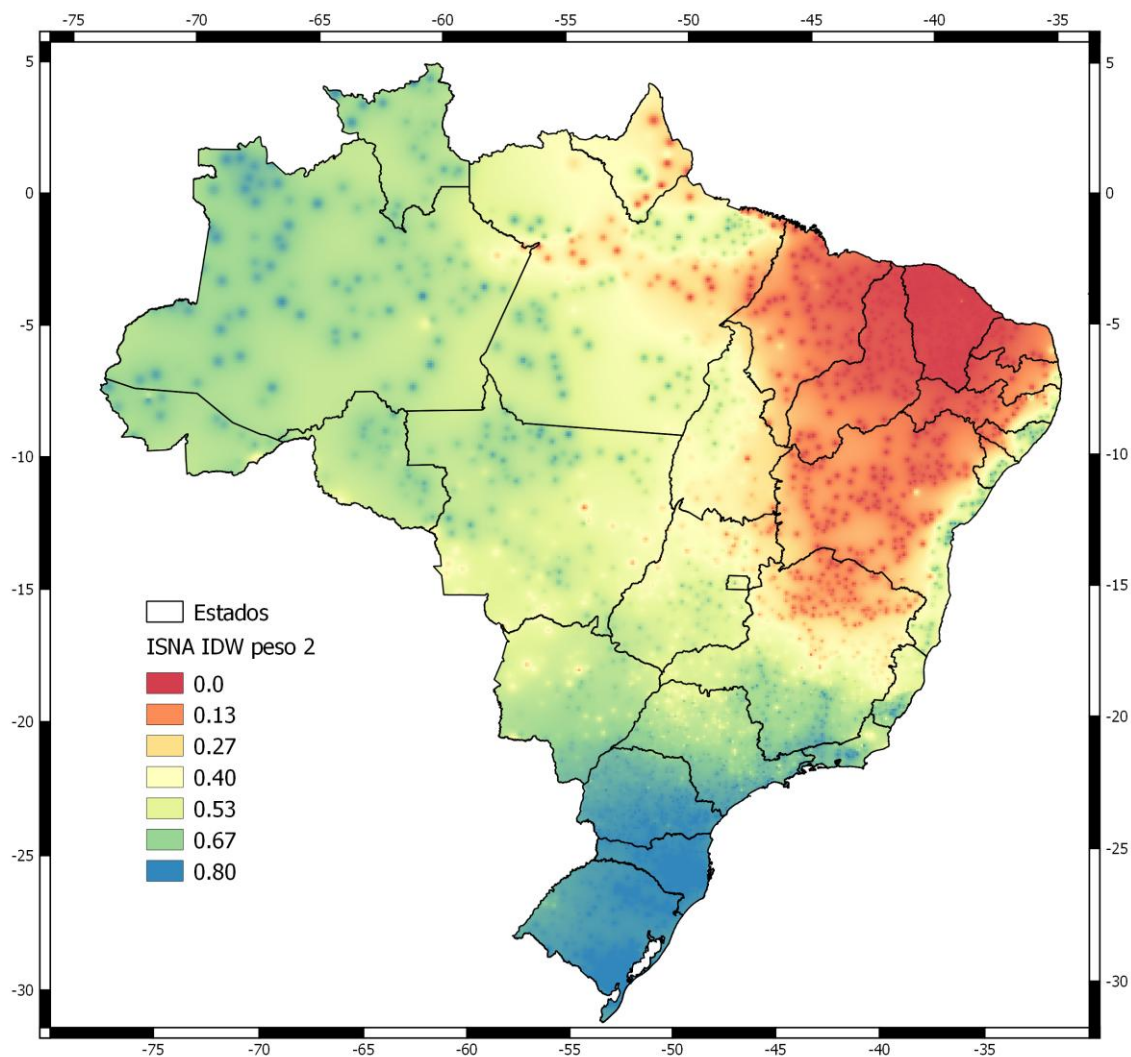


Figura 2. Interpolação do ISNA utilizando IDW, com potência 2 (quadrada), sem limitação do número de vizinhos, demonstrando o efeito "olho de boi".

Uma forma de reduzir a formação dessas feições circulares é reduzir a potência utilizada ou limitar o número de vizinhos no processo de interpolação. Limitando a interpolação a 10 vizinhos, a potência utilizada mostrou pequena influência no RMSE e nos coeficientes de ajuste da regressão linear (**Tabela 2** e **Figura 3**). Também é importante salientar que os resultados obtidos foram superiores aos observados utilizando o mesmo método, porém sem limite do raio de busca.

Tabela 2. Raiz do erro quadrado médio (RMSE) e coeficientes da regressão linear obtidos pela validação cruzada da interpolação do ISNA utilizando o método IDW, com diferentes potências e limite no raio de busca da interpolação em 10 vizinhos.

Potência	RMSE	R ²	Coef. angular	Coef. linear
0,5	0,08	0,94	0,93	3,47
1	0,07	0,94	0,94	3,30
2	0,07	0,94	0,94	2,94
3	0,07	0,94	0,95	2,76
4	0,08	0,94	0,95	2,59

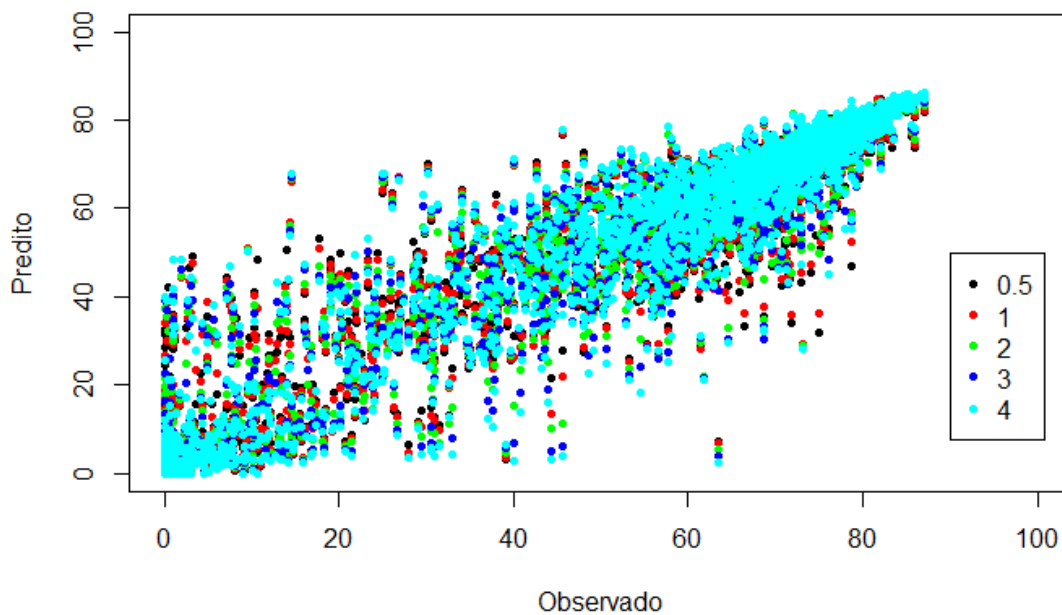


Figura 3. ISNA predito pelo IDW, com diferentes pesos, limitados à 10 vizinhos, e valor observado

A interpolação por krigagem ordinária utilizando o ajuste automático dos parâmetros (pacote *automap*) resultou em um semivariograma que não apresentou um patamar claro (**Figura 4**), com presença de tendência. Isso indica que pontos localizados a grandes distâncias podem ter influência no resultado interpolado, ainda que em menor peso. Tal constatação tem fundamento, uma vez que as condições agroclimáticas semelhantes podem abranger grandes regiões em um decêndio específico. No caso do período estudado por exemplo, existe uma grande área no NE brasileiro com valores de ISNA inferiores a 0,13. Também temos valores de ISNA semelhantes em estações localizadas no N e SE do País. É preciso uma investigação mais profunda a fim de se obter um semivariograma com melhor definição do alcance e patamar, avaliando a existência de tendências nos dados (DA SILVA; GUIMARÃES; TAVARES, 2008). No entanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o resultado da interpolação por krigagem utilizando as funcionalidades de ajuste automático, com o intuito de automatizar o procedimento. Dessa forma, utilizou-se o semivariograma estimado automaticamente.

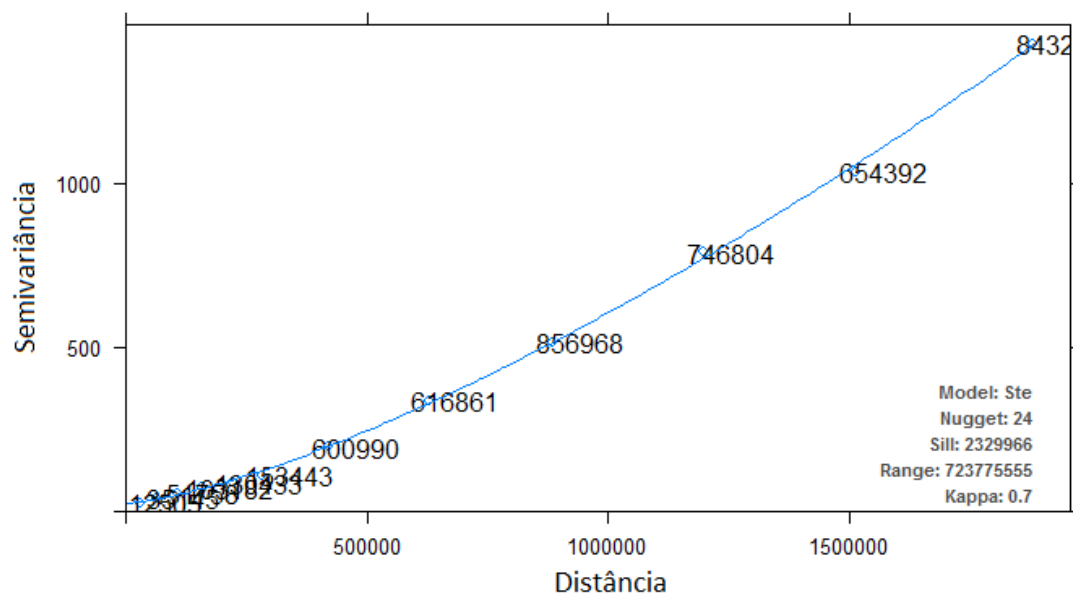


Figura 4. Semivariograma experimental e modelo ajustado, obtidos utilizando ferramentas de ajuste automático (pacote *automap*).

A validação cruzada da interpolação utilizando a krigagem apresentou RMSE de 0,07, igual ao obtido utilizando a interpolação com IDW, peso 1 e limite de 10 vizinhos. A regressão linear entre os dados observados e preditos pela krigagem também se mostrou similar aos resultados obtidos com o IDW (**Figura 5**), com $R^2 = 0,94$; coeficiente angular = 0,94 e linear = 0,03. A limitação do número de vizinhos no processo de krigagem não resultou em diferenças na validação cruzada.

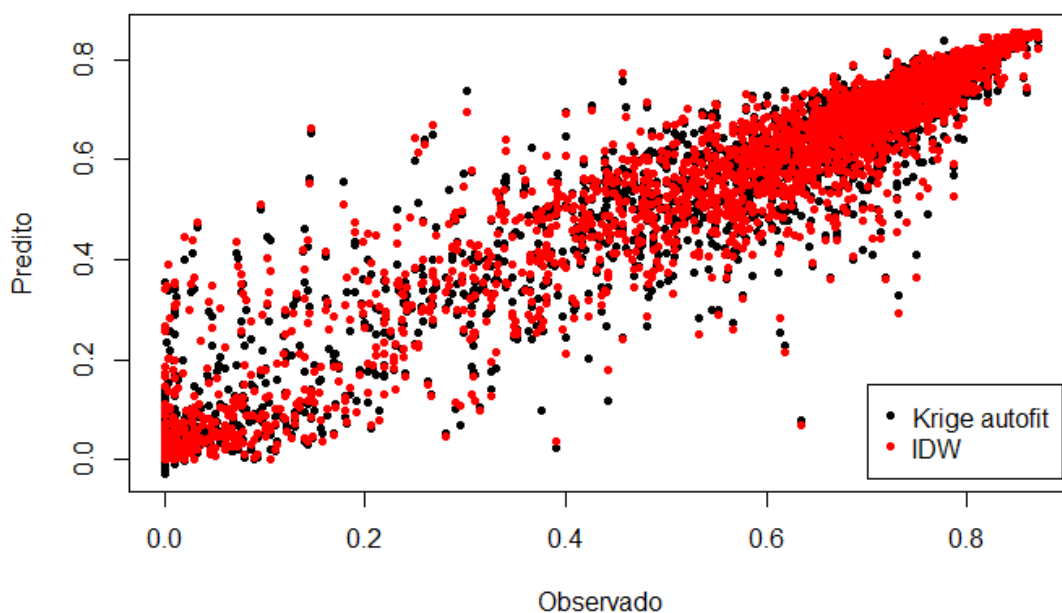


Figura 5. Valores de ISNA observados e preditos pela interpolação utilizando krigagem ou IDW, com peso 1 e limite de 10 vizinhos.

O resultado final do mapa interpolado apresenta as vantagens de se utilizar um método mais elaborado como a krigagem. Mesmo utilizando um valor reduzido de potência e limitando o número de vizinhos no processo de interpolação, o IDW ainda gera feições circulares ao redor dos pontos amostrados (**Figura 6**). Por outro lado, a krigagem resulta em uma superfície interpolada mais suave (**Figura 7**), sem grandes quebras localizadas nos pontos amostrais e retendo o mesmo padrão espacial observado na interpolação feita utilizando o IDW. Outros autores também destacaram a produção de superfícies mais suaves quando utilizada a krigagem, com a vantagem do método também prover estimativa da incerteza, através da variância do erro de estimação (ASSAD et al., 2003; DE MACEDO et al., 2001). No entanto, esses trabalhos não realizaram uma validação cruzada, a fim de quantificar os resíduos entre valores interpolados e observados e que podem ser úteis para avaliar os locais com maiores problemas relacionados à interpolação ou identificar estações com resultados muito diferentes das encontradas em seu entorno.

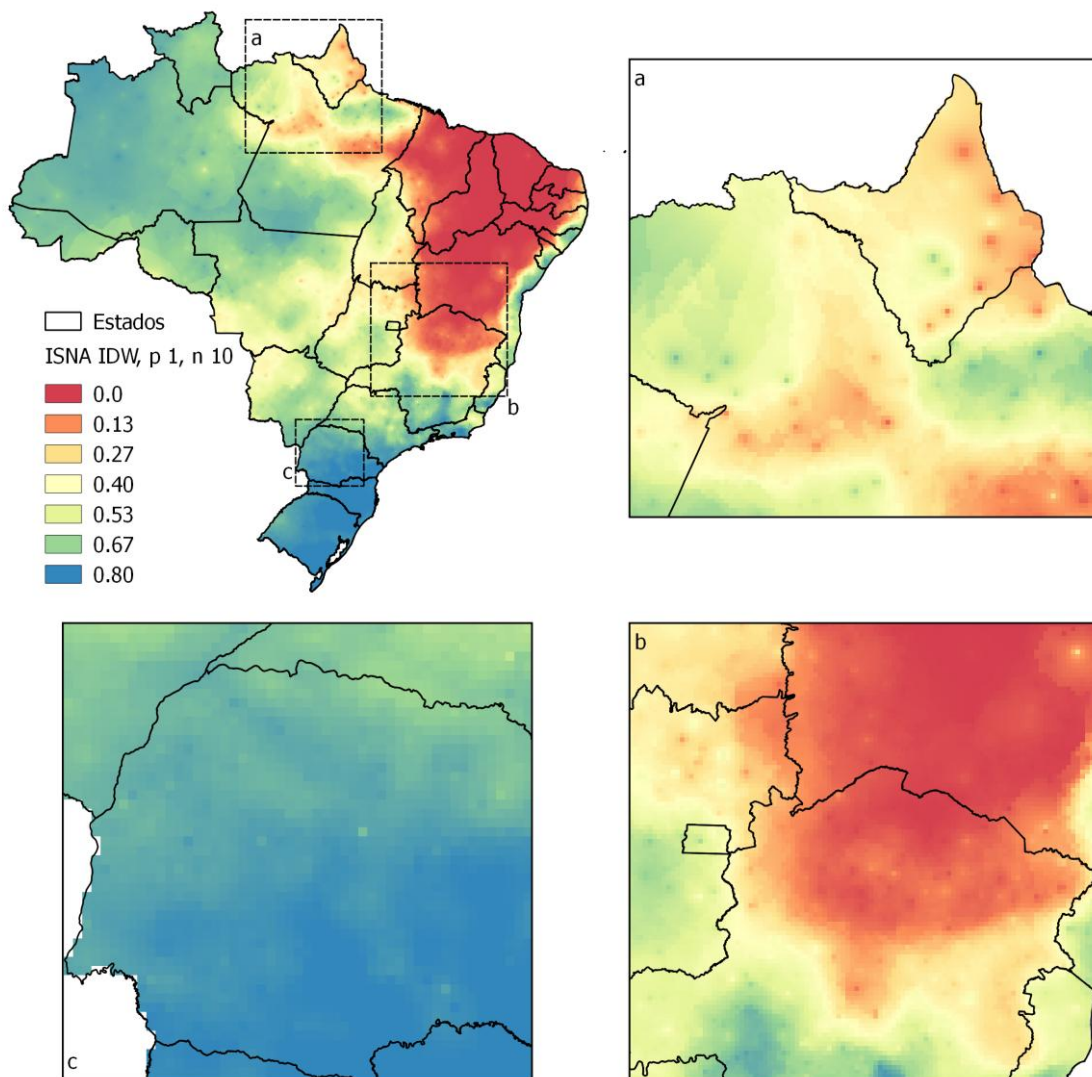


Figura 6. ISNA interpolado utilizando método IDW, com peso 1 e limite de 10 vizinhos. Destaques mostram as feições circulares, presentes mesmo quando utilizando peso mais reduzido.

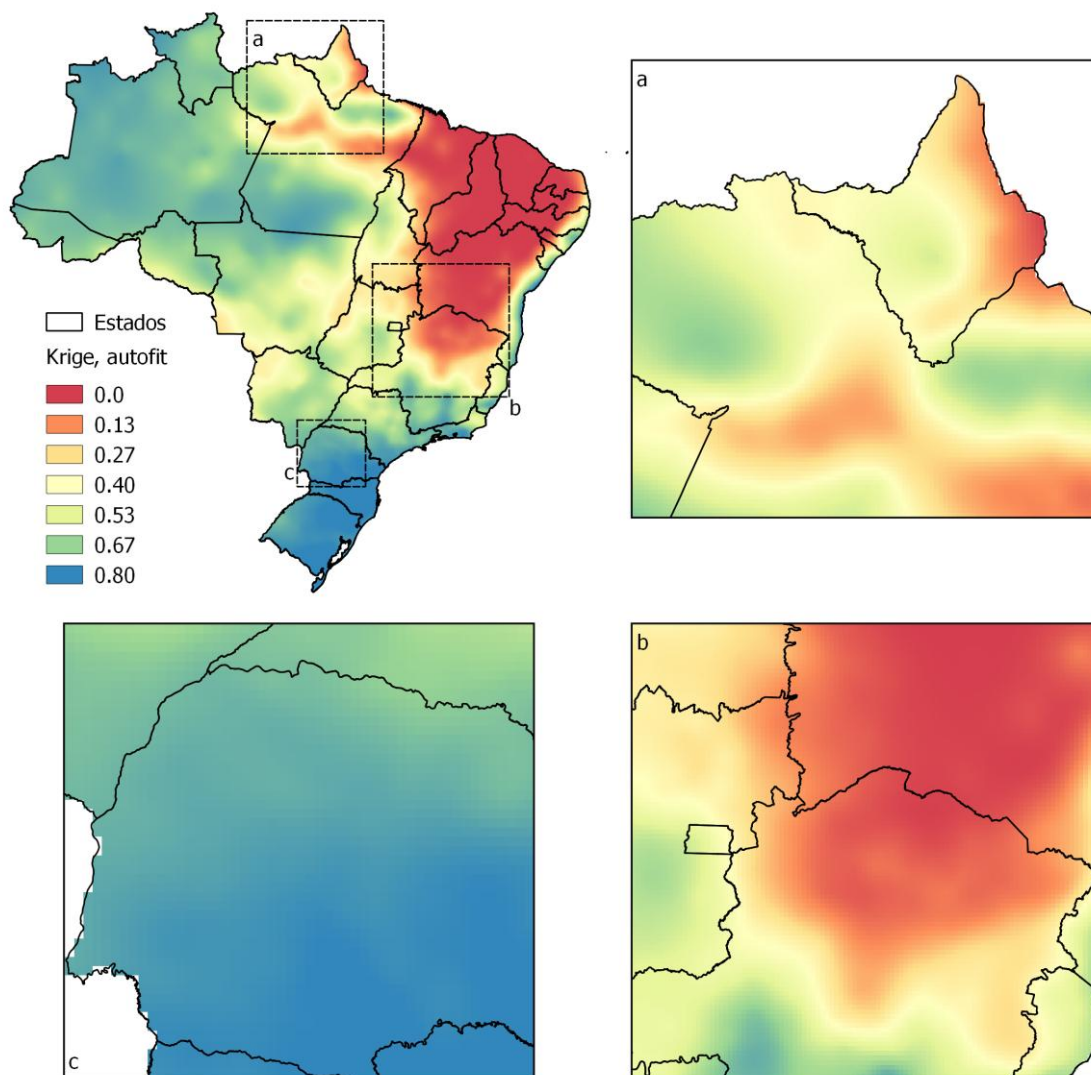


Figura 7. ISNA interpolado utilizando método da krigagem, com ajuste automático dos parâmetros. Destaques mostram superfície mais suave em relação ao IDW.

CONCLUSÕES

O fator de potência utilizado pelo método IDW tem efeito direto na qualidade do resultado. Potências menores resultam em RMSE elevados e piores ajustes entre os dados observados e interpolados. No entanto, ao utilizar potências mais elevadas, a superfície interpolada apresenta feições circulares localizadas nos pontos amostrais.

Reduzindo-se a potência do interpolador e limitando o número de vizinhos, a interpolação por IDW apresentou RMSE inferior, com melhor ajuste entre dados observados e estimados, além de produzir uma superfície com menor presença de feições pontuais, apesar de ainda estarem presentes.

A krigagem ordinária com ajuste automático dos parâmetros apresentou resultados semelhantes e ligeiramente superiores ao IDW com peso igual a 1 e limite de 10 vizinhos, quando comparado o RMSE e a regressão linear entre os dados observados e estimados. Porém, a interpolação por krigagem resultou em uma superfície mais suave, sem a presença de feições circulares localizadas nas áreas amostrais, sujeitas às mensurações espúrias do ISNA. Dessa forma, conclui-se que, dentre as configurações

avaliadas, a krigagem mostra-se mais apropriada para ser utilizada no processo de interpolação utilizado no ZARC, possibilitando a automatização dos procedimentos sem a necessidade de interferência de um operador humano.

Estudos futuros devem avaliar a interpolação considerando outros períodos, dado que ao longo do tempo os resultados do ISNA podem ser mais homogêneos entre estações. Os métodos de interpolação, neste caso, podem apresentar desempenho distintos. Vale a pena o esforço de incluir variáveis explicativas como relevo e altimetria, e comparar o desempenho dos métodos para diferentes tipos de solo e duração de ciclo. Também deverão ser feitas análises considerando outras formas de krigagem, como remoção de tendências espaciais, krigagem por indicação e co-krigagem, sempre levando em consideração a necessidade de se desenvolver procedimentos que possam ser automatizados, devido ao grande volume de dados envolvidos no processamento do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC).

REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D. et al. Evaluation of geostatistics methods for interpolation of agrometeorological indices used to define climatic risks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 161–171, fev. 2003.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. SECRETARIA DA AGRICULTURA FAMILIAR. **Zoneamento agrícola de risco climático: instrumento de gestão de risco utilizado pelo Seguro Agrícola do Brasil**, 2008. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/catalogo/REC000fh9aa3ly02wyiv80efhb2azt3pt25.html>>. Acesso em: 26 abr. 2017

DA SILVA, A. R.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Efeito de tendência no ajuste de semivariogramas esféricos. **FAMAT em Revista**, v. 10, p. 107–116, 2008.

DE MACEDO, M. A. et al. Avaliação de métodos para espacialização de índices de necessidade hídrica das culturas e sua aplicação em zoneamento agrícola. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 9, n. 3, p. 581–587, 2001.

ESRI. **How Kriging works—Help | ArcGIS for Desktop**. Disponível em: <<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO). **Zoneamento Agrícola**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 10 maio. 2017.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017.

SANTOS, W. G. DOS; MARTINS, J. I. F. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 73–94, 29 dez. 2016

PRODUTIVIDADE ATINGÍVEL EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE SEMEADURA PARA SOJA NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Santiago Vianna Cuadra¹, Ivan Rodrigues de Almeida², Ana Claudia Barneche de Oliveira³, Jose Renato Boucas Farias⁴

¹²³Doutores, Pesquisadores da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, E-mails: santiago.cuadra@embrapa.br, ivan.almeida@embrapa.br, ana.barneche@embrapa.br; ⁴Doutor, Pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR, E-mail: joser Renato.farias@embrapa.br.

RESUMO: Apesar do aumento da produção e da produtividade nas últimas décadas, a produtividade agrícola da soja nos principais estados produtores, principalmente nos estados da região Sul, está sujeita a fortes perdas produtivas advindas de eventos climáticos adversos. Esse trabalho tem como objetivo apresentar estimativas dos valores esperados para a produtividade de grãos da cultura da soja em função das épocas de semeadura para os estados da região Sul do Brasil, através do modelo CROPGRO-Soybean. O referido modelo representou de forma coerente as diferenças entre as distribuições cumulativas de probabilidade das produtividades entre os estados da região Sul. As simulações indicam que as maiores produtividades são obtidas com as semeaduras no início da safra, entre outubro e novembro, coerente com as produtividades atualmente obtidas nestes estados. Os valores de produtividade esperadas são superiores para o estado do Paraná em relação ao Rio Grande do Sul para todas as épocas de semeadura, em particular para os meses de outubro e novembro (em dezembro os valores são mais próximos). As semeaduras nos meses de outubro e novembro, apesar de proporcionarem maiores produtividades esperadas, apresentam maiores desvios devido à ocorrência de quebras, quando comparadas com as semeaduras em dezembro, para o Rio Grande do Sul.

PALAVRAS-CHAVE: Soja (*Glycine Max* (L.) Merrill); Modelo CROPGRO-Soybean; Épocas de semeadura.

ATTAINABLE YIELD AS FUNCTION OF SOWING DATES FOR SOYBEAN IN THE SOUTHERN REGION OF BRAZIL

ABSTRACT: Despite the increase in production and yield in the last decades, soybean yield in the major producing states, especially in the southern states, is subject to heavy yield losses due to adverse climate events. This work aims to present estimations of attainable soybean yield as a function of the sowing dates for the southern Brazilian states, through the CROPGRO-Soybean model. The CROPGRO-Soybean model consistently represented the differences between the empirical cumulative distributions for soybean yield among the southern states. The simulations indicate that higher yields may be achieved with the sowing at the beginning of the sowing season, between October and November, consistent with practices nowadays recommended for these states. The expected yield values are higher for the Paraná state than Rio Grande do Sul, for all sowing dates, in particular for the sowings at October and November (in December the values are closer). Sowing in October and November, although providing higher expected yields, show greater deviations when the occurrence of breaks, when compared to the sowing in December for the Rio Grande do Sul state.

KEY-WORDS: Soybean (*Glycine Max* (L.) Merrill); CROPGRO-Soybean model; Sowing dates.

INTRODUÇÃO

A soja é hoje a principal cultura agrícola no Brasil, ocupando uma área na safra 2016/17 de aproximadamente 33,8 milhões de hectares. Os estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul são os maiores produtores de soja no Brasil (CONAB, 2017). Entretanto, apesar do aumento da produção e da produtividade nas últimas décadas, a produtividade agrícola dos principais estados produtores, principalmente nos estados da região Sul, está sujeita a fortes perdas produtivas advindas de eventos climáticos adversos.

Por exemplo, a produtividade das culturas da soja e milho no estado do Rio Grande do Sul, apesar do ganho de produtividade dessas culturas nas últimas décadas, apresenta considerável variabilidade interanual. Como consequência, a produtividade média das culturas de grãos (sequeiro) cultivadas no verão no estado do Rio Grande do Sul são inferiores às dos demais principais estados produtores e há um alto risco relativo de quebra de safra. Pelo exposto, são de extrema relevância o desenvolvimento e aplicação de novas ferramentas para compreensão e quantificação dos riscos à produção agrícola associados aos fatores climáticos. Esse trabalho tem como objetivo apresentar estimativas dos valores esperados para a produtividade agrícola da cultura da soja em função das épocas de semeadura para os estados da região Sul do Brasil, através do modelo CROPGRO-Soybean.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas duas fontes de dados para ajustar o modelo CROPGRO-Soybean. Dados registrados nos Ensaios de Cultivares em Rede (ECR) e da produtividade agrícola municipal estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O modelo foi ajustado para uma cultivar moderna, com dados dos últimos 5 anos, ajustando os coeficientes genéticos associados com o desenvolvimento fenológico e a produtividade agrícola (considerando mais de cem ciclos). Posteriormente, os dados do IBGE foram ajustados para que os máximos municipais coincidissem com os valores máximos simulados, removendo-se lacuna de produtividade agrícola (“*yield gap*”) – que é variável entre regiões produtoras. A Figura 1 apresenta as curvas de probabilidade cumulativas dos valores de produtividade agrícola do IBGE e simulados para os principais municípios produtores de soja dos estados da região Sul do Brasil, 556 municípios cuja área colhida somaram 95% do total da região. Observa-se que o modelo é capaz de simular a assimetria entre as distribuições dos diferentes estados, com o estado do Paraná apresentando maiores valores de produtividade e curva distorcida para maiores valores de produtividade. A principal diferença é observada para os valores de produtividade inferiores à probabilidade de 25.0% para o estado do Rio Grande do Sul, com valores subestimados pelo modelo.

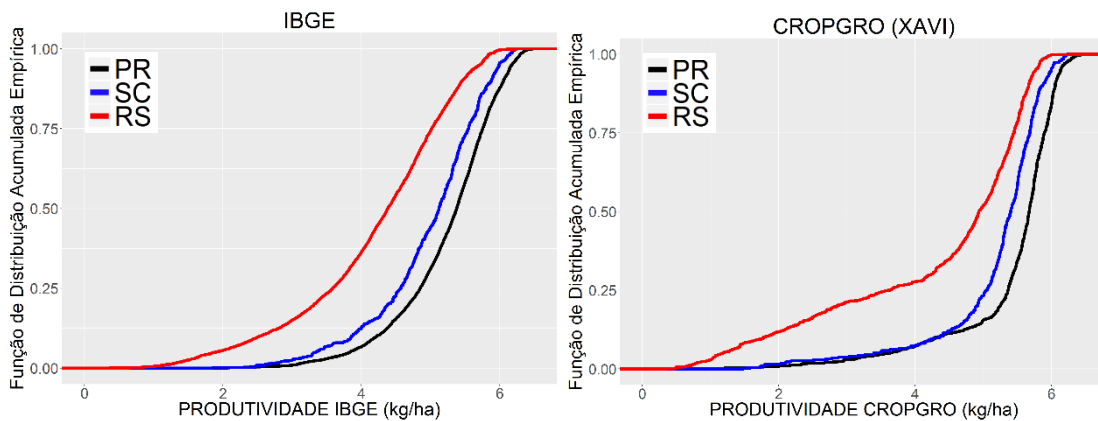


Figura 1. Função de distribuição acumulada empírica da produtividade agrícola atingível (potencial limitada pela deficiência hídrica) estimada com os dados do IBGE e pelo modelo CROPGRO-Soybean para os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, considerando os 556 principais municípios produtores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o box-plot das produtividades segundo o IBGE e simuladas para os três estados da região Sul. Como pode ser observado, os valores da probabilidade de 75%, as médias e medianas da produtividade são maiores para o estado do Paraná (PR), reduzem relativamente pouco para o estado de Santa Catarina (SC) e são cerca de 25% inferiores para o estado do Rio Grande do Sul (RS). Este padrão é bem representado pelo modelo, mas o modelo tende a simular valores mais elevados para a mediana e percentil de 75%. As estimativas do IBGE mostram que o percentil de 25% tem um desvio maior em relação à mediana para o RS, padrão representado, mas superestimado, pelo modelo.

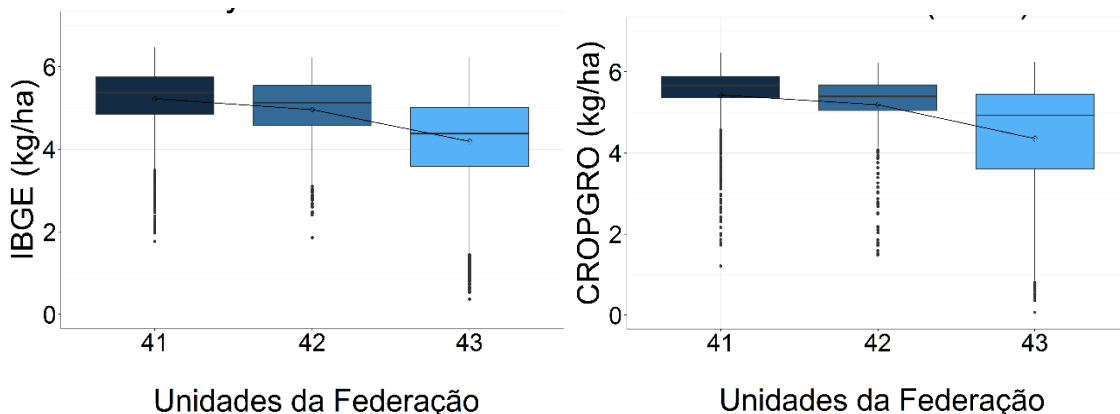


Figura 2. Box-plot da produtividade agrícola atingível (potencial limitada deficiência hídrica) estimada com os dados do IBGE e pelo modelo CROPGRO-Soybean para os estados do Paraná (41), Santa Catarina (42) e Rio Grande do Sul (43).

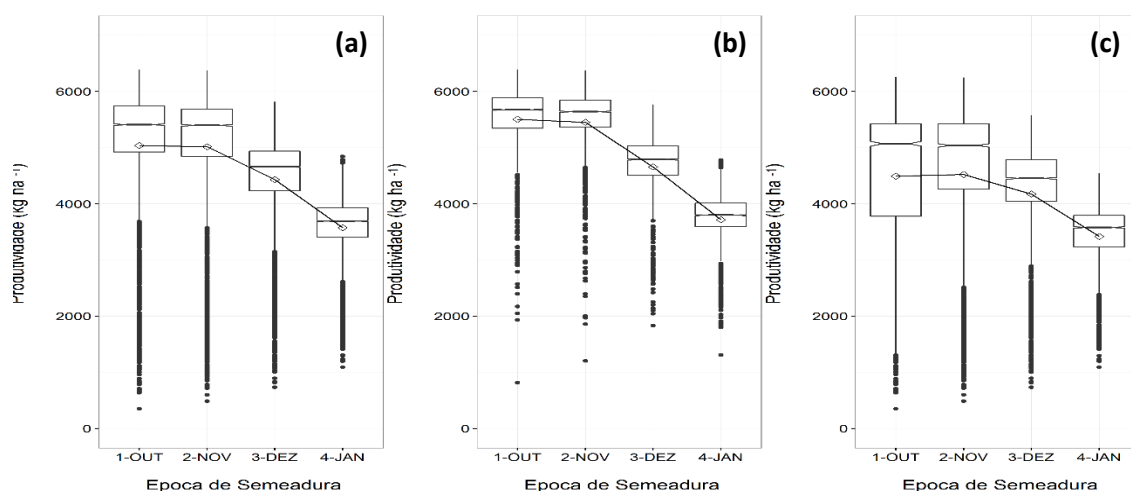


Figura 3. Produtividade Atingível (potencial limitada pela deficiência hídrica) em função das épocas de semeadura para os principais municípios produtores de soja na (a) Região Sul do Brasil, (b) estado do Paraná e (c) estado do Rio Grande do Sul.

A Figura 3 apresenta os valores simulados das produtividades em função das épocas de semeadura considerando os três estados da região Sul e, isoladamente, para os estados do PR e RS. Observa-se claramente que as maiores produtividades são obtidas com as semeaduras ocorrendo entre outubro e novembro. Esse padrão está coerente com os resultados de estudos de campo (ex., ZANON et al., 2016) e com as produtividades atualmente obtidas nestes estados; ou seja, a semeadura antecipada, dentro da janela indicada para as semeaduras nos estados – respeitando-se por exemplo o Vazio Sanitário, resulta potencialmente numa maior produtividade de grãos. Como esperado, pelas análises anteriormente apresentadas, os valores são superiores para o estado do PR em relação ao RS. A semeadura em dezembro resulta numa redução acentuada da produtividade, principalmente no estado do PR. Já para o mês de janeiro observa-se uma redução ainda mais acentuada com relação ao mês de dezembro no RS. As produtividades no RS apresentam maiores desvios do percentil de 25% em relação à média quando comparado com o estado do PR, principalmente para as semeaduras nos meses de outubro e novembro, ou seja, maiores riscos de perda acentuada de produtividade. Outro fator importante observado para o RS é que as semeaduras nos meses de outubro e novembro, apesar de proporcionarem maiores produtividades esperadas, apresentam maiores desvios associados à ocorrência de quebras de safra, em relação à semeadura em dezembro.

CONCLUSÕES

- O modelo CROPGRO-Soybean pode ser usado para estimar as produtividades agrícolas nos estados da região Sul, sendo as diferenças entre as distribuições cumulativas de probabilidade das produtividades entre os estados da região bem representados nas simulações;
- As simulações que indicam maiores produtividades de grãos são obtidas com as semeaduras no início da safra, entre outubro e novembro;
- Esse padrão está coerente com as produtividades atualmente observadas nos estados;
- Os valores de produtividade esperados são superiores para o estado do PR em relação ao RS para todas as épocas de semeadura, em particular para os meses de outubro e novembro (em dezembro os valores são mais próximos);

- A semeadura em dezembro resulta numa redução acentuada da produtividade, principalmente no estado do PR;

- Para o RS, as semeaduras nos meses de outubro e novembro, apesar de proporcionarem maiores produtividades esperadas, apresentam maiores desvios associados à de quebras de safra em relação à semeadura efetuada em dezembro.

REFERÊNCIAS

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 7º Levantamento - Safra 2016/2017 - Grãos. Brasília: Conab, 2017. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_04_17_17_20_55_boletim_graos_abr_2017.pdf >. Acesso em: 09 de mai. 2017.

ZANON, A.J.; GRASSINI, P.; STRECK, N.A.. Climate and Management Factors Influence Soybean Yield Potential in a Subtropical Environment. **Agronomy Journal**, v. 0, p. 1-8, 2016.

WREGGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. (Ed.). Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 333 p. il. Color

AValiação DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO ESTIMADA PELO MODELO DSSAT/CROPGRO-SOYBEAN PARA LOCALIDADE DE PIRACICABA-SP.

Rodolfo Armando de Almeida Pereira¹, Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva², Alexandre Ortega Gonçalves³, Murilo Carreira Ruiz Morales⁴, Fábio Ricardo Marin⁵

¹Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, rodolfopereira@usp.br; ²Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, ehfmsilva@usp.br; ³Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, alexandre.ortega@embrapa.br; ⁴Graduando em Engenharia Agrônômica, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, murilo.morales@usp.br; ⁵Professor Associado do Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, fabio.marin@usp.br.

RESUMO: A soja (*Glycine max* L.) é uma das principais *commodity* agrícola, principalmente no Brasil que tem parte significativa de seu PIB justificado pela agricultura. Nesse sentido é importante a realização de estudos relacionados a produtividade da soja, sendo bastante comum a utilização de modelos de produtividade. O experimento foi conduzido na cidade de Piracicaba-SP, utilizando-se a cultivar PRODUZA IPRO, dando início ao plantio no dia 09 de novembro de 2016, adotando-se sistema de plantio direto em uma área de antecessão de milho consorciado com braquiária. O objetivo deste trabalho, então, foi avaliar e comparar dentro da plataforma DSSAT, no modelo CROPGRO-Soybean dois métodos (o primeiro método utilizado foi o de Penman-Monteith, o segundo Priestley-Taylor) que estimam a evapotranspiração da cultura, a partir de radiação, temperatura do ar e precipitação como parâmetros de entrada. Ambos os modelos, quando comparados com o modelo de razão de Bowen, apresentaram resultados insatisfatórios, devido a tendência em superestimar a ETc. Pode-se dizer que o modelo de Penman-Monteith apresentou dados de evapotranspiração mais próximos da realidade.

PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith, Priestley-Taylor, razão de Bowen

EVAPOTRANSPIRATION ASSESSMENT EVALUATED BY MODEL DSSAT / CROPGRO-SOYBEAN TO PIRACICABA-SP.

ABSTRACT: The soybean (*Glycine max* L.) is the main agricultural commodity, mainly in Brazil that has significant GDP's part justify by the soybean. In this way, it is very important the studies achievement associated with the soy bean's production, it is beeing very commom the use of productivity models. Experiment was conducted at *Piracicaba-SP*, it was used the cultivate (grow crops) PRODUZA IPRO, the planting had is beginning on November 09, 2016, it was adopted a direct planting system in an area with corn and brachiaria antecessors cultures. The goal of this paper was evaluate and compare in a DSSAT/CROPGRO-Soybean model with two methods (Penman-Monteith and Priestley-Taylor) that estimate culture's evapotranspiration according to radiation, air temperature and precipitation with input parameters. Both models when compare with Bowen Ratio, showed unsatisfactory results, due tendency to overestimate the ETc. It's possible to say the Penman-Monteith's model showed evapotranspiration's results more reals.

KEY-WORDS: Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Bowen Ratio

INTRODUÇÃO

Na safra 2015/2016 a soja (*Glycine max* L.) sofreu um quebra na produtividade, fazendo com que a produtividade média brasileira caísse para 2.882 kg.ha⁻¹ (EMBRAPA, 2015). Essa redução na produtividade é geralmente associada a ataques de pragas, doenças ou fatores meteorológicos, principalmente relacionados as condições hídricas como a irregularidade de chuvas, afetando principalmente o balanço hídrico. O efeito hídrico na produtividade da soja é relatado em alguns trabalhos, como o de Matzenauer et al., (2003), Cunha et al., (1998) e Adeboye et al., (2017), onde neles os autores relatam a diminuição da produtividade em função da disponibilidade hídrica.

Nesse sentido é importante que os modelos usados para estimativa da produtividade de culturas, principalmente a da soja, consigam simular os parâmetros de água no sistema solo-planta-atmosfera de maneira satisfatória. Para isso é necessário estimar a evapotranspiração, sendo essa variável utilizada em modelos como o da *Food and Agriculture Organization* (FAO) (DOORENBOS, J.; KASSAM, 1994), o MONICA (BATTISTI et al., 2017), CROPGRO-Soybean (BAO et al., 2017), APSIM-Soybean (ARCHONTOULIS et al., 2014), para ponderar, possíveis oscilações de produtividade.

A evapotranspiração de cultura (ET_c) é um dos principais desafios na modelagem agrometeorológica, uma vez que mensurar tal variável é difícil e onerosa sendo aplicado apenas em situações experimentais (OLIVEIRA MORAES et al., 2009). Dessa maneira existe vários métodos na literatura para se estimar a ET_c, desde métodos práticos que utilizam o coeficiente de cultura (K_c) (PEREIRA et al., 1997), ou que necessitam de equipamentos mais sofisticados como método da razão de Bowen (BOWEN, 1926) e Eddy Covariance (BURBA, 2013) que são baseados no fluxo de energia no sistema micrometeorológico, ou métodos matemáticos adaptados que são baseados em variáveis micrometeorológicas relacionadas ao processo de balanço de energia, como de Priestley e Taylor (PRIESTLEY; TAYLOR, 1972) e o método padrão da FAO (ALLEN et al., 1998) que é baseado em uma derivação da equação de Penman (1948).

Assim o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho da metodologia aplicada para estimativa da evapotranspiração dentro do modelo DSSAT/CROPGRO-Soybean em comparação com o método da razão de Bowen na cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Apresenta-se nessa seção o material e métodos do presente estudo, que será apresentado nos diferentes tópicos: (i) instalação do experimento de campo e coleta de dados; (ii) *Decision Support System for Agrotechnology Transfer* (DSSAT/CROPGRO Soybean); (iii) método de Priestley e Taylor; (iv) método de Penman e Monteith; (v) método da razão de Bowen e (v) estatísticas para avaliação dos modelos.

Instalação do experimento de campo e coleta dos dados

Para aplicação do método da razão de Bowen (MRB) foi necessário instalar um experimento à campo. O experimento foi conduzido na cidade de Piracicaba-SP, latitude 22°52'S e longitude 47°30' O, e altitude de 546 m. A cidade de Piracicaba apresenta uma precipitação média anual de 1.250 mm, sendo caracterizada por verões chuvosos e quentes e invernos secos, consequentemente sendo classificada como Cwa

pela classificação de Köppen (CEPAGRI, 2016). Foi disponibilizada uma área de três hectares, onde dentro desse limite foi delimitado uma subárea para a implantação do experimento, sendo o tipo de solo classificação como Argissoloso Vermelho Eutrófico (EMBRAPA, 2006).

A soja foi plantada no dia 09 de novembro de 2016, adotando-se um sistema de plantio direto em transição antecedido por um consórcio milho e braquiária (*Brachiaria decumbens*), a semeadura obedeceu a um espaçamento de 0,45 m entre linhas e população de 220 mil plantas por hectare, utilizou-se a cultivar PRODUZA IPRO.

Os dados meteorológicos foram coletados na própria área experimental, por uma torre micrometeorológica com os seguintes sensores: dois termo-higrômetros (HMP155, Vaisala) com diferença de altura de 0,8 m entre eles, sendo que o mais baixo fica localizado 0,2 m acima do nível do dossel, acompanhando o crescimento da planta, seguindo a metodologia também descrita Allen et al. (1998). Um pluviômetro (TE525MM, Texas Instruments), quatro sensores de umidade volumétrica, temperatura e condutividade elétrica do solo (GS3, Decagon), sendo esses instalados na linha e na entrelinha nas profundidades de 0,2 e 0,5 m, dois sensores de fluxo de calor no solo (HFP01, Hukseflux), sendo uma na linha (G1) e outro na entrelinha (G2) e um saldo radiômetro (NR-Lite2, Kipp & Zone). Para o monitoramento dos dados coletados por esses sensores utilizou-se uma datalogger (CR1000, Campbell Scientific), que fazia coletas periódicas a cada 15 minutos

DSSAT/CROPGRO-Soybean

O DSSAT (*The Decision Support System Agrotechnology Transfer*) é uma plataforma que ajuda a modelar o crescimento, desenvolvimento e também a produtividade de uma cultura em uma área uniforme baseado em informações fornecidas ou simuladas de nitrogênio, carbono, água e solo (JONES et al., 2003). Essas informações são associadas aos elementos meteorológico registrados em determinado período, que servem como dados de entrada do modelo. Essas informações são combinadas aos modelos de cultura, com o intuito de desenvolver estudos na área de manejo das culturas. Dentro da plataforma do DSSAT existe uma gama de modelos para diferentes culturas, como: CERES-*Maize* (Milho), CERES-*Sorghum* (Sorgo), CERES-*Rice* (Arroz), CERES-*Barley* (Cevada), CERES-*Sunflower* (Girassol), CROPGRO-*Soybean* (Soja), sendo assim um facilitador na área da pesquisa (TALACUECE, 2014).

O CROPGRO-*Soybean* é um modelo para a cultura da soja que faz parte da plataforma DSSAT, capaz de descrever os principais processos biofísicos, como: fotossíntese; particionamento de biomassa; respiração; dinâmica da água; crescimento foliar, raiz e caule; fenologia e evapotranspiração. Sendo tais processos simulados com base nos de entrada e nos parâmetros fisiológicos da cultura (TALACUECE, 2014).

O modelo é estruturado em código FORTRAN, sendo o parâmetros referentes a cultura da soja armazenados em arquivos externos. Processos como a evapotranspiração são simulados a partir de modelos já bem estabelecidos na ciência, como o de Priestley e Taylor (PRIESTLEY; TAYLOR, 1972) e o método da FAO (ALLEN et al., 1998). É possível optar por qual método você prefere executar sua simulação. Entretanto é importante salientar que esses modelos foram adaptados para melhorar a simulação ou então para suprir a necessidade de uma grande diversidade de variáveis meteorológicas

como parâmetros de entrada. Nesse experimento, serviram como dados meteorológicos de entrada a radiação, temperatura do ar e precipitação.

Método de Priestley e Taylor (PT)

O método de PT é um método empírico, onde Priestley e Taylor (1972), em um primeiro momento, desenvolveram uma abordagem para estimativas dos fluxos de massa e energia para superfícies líquidas, como rios, oceanos e lagos. Em sequência os autores adaptaram o método para estimar os fluxos de energia sobre superfícies vegetadas, baseando-se na abordagem de Penman (1948). Assim, a abordagem mais simplificada para o método de PT é obtida a partir da Equação (1).

$$ET = \alpha \cdot w \cdot \frac{(Rn - G)}{\lambda} \quad (1)$$

sendo Rn o saldo de radiação ($MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$); w um fator de ponderação dependente da temperatura do ar e do coeficiente psicrométrico; α um coeficiente empírico de correção (PEREIRA et al., 1997). O valor de α , segundo Priestley e Taylor (1972), variou de 1,08 a 1,34 para diferentes superfícies, sendo o valor de $\alpha = 1,26$ um valor representativo para diferentes superfícies.

caso ($0^{\circ}C < T < 16^{\circ}C$), então:

$$w = 0,407 + 0,0145 \cdot T \quad (2)$$

caso ($16,1^{\circ}C < T < 32^{\circ}$), então:

$$w = 0,483 + 0,01 \cdot T \quad (3)$$

Método de Penman-Monteith (PM)

O método de PM é um método mecanístico, considerado o método padrão pela FAO (ALLEN et al., 1998) para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), sendo tal método uma derivação da equação proposta por Penman (1948), que combinou o conceito de balanço de energia e transporte de massa baseado nas principais variáveis meteorológicas (temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do vento e radiação). Monteith (1965) padronizou a metodologia de Penman (1948) para superfícies vegetadas, incluindo a resistência da cobertura (r_c) e a resistência aerodinâmica (r_a) (Equação 4). Allen et al., (1998) parametrizou a equação de Monteith (1965) para um gramado hipotético com altura entre 8 a 15 cm onde os regimes aerodinâmicos e radiativo podem ser considerados uniformes para todo o dossel, permitindo assumir que a superfície pode ser representada por uma única grande folha (Equação 5).

$$\lambda \cdot ET = \frac{s \cdot (Rn - G) + \rho_{ar} \cdot c_p \cdot \frac{\Delta e}{r_a}}{s + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \quad (4)$$

$$ET = \frac{0,408.s.(Rn - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot \Delta e}{s + \gamma.(1 + 0,34.u_2)} \quad (5)$$

Em que Rn é o saldo de radiação ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$), G é o fluxo de calor no solo ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$), Δe é o déficit de pressão de vapor do ar (kPa), ρ_{ar} é a densidade do ar ($kg.m^{-3}$), c_p o calor específico do ar ($MJ.kg^{-1}$), s é a curva tangente de pressão de saturação ($kPa.^{\circ}C^{-1}$), γ a constante psicrométrica ($kPa.^{\circ}C^{-1}$) e u_2 é a velocidade do vento medida à dois metros de altura.

Método da Razão de Bowen (MRB)

Os fluxos de massa e energia determinam parte dos processos micrometeorológicos que ocorrem em todo o sistema terrestre, principalmente sistema atmosfera-solo-planta. Um dos métodos micrometeorológicos para modelar o balanço de energia e da evapotranspiração em culturas agrícolas é o Método da Razão de Bowen (MRB) (BOWEN, 1926). A partir das medidas dos gradientes de temperatura do ar, umidade do ar, saldo de radiação e fluxo de calor no solo o MRB estima o fluxo de calor latente (LE).

Assim, foi utilizado uma torre meteorológica para registrar: o saldo de radiação (Rn); fluxo de calor no solo (G) a 10 cm abaixo da superfície do solo; os gradientes verticais de temperatura do ar (Tar) e umidade relativa (UR). Tais dados foram armazenados em um sistema de aquisição de dados (Datalogger) em intervalos diários e de 15 minutos (MARIN et al., 2005).

Sendo a Razão de Bowen (β) dada pela equação 6 e o balanço de energia pela equação 7.

$$\beta = \frac{H}{LE} \quad (6)$$

$$Rn = H + LE + G \quad (7)$$

Isolando o calor sensível (H) na Equação 1 e substituindo na Equação 2, obtêm-se Equação 8.

$$LE = Rn - \beta.LE - G$$

$$LE + \beta.LE = Rn - G$$

$$LE.(1 + \beta) = Rn - G$$

$$LE = \frac{(Rn - G)}{(1 + \beta)} \quad (8)$$

Se dividirmos o fluxo de calor latente de evaporação (LE) (Equação 3) pelo calor latente de evaporação ($\lambda = 2,45 MJ.kg^{-1}$), obtêm-se e evapotranspiração de cultura (ETc) em $mm.d^{-1}$ (Equação 9).

$$ETc = \frac{LE}{\lambda} = \frac{(Rn - G)}{(1 + \beta)\lambda} \quad (9)$$

sendo Rn, G e LE dados em $MJ.m^{-2}.d^{-1}$.

Assim, as medidas dos gradientes verticais de temperatura do ar e umidade relativa são aplicadas na equação 6 para quantificar o β .

$$\beta = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (10)$$

em que γ é o coeficiente psicrométrico, ΔT é a diferença de temperatura do bulbo seco, em °C e Δe é o déficit de pressão de vapor em kPa.

Segundo Righi (2005) o MRB não está livre de erros, ou seja, é necessário avaliar os valores calculados e se eles apresentam consistência física. Para isso foi utilizado a metodologia de Perez et al. (1999) com o objetivo de evitar erros de estimativas causados por problemas de advecção ou de equipamento (Tabela 1).

Tabela 1. Condições para utilização dos dados calculados pelo MRB, segundo (PEREZ et al., 1999)

Energia Disponível	Déficit de Pressão de Vapor	Razão de Bowen	Fluxos de Calor
$R_n - G > 0$	$\Delta e > 0$	$\beta > -1$	$\lambda E > 0$ e $H \leq 0$ para $1 \leq \beta \leq 0$ ou $H > 0$ para $\beta > 0$
	$\Delta e < 0$	$\beta < -1$	$\lambda E < 0$ e $H > 0$
$R_n - G < 0$	$\Delta e > 0$	$\beta < -1$	$\lambda E > 0$ e $H > 0$
	$\Delta e < 0$	$\beta > -1$	$\lambda E < 0$ e $H \geq 0$ para $1 \leq \beta \leq 0$ ou $H < 0$ para $\beta > 0$

Avaliação do desempenho dos métodos

Assumindo que o MRB é um dado de evapotranspiração observado, realizou-se a avaliação dos métodos de estimativa de evapotranspiração baseando-se nas seguintes estatísticas: correlação (r), raiz quadrado médio do erro (RQME), índice BIAS, índice de concordância (d) e o coeficiente de eficiência do modelo (COE).

Os valores da correlação (r) variam de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo dos limites superior ou inferior maior é a relação entre os valores estimados e observados. Em suma, r quantifica o grau de relação entre duas variáveis.

$$r = \frac{\sum (E_i - \bar{E})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum (E_i - \bar{E})^2 \sum (O_i - \bar{O})^2}} \quad (11)$$

A raiz quadrada média do erro (RQME) estabelece o erro médio do modelo, fazendo uma ponderação baseado no próprio erro, ou seja, quanto menor o valor de RQME melhor é o desempenho do modelo (MARTINS et al., 2014).

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{n}} \quad (12)$$

A tendência do modelo em superestimar ou subestimar os valores estimados pode ser expresso pelo índice BIAS. Assim, quanto mais próximo de zero menor é a tendência do modelo. (LEITE et al, 2002; MARTINS et al., 2014)

$$\text{BIAS} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i - \sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (13)$$

A grau de concordância entre os dados estimados e observados é quantificado pelo índice d. Sendo que d pode variar de 0 a 1, ou seja, quanto mais próximo de 1 maior é a concordância entre os dados observados e estimados (WILLMOTT, 1981)

$$d = 1 - \left\{ \frac{[\sum (E_i - O_i)^2]}{[\sum ((E_i - \bar{E}) + [O_i - \bar{O}])^2]} \right\} \quad (14)$$

O coeficiente de eficiência do modelo (COE) representa o quão bom é o ajuste dos valores simulados. O COE pode variar de $-\infty$ até 1, onde quanto mais próximo de 1 melhor é o ajuste no modelo (BRAS et al., 2003).

$$\text{COE} = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{(O_i - \bar{O})} \quad (15)$$

em que E_i são os valores de evapotranspiração estimados; O_i são os valores de evapotranspiração observados pelo MRB; n é o número de observações; \bar{O} é a média dos valores observados; \bar{E} é a média dos valores estimados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos dois métodos utilizados pelo DSSAT/CROPGROP-*Soybean* para estimar a evapotranspiração não foram satisfatórios segundo as estatísticas (Tabela 1). Ambos os métodos apresentaram tendência em superestimar os valores de ET, sendo o erro médio associado a essas estimativas na casa dos 2,98 mm.d⁻¹, para o método de PT, e 2,21 mm.d⁻¹ para o método de PM (Tabela 1). Segundo os valores de COE obtidos os desempenhos dos dois modelos foram ruins, sendo o modelo não aceitável quando o valor de COE for inferior à 0,36 segundo Silva et al.,(2008).

Tabela 2. Estatísticas aplicadas para avaliar o desempenho do modelo.

Método	r	d	RQME	BIAS	COE
PT	0.2163	0.3640	2.9884	0.9078	-6.6502
PM	0.4212	0.5117	2.2155	0.6296	-3.2047

*Para avaliação, o método da Razão de Bowen foi adotado como dado observado.

A acurácia e precisão dos modelos são apresentadas na Figura 1, onde nota-se que ficaram dispersos e distantes da reta. Além disso, o R^2 que explica a variabilidade total do modelo ficou distante do coeficiente 1, sendo esse valor indicativo de uma correlação linear perfeita. É importante salientar que os dados de ETc, considerados como observados, são estimados pelo MRB, o qual apresenta um erro. Silva et al.,(2011) analisou a sensibilidade do MRB para a cultura da cana-de-açúcar e averigou que quando maior o intervalo de tempo para o cálculo, mais sensível é o método. Nesse sentido, os cálculos do trabalho foram realizados em intervalos de tempo de 15 minutos.

Segundo Oliveira et al., (2016), a evapotranspiração simulada pelo DSSAT/CROPGRO-*Soybean* apresentou valores acima do observado, assim como os dados obtidos nesse trabalho. Oliveira et al., (2016), utilizou a metodologia *Eddy*

Covariance (EC) (BURBA, 2013) para estimar a evapotranspiração, sendo este método, quando exceção ao uso de lisímetros, a melhor maneira de quantificar essa variável. Arruda et al.,(2006) destacam uma subestimativa do fluxo de calor latente (LE) estimado pelo MRB em comparação e a abordagem do EC, ou seja, menor LE implica em uma diminuição de energia disponível para evaporação e transpiração.

Os parâmetros relacionados ao solo também são fatores que influenciam a simulação da evapotranspiração. Sendo o solo um reservatório ativo de água, ele controla, em partes, a perda de água por transpiração e também a evaporação (PEREIRA et al., 1997). Dellacort et a., (2011) concluíram de seu trabalho que o modelo CROPGRO-*Drybean*, para o feijão, que ocorreu uma discrepância acentuada nos valores medidos e simulados de umidade do solo. Além disso, os autores relatam a inconsistência no índice de área foliar (IAF).

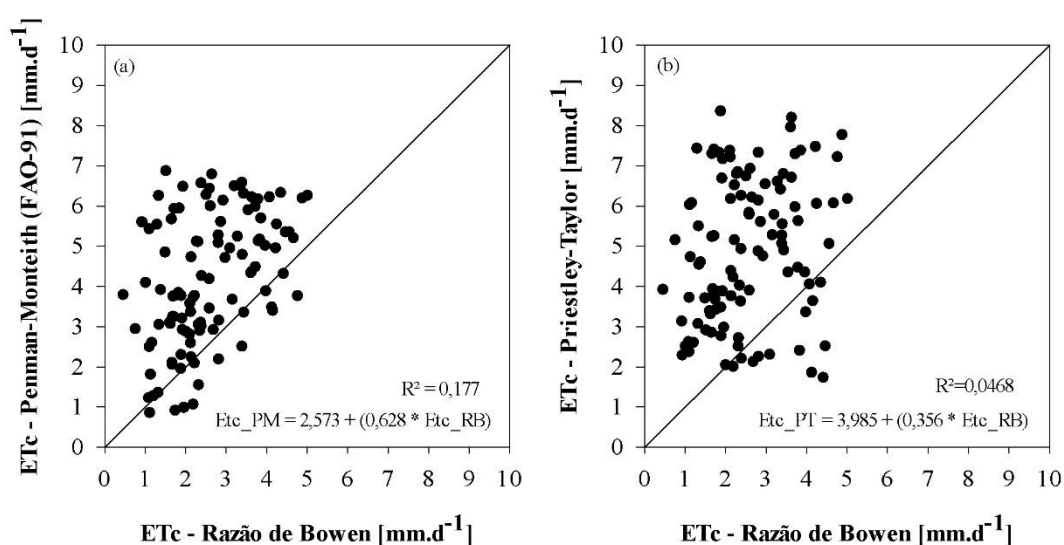


Figura 5. Evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith (a) e Priestley-Taylor (b) versus a Evapotranspiração pelo método da Razão de Bowen.

Partindo do princípio da conservação de energia, pode-se dizer que um sistema não pode evapotranspirar mais que a energia disponível para isso, assim na Figura 2, tem-se a curva de evapotranspiração máxima, assumindo que todo calor latente disponível foi utilizado para o processo de evaporação. Nota-se que os dois métodos utilizados pelo DSSAT/CROPGRO-*Soybean*, PT e PM, mesmo baseados no balanço de energia superestimam os valores de evapotranspiração, ou seja, eles supõem que o sistema apresenta mais energia disponível do que realmente tem.

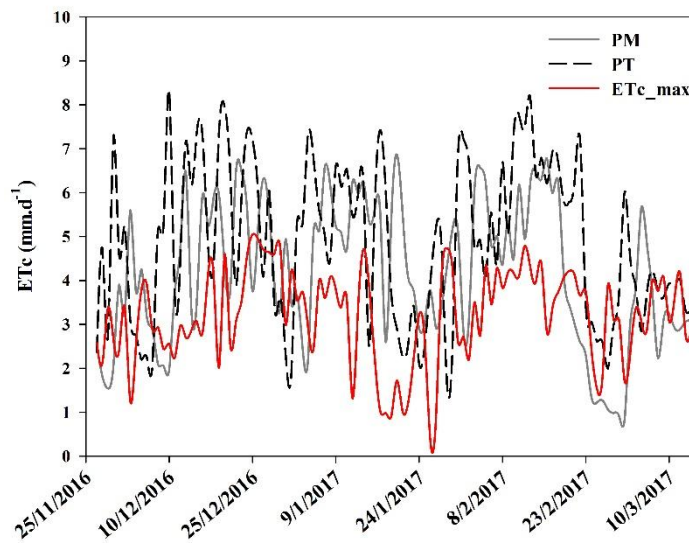


Figura 6. Evapotranspiração pelos dois métodos, Penman-Monteith(PM) e Priestley-Taylor(PT) e a evapotranspiração máxima baseada no processo de balanço de energia $ETc = (Rn - G) / \lambda$.

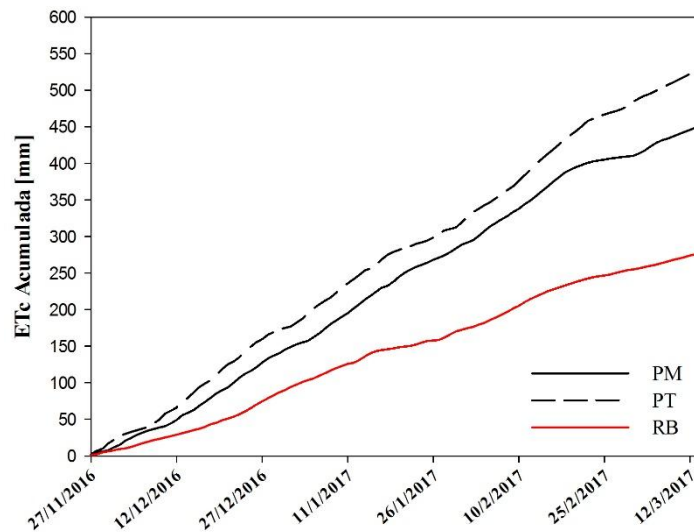


Figura 7. Evapotranspiração acumulada ao longo do ciclo da soja, quantificada pelos três métodos: Penman-Monteith (PM), Priestley-Taylor(PT) e a Razão de Bowen (RB).

Nesse sentido, o acumulado de evapotranspiração ao longo do ciclo divergiu nos métodos (Figura 3). Os valores de acumulado foram 530 mm para PT, 460 mm com o método de PM e 280 mm utilizando o MRB, ou seja, os valores superestimam em mais de 150 mm. Oliveria et al., (2016) encontrou um valor de evapotranspiração acumulada, para a soja, de 423,6 mm no ciclo, sendo tal valor obtido a partir da metodologia do EC.

CONCLUSÃO

Os métodos utilizados no DSSAT/CROPGRO-*Soybean* superestimam os valores de evapotranspiração. Entretanto, o MRB, segundo a literatura tende a subestimar os valores de evapotranspiração, justificando a grande diferença dos valores acumulados de ET. No geral o modelo de PM obteve um desempenho mais aceitável, considerando que o MRB apresenta possíveis erros em sua estimativa.

A superestimativa pode ser corrigida de duas maneiras: a primeira é a calibração do modelo para pode estimar com melhor acurácia e precisão a produtividade; a segunda opção é utilizar mais dados meteorológicos nas variáveis de entrada, além de uma confiável análise de solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Pesquisa e Experimentação em Modelagem Agrícola (GPEMA), por todo o apoio na condução desse experimento e ao Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP pela infraestrutura para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ADEBOYE, O. B. et al. Soil water storage, yield, water productivity and transpiration efficiency of soybeans (*Glyxine max* L.Merr) as affected by soil surface management in Ile-Ife, Nigeria. *International Soil and Water Conservation Research*, 2017.

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ARCHONTOULIS, S. V; MIGUEZ, F. E.; MOORE, K. J. A methodology and an optimization tool to calibrate phenology of short-day species included in the APSIM PLANT model: Application to soybean. 2014.

ARRUDA, J. C. et al. Aplicação de três metodologias para estimar o fluxo de calor latente em floresta de transição. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, n. 3b, p. 233–240, 2006.

BAO, Y. et al. CLIMATE CHANGE AND AGRICULTURE RESEARCH PAPER Potential adaptation strategies for rainfed soybean production in the south-eastern USA under climate change based on the CSM-CROPGRO-Soybean model. 2017.

BATTISTI, R. et al. Gauging the sources of uncertainty in soybean yield simulations using the MONICA model. 2017.

BONFIM, Y. P.; FERREIRA, V. DA R. S.; CAETANO, M. A LOGÍSTICA E O AGRONEGÓCIO EM GOIÁS: O CASO DA SOJA. *Revista de Gestão*, v. 20, n. 4, p. 557–573, 2013.

BOWEN, I. S. The Ratio of Heat Losses by Conduction and by Evaporation from any Water Surface. *Physical Review*, v. 27, n. 6, p. 779–787, 1 jun. 1926.

BRAS, R.; CI; SOLO. SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS PARA A MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DOS MARINS (SP). v. 27, n. 1, p. 735–741, 2003.

BURBA, G. Eddy Covariance Method. [s.l: s.n.].

CEPAGRI. Clima dos municípios paulistas. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_436.html>. Acesso em: 10 maio. 2017.

CUNHA, R. . Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 6, p. 111–119, 1998.

DALLACORT, R. et al. Simulation of bean crop growth, evapotranspiration and yield in Paraná State by the CROPGRO-Drybean model. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 33, n. 3, p. 429–436, 22 jun. 2011.

EMBRAPA. Dados econômicos - Portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 8 maio. 2017.

EMBRAPA, S. Sistema brasileiro de classificação de solos. [s.l: s.n.].

FÁBIO RICARDO MARIN, B. et al. EVAPOTRANSPIRATION AND IRRIGATION REQUIREMENTS OF A COFFEE PLANTATION IN SOUTHERN BRAZIL. v. 41, p. 187–197, 2005.

JONES, J. W. et al. The DSSAT cropping system model. J. Agronomy, v. 18, p. 235–265, 2003.

LEITE, H. G.; VALDIR, E.; LIMA DE ANDRADE, C. UM MÉTODO PARA CONDUÇÃO DE INVENTÁRIOS FLORESTAIS SEM O USO DE EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS A METHOD FOR CONDUCTING FOREST INVENTORIES WITHOUT USING VOLUMETRIC EQUATIONS. v. 26, n. 3, p. 321–328, 2002.

MARTINS, F. B. et al. Desenvolvimento foliar em duas cultivares de oliveira estimado por duas categorias de modelos. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 29, n. 4, p. 505–514, dez. 2014.

MATZENAUER, R.; BARNI, N. A.; TAVARES MALUF, J. R. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul Estimative of the relative water consumption of soybean in Rio Grande do Sul State, Brazil. Ciência Rural, v. 33336, n. 6, p. 1013–1019, 2003.

MONTEITH, J. L. Evaporation and environment. The state and movement of water in living organisms. Symposium of the society of experimental biology, Vol. 19 (pp. 205–234)Cambridge: Cambridge University Press, , 1965.

OLIVEIRA, E. C. DE et al. Evapotranspiration Soybean: Comparison Between Eddy

Covariance Method and the Estimate of Cropgro-Soybean Model. *Ciência e Natura*, v. 38, p. 28, 2016.

OLIVEIRA MORAES, S.; RENÊ, C.; BARBOZA JÚNIOR, A. Departamento de Ciências Exatas Disciplina: Métodos Instrumentais de Análise Física do Ambiente. 2009.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. Anais...The Royal Society, 1948

PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V.; SEDIYAMA, G. C. Evapo (transpi) razão. [s.l.] fealq Piracicaba, 1997. v. 183

PEREZ, P. J. et al. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 97, p. 141–150, 1999.

POLYANNA, M. DE O. et al. Modelagem da hidrógrafa de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v. 12, n. 3, p. 258–265, 2008.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly weather review*, v. 100, n. 2, p. 81–92, 1972.

RIGHI, E. Z. Balanço de energia e evapotranspiração de cafezal adensado em crescimento sob irrigação localizada. Piracicaba: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 28 jan. 2005.

SILVA, B. K. N. et al. Análise de sensibilidade dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência e razão de Bowen em cultura da cana-de-açúcar. *Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v. 15, n. 10, p. 1046–1053, 2011.

TALACUECE, M. A. D. Modelagem da relação clima-productividade da soja em Moçambique: Perspectivas Atuais e futuras. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa, 2014.

WILLMOTT, C. J. ON THE VALIDATION OF MODELS. *Physical Geography*, v. 2, n. 2, p. 184–194, 1 jul. 1981.

METODOLOGIA BASEADA EM FLORESTAS ALEATÓRIAS PARA GERAÇÃO DE SÉRIES ESPAÇO-TEMPORAIS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO

Henrique L. C. de Oliveira¹, Stanley R. de M. Oliveira³, José Eduardo B. A. Monteiro³

¹Bolsista de Iniciação Científica da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP,
E-mail: henriquelimacoliveira@gmail.com;

² Pesquisador do Laboratório de Computação Científica, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas,
SP, E-mail: stanley.oliveira@embrapa.br;

³ Pesquisador do Laboratório de Modelagem Agroambiental, Embrapa Informática Agropecuária,
Campinas, SP, E-mail: eduardo.monteiro@embrapa.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia, baseada no algoritmo *Random Forest*, para gerar séries espaço-temporais de temperatura e de precipitação. Foi definida uma região de estudo de formato retangular, incluindo a metade norte do Estado de São Paulo e parte do sul de Goiás, a metade sul de Minas Gerais e o Estado do Espírito Santo. Essa região foi escolhida por ser climaticamente bastante heterogênea, tanto no tempo como no espaço, e por conter muitas estações meteorológicas de diversas instituições, principalmente ANA e INMET. Foram utilizadas as séries temporais de precipitação e de temperatura máxima e mínima disponíveis na região, compreendendo o período de 01/01/1999 a 31/12/2013. Também foram utilizadas as bases externas AgMERRA, AgCFSR, radiação solar GL 1.2 CPTEC, TRMM e Nasa Power, cujos dados estão espacialmente dispostos em grids que cobrem a região de estudo. A região de estudo foi subdividida em formato de grade regular com resolução de 0,5° (latitude e longitude), resultando em 280 quadrículas, sendo 28 na horizontal e 10 na vertical. Para cada quadrícula foram ajustados vários modelos preditivos, para temperatura máxima, mínima, precipitação diária e acumulada de 10 dias, utilizando o algoritmo de Aprendizado de Máquina *Random Forest*. Os resultados revelaram um bom ajuste dos modelos preditivos em relação aos valores previstos e observados para as quadrículas avaliadas, indicando um grande potencial da metodologia proposta tanto para a imputação de dados ausentes quanto para a geração de séries espaço-temporais em regiões sem a presença de dados medidos.

PALAVRAS-CHAVE: Agrometeorologia, Aprendizado de Máquina, otimização, classificação de dados, imputação de dados, modelos preditivos.

Methodology based on random forests for generation of space-time series of temperature and precipitation

ABSTRACT: This work aimed to develop a methodology, based on the *Random Forest* algorithm, to generate space-time series of temperature and precipitation. A rectangular study region was defined, including the northern half of the State of São Paulo and part of southern Goiás, the southern half of Minas Gerais and the State of Espírito Santo. This region was chosen because it is climatically very heterogeneous, both in time and space, and because it contains many meteorological stations of several institutions, mainly ANA and INMET. We used time series of precipitation and maximum and minimum temperature available in the region, covering the period from 01/01/1999 to 12/31/2013. We also used the external bases AgMERRA, AgCFSR, solar radiation GL 1.2 CPTEC, TRMM and Nasa Power, whose data are spatially arranged in grids covering the region of study. The study area was divided into a regular grid with a resolution of 0.5° (latitude and longitude), resulting in 280 squares, 28 horizontally and

10 vertically. For each square, several predictive models were fit for maximum and minimum temperature, daily and accumulated 10-day precipitation using the Random Forest algorithm. The results showed a good fit of the predictive models in relation to the predicted and observed values for the evaluated squares, indicating a great potential of the proposed methodology both for the imputation of absent data and for the generation of space-time series in regions without the presence of measured data.

KEY-WORDS: Agrometeorology, Machine Learning, optimization, data classification, data imputation, predictive modeling.

INTRODUÇÃO

Interrupções e erros em séries de dados gerados por estações meteorológicas são relativamente comuns devido a várias razões (DUMEDAH; COULIBALY, 2011; MWALE et al., 2012). Em estações automáticas, essas razões incluem desde o simples esgotamento de bateria até falha permanente de sensores ou da estação, que podem permanecer inativos até seu eventual reparo ou substituição, por dias ou meses. Em estações convencionais, as falhas estão mais associadas à ausência do observador meteorológico ou à quebra ou falha dos instrumentos de medição. Por outro lado, mesmo quando registrados e armazenados em um banco de dados, os valores medidos estão sujeitos a imprecisões e erros de medida, de procedimentos de cálculo, de anotação pelo observador, de cópia ou transmissão de dados, de armazenamento ou transposição para tabelas. Em estudos agrometeorológicos, erros desse tipo implicam, quase sempre, na perda dos resultados e da análise de todo um ciclo de cultura, safra ou ano, no local da ocorrência.

Outro aspecto importante é a distribuição da informação no espaço. Estudos de grande abrangência espacial, na escala estadual, regional ou nacional, envolvendo muitas séries temporais, aumentam enormemente o volume e as necessidades em processamento de dados. A análise espacializada do território nacional é, muitas vezes, limitada pela baixa densidade dos pontos de observação, ou seja, de estações meteorológicas em operação (XAVIER et al., 2016).

Usuários de dados muitas vezes se utilizam de métodos para estimar dados em locais sem medida ou completar as falhas nas séries temporais, simplesmente porque não querem ou não podem arcar com a perda daquele local e ano em sua análise ou estudo. Geralmente, o preenchimento, ou imputação de dados, é adotado em falhas curtas, de poucos dias. No entanto, quando as falhas são recorrentes ou por períodos mais longos, esse processo de imputação pode se tornar tanto mais trabalhoso quanto deletério devido ao aumento da incerteza (MWALE et al., 2012).

Dessa forma, a formação de uma base de dados meteorológicos requer, muitas vezes, um processo de reconstrução de séries espaço-temporais (FENG; QIAN, 2004; VICENTE-SERRANO et al., 2010). Tanto para a geração de estações virtuais, em locais sem medidas de estação meteorológica, quanto para o preenchimento de falhas, diversos métodos independentes ou complementares podem ser empregados (STEINACKER et al., 2011; CAMPOZANO et al., 2014).

Uma alternativa para estimar dados em séries temporais de precipitação e temperatura é utilizar um algoritmo que capture a relação não-linear desses dados, já que é uma característica presente em dados meteorológicos.

Em particular, o algoritmo *Random Forest* (BREIMAN, 2001) é eficiente para estimar séries temporais em várias áreas do conhecimento. Suas principais vantagens são: (a) tem natureza não-paramétrica; (b) é um dos algoritmos de aprendizado de

máquina com alta taxa de acurácia; (c) pode lidar com milhares de variáveis de entrada sem a necessidade prévia de redução de dimensionalidade; (d) identifica quais as variáveis são mais importantes na classificação; (e) é eficaz para estimar os dados faltantes, mesmo quando boa parte dos dados não está disponível; (f) é robusto na presença de ruído e de variáveis sem importância; (g) pode ser altamente flexível para realizar vários tipos de análise de dados, incluindo regressão, classificação e aprendizagem não supervisionada.

A principal motivação para o uso do algoritmo *Random Forest* em geração de séries temporais de temperatura e precipitação é que ele é utilizado em uma ampla gama de aplicações, apresentando resultados superiores àqueles apresentados por algoritmos similares. Por exemplo, Villanueva (2006) comparou os algoritmos *Random Forest* e Redes Neurais em predição de séries temporais. O autor observou que as Redes Neurais apresentaram queda de desempenho frente a amostras de teste, ao passo que o *Random Forest* apresentou ganhos de desempenho em basicamente todos os casos analisados. KANE et al. (2014) avaliaram algumas abordagens para estimar a previsão de surtos de gripe aviária H5N1 no Egito. A modelagem baseada no algoritmo *Random Forest* apresentou uma capacidade preditiva superior aos principais modelos de séries temporais existentes na literatura para a previsão de surtos de doenças infecciosas.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi desenvolver uma metodologia, baseada no algoritmo *Random Forest*, para gerar séries espaço-temporais de temperatura e de precipitação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e origem dos dados

Foi definida uma região de estudo de formato retangular, entre as latitudes de -18° e -22° e as longitudes de -52° e -39° , incluindo a metade norte do Estado de São Paulo e parte do sul de Goiás, a metade sul de Minas Gerais e o Estado do Espírito Santo. Essa região foi escolhida por conter um grande número de estações meteorológicas de diversas instituições, como ANA, INMET, IAC, CEMIG, Embrapa, EPAMIG, Universidades e outras. Além disso, foi escolhida por ser climaticamente bastante heterogênea, tanto no tempo (estacionalidade) como no espaço, com oito classificações diferentes pelo sistema de Köppen (Af, Am, Aw, Cfb, Cwa, Cwb, Cfa), devido a atuação de diversos condicionantes climáticos como áreas com relevo e altitudes bastante distintos, áreas montanhosas e áreas de planícies, influência litorânea, maior ou menor continentalidade x maritimidade nos extremos, com influências estacionais das massas de ar tropical atlântica, tropical continental, equatorial continental e polar atlântica. Isso resulta em uma distribuição climática complexa e heterogênea, que permitiu testar o desempenho dos métodos e modelos nessa variedade de condições.

Extração e organização dos dados

Todos os dados climáticos analisados consistem de séries temporais compreendidas no período de 01/01/1999 a 31/12/2013. Foram extraídas séries temporais incompletas de precipitação e de temperatura máxima e mínima das estações meteorológicas. As de precipitação estão presentes em todas as estações, já as de temperaturas máxima e mínima estão presentes em apenas 20,87% delas. Além disso, foram utilizadas as bases externas AgMERRA, AgCFSR, Modelo de radiação solar GL

1.2 CPTEC, TRMM e Nasa Power, cujos dados estão espacialmente dispostos em grids que cobrem a região de estudo, das quais foram extraídas séries temporais completas de precipitação (TRMM, Nasa Power, AgMERRA, AgCFSR), radiação solar (Nasa Power, GL 1.2), evapotranspiração potencial (Nasa Power) e temperaturas máxima, mínima e média (Nasa Power, AgMERRA, AgCFSR), para o mesmo período.

Definição de subáreas climaticamente heterogêneas

Com o objetivo de gerar os modelos preditivos e, a partir deles, séries espaço-temporais para cada uma das seguintes variáveis climáticas: precipitação diária, precipitação acumulada de 10 dias, temperatura máxima diária e temperatura mínima diária, a região de estudo foi dividida num grid com resolução de 0,5° (latitude e longitude), resultando em 280 quadrículas, sendo 28 na horizontal e 10 na vertical, as quais podiam conter ou não estações meteorológicas de precipitação e/ou temperatura. Em seguida, foram definidas oito subáreas distintas, cada uma contendo 6 quadrículas, totalizando 48 quadrículas (Figuras 1 e 2).

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28
Y1	1	3	1	4	4	1	4	7	2	1	3	1	3	1	2	4	2	0	2	5	4	4	3	1	4	3	1	0
Y2	0	1	1	0	3	3	4	2	0	7	8	3	5	3	9	2	3	9	1	2	1	2	4	7	5	3	0	0
Y3	0	1	2	3	2	8	3	5	4	3	2	6	5	4	0	2	5	2	1	3	3	7	4	8	6	6	0	0
Y4	0	4	2	2	1	4	3	2	0	3	3	8	3	6	8	5	5	2	6	9	4	3	5	6	4	0	0	0
Y5	2	1	2	3	5	3	3	2	5	7	6	5	3	1	2	6	14	15	7	2	7	2	7	9	6	1	0	0
Y6	1	0	7	14	8	12	6	12	11	15	10	1	6	6	4	10	14	12	4	4	4	4	4	5	12	7	0	0
Y7	2	5	10	6	7	9	12	17	13	13	13	6	4	2	2	4	6	6	4	7	5	8	9	10	1	0	0	0
Y8	1	6	10	13	14	13	8	15	17	16	15	11	3	8	6	13	9	9	6	7	2	4	5	1	0	0	0	0
Y9	3	6	12	16	9	11	8	13	18	16	17	13	5	5	11	6	11	4	8	6	6	4	4	0	0	0	0	0
Y10	5	6	6	10	9	13	9	7	10	19	11	16	3	9	6	9	17	11	11	14	11	2	2	0	0	0	0	0

Figura 1: Número de estações com séries de precipitação por quadrícula num grid com resolução de 0,5° (latitude e longitude) subdividido em 8 áreas de interesse.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28
Y1	0	2	0	3	2	0	2	3	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	1	1	3	0	0	3	1	0	0
Y2	0	0	0	0	1	2	3	0	0	5	5	0	2	0	8	1	1	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Y3	0	0	0	1	1	6	1	0	2	0	1	1	3	2	0	0	3	1	0	1	1	4	0	1	1	2	0	0
Y4	0	1	1	1	1	2	1	1	0	2	1	3	1	3	5	2	1	0	2	9	1	0	1	0	2	0	0	0
Y5	0	0	1	0	0	1	0	0	2	5	3	2	0	0	0	2	5	5	3	1	3	0	1	1	0	0	0	0
Y6	0	0	2	4	0	4	0	1	2	2	0	0	3	1	1	6	1	6	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0
Y7	0	2	1	1	0	1	1	3	1	1	3	3	1	0	0	0	2	3	0	4	1	1	1	1	0	0	0	0
Y8	0	2	1	2	3	2	0	4	4	4	2	2	2	2	1	7	4	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Y9	0	0	1	3	0	2	0	1	1	4	2	3	3	2	3	1	3	0	4	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Y10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 2: Número de estações com séries de temperatura por quadrícula num grid com resolução de 0,5° (latitude e longitude) subdividido em 8 áreas de interesse.

Pré-processamento dos dados

O pré-processamento dos dados levou em consideração a disponibilidade da variável meteorológica (temperatura ou precipitação) nas 48 quadrículas. Por exemplo, se uma quadrícula não possuía séries temporais de temperatura, esta não seria considerada factível para as estimativas de séries espaço-temporais de temperatura máxima ou de temperatura mínima. Logo, dentre as 48 quadrículas, aquelas que continham ao menos uma estação meteorológica com dados de temperatura foram consideradas factíveis, ou seja, elegíveis para a geração das séries espaço-temporais. O mesmo procedimento foi aplicado para os dados de precipitação.

Para cada quadrícula factível, *quad*, foi aplicado o algoritmo heurístico descrito na Figura 3. Esse algoritmo é responsável por escolher uma estação *e* em *quad*. Além disso, o algoritmo também é responsável por escolher um conjunto de estações vizinhas *S*, cujos elementos são estações que não necessariamente precisam estar contidas em *quad*, mas todas elas devem possuir dados da variável de interesse (temperatura ou precipitação).

A motivação para a utilização desse algoritmo heurístico é devido ao alto nível de incompletude das séries espaço-temporais, sendo 28,84% de dados faltantes no total das séries de precipitação, 28,11% nas séries de temperatura máxima e 27,68% nas séries de temperatura mínima. Este percentual de dados faltantes influi negativamente na qualidade dos resultados previstos.

Com base na observação acima, foi proposta uma solução inovadora para selecionar uma estação, na quadrícula em que se pretende gerar o modelo preditivo, bem como as estações vizinhas que contêm dados da mesma variável de interesse. Nessa solução, para selecionar as estações vizinhas, foi proposta uma modificação no algoritmo de otimização desenvolvido para solucionar o problema da mochila (PISINGER, 1995). O problema da mochila (em inglês, *Knapsack problem*) é um problema de otimização combinatória. O nome dá-se devido ao modelo de uma situação em que é necessário preencher uma mochila com objetos de diferentes pesos e valores. O objetivo é que se preencha a mochila com o maior valor possível, não ultrapassando o peso máximo. No caso em questão, os itens seriam as séries espaço-temporais das estações vizinhas; dado um item *i*, o peso de *i* seria igual a porcentagem de dados perdidos nas intersecções de *i* com os outros itens (séries espaço-temporais) já escolhidos, o valor de *i* seria igual ao inverso da distância entre as posições da estação à qual o item *i* pertence a estação *e*, e o peso máximo seria igual a porcentagem máxima de dados faltantes.

O número de estações vizinhas escolhidas varia entre n_{min} e n_{max} , e as estações escolhidas dessa forma satisfazem a exigência de que a porcentagem de dados faltantes na intersecção das séries espaço-temporais, não supere um valor *p*. Quanto ao modo de operação, o algoritmo tenta, a cada iteração, adicionar as estações vizinhas mais próximas, sujeitas à condição anterior, e de tal forma que o raio médio da distância entre todas as estações que já foram adicionadas r_{avg} não supere um valor limite *threshold*, mas, eventualmente, este valor pode ser incrementado sucessivamente por um valor *incr* até que os critérios anteriores sejam satisfeitos.

Dado um conjunto de estações meteorológicas *r* de uma quadrícula:

- 1 - Inicialmente, fazer $S = \emptyset$ e ordena em ordem crescente os elementos de *r* com base na quantidade de dados faltantes.
- 2 - Fazer $t = r$.
- 3 - Remover o primeiro elemento de *t*, *e*.
- 4 - Fazer $u = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, onde u_1, u_2, \dots, u_n são todas as estações vizinhas de *e*, e tais que $dist(u_1, e) \leq dist(u_2, e) \leq \dots \leq dist(u_n, e)$.
- 5 - Fazer, então, $v = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, com *m* máximo, tal que $n_{min} \leq m \leq n_{max}$ e $dist(u_m, e) \leq 0.5$. Caso essas condições não sejam satisfeitas, faz $v = \{u_1, u_2, \dots, u_{n_{min}}\}$.
- 6 - Fazer $w = v$.
- 7 - Se $w = \emptyset$ ou $|S| = n_{max}$, devolver *S*.

8 - Para cada um dos q elementos de w , calcular a porcentagem de dados faltantes com relação a e e essa informação é armazenada num vetor $f = \{p(w_1, e), p(w_2, e), \dots, p(w_q, e)\}$.

9 - Obter $f_{min} = f_i$, tal que $f_i \leq f_j$ para todo $j \neq i$; ou seja, w_i é o elemento com a menor porcentagem de dados faltantes dentre os elementos de w .

10 - Se f_{min} for menor do que p , então fazer $S = S \cup \{w_i\}$, $w = w - \{w_i\}$ e retornar ao passo 7. Senão, ou seja, se f_{min} for maior ou igual a p , mas $|S| < n_{min}$ (pois $w \neq \emptyset$), daí, se o raio médio r_{avg} for menor do que o *threshold*, faz $v = \{u_1, u_2, \dots, u_q\} \cup \{u_{q+1}\}$ e voltar ao passo 6; senão, ou seja, se o raio médio r_{avg} for maior do que o *threshold*, então, se $t = \emptyset$, faz $threshold = threshold + incr$ e volta ao passo 1, senão, ou seja, se $t \neq \emptyset$, voltar ao passo 2.

Figura 3: Algoritmo heurístico de resolução do problema da mochila modificado com pesos variáveis para o problema em questão. Adaptado de Pisinger (1995).

Quanto às bases externas, para cada quadrícula *quad* foram extraídas as séries espaço-temporais completas de cada uma das variáveis meteorológicas das bases externas nos pontos que recaem sobre *quad*. Isso é sempre possível porque as bases externas recobrem todo o grid de maneira homogênea.

Modelagem de dados

No pré-processamento, foram obtidas séries espaço-temporais de três origens distintas, a saber: uma única série espaço-temporal da variável de interesse extraída da estação e (1), séries espaço-temporais extraídas de S , ou seja, das estações vizinhas de e (2), e séries espaço-temporais extraídas das bases externas (3). Em seguida, foi gerado um modelo *Random Forest* preditivo da variável de interesse em *quad*. Nesse processo, a série espaço-temporal (1) foi utilizada como parâmetro de resposta e as séries espaço-temporais (2) e (3) como os demais parâmetros.

O *Random Forest* (em português, Floresta Aleatória), é uma técnica de classificação e regressão desenvolvida por BREIMAN (2001), que consiste num conjunto de árvores de decisão combinadas para solucionar problemas de classificação. Cada árvore de decisão é construída utilizando uma amostra aleatória inicial dos dados e, a cada divisão desses dados, um subconjunto aleatório de m atributos é utilizado para a escolha dos atributos mais informativos. No final, *Random Forest* gera uma lista dos atributos mais importantes no desenvolvimento da floresta, que são determinados pela importância acumulada do atributo nas divisões dos nós de cada árvore da floresta (JAMES et al., 2013). Os principais passos do algoritmo *Random Forest* podem ser vistos na Figura 4.

Dado um conjunto de dados $X = x_1, x_2, \dots, x_j$ e $Y = y_1, y_2, \dots, y_k$.

Para $b = 1, 2, 3, \dots, B$, repetir:

- (a) Criar uma amostra *bootstrap* (X_b, Y_b) com n exemplos de (X, Y) .
- (b) Ajustar uma árvore de decisão f^b para o conjunto de treinamento (X_b, Y_b) , utilizando m atributos para a escolha de cada nó.

Fim de repetição.

Gerar o modelo final: $\hat{f}(x) = \sum_{b=1}^B f^b(x)$, que calcula os votos obtidos por cada modelo f^b , resultando numa classificação final de acordo com a votação majoritária.

Figura 4: Algoritmo básico da técnica *Random Forest* (BREIMAN, 2001).

Validação dos modelos preditivos e softwares utilizados

A validação do modelo foi realizada por meio do método *Hold-Out*, em que 2/3 dos dados foram utilizados para o treinamento (estimação de parâmetros do algoritmo *Random Forest*) e 1/3 para o teste.

As implementações dos algoritmos das Figuras 3 e 4 e os procedimentos da etapa de pré-processamento foram realizados no ambiente RStudio (RStudio, 2017), que é um software livre de ambiente de desenvolvimento integrado para R, uma linguagem de programação para gráficos e cálculos estatísticos.

Geração dos modelos preditivos

Seja $quad_2$ uma quadrícula diferente de $quad$, mas que contém ao menos uma estação meteorológica com dados da variável de interesse; foram extraídas as séries espaço-temporais completas de cada uma das variáveis meteorológicas das bases externas TRMM e Nasa Power nos pontos que recaem sobre $quad_2$, e, estas séries, juntamente com as séries espaço-temporais extraídas das estações vizinhas de e (localizada em $quad$), foram, então, utilizadas como valores de entrada no modelo preditivo obtido em $quad$. Esse modelo preditivo ajustado em $quad$ será utilizado para a geração da série espaço-temporal da variável de interesse na quadrícula $quad_2$. Em seguida, com o objetivo de avaliar a aplicabilidade do modelo em $quad_2$, seja R_2 o conjunto de estações em $quad_2$ da variável de interesse e r_2 um dos elementos pertencentes a R_2 , foi, então, calculada a correlação entre a série espaço-temporal gerada e a série espaço-temporal de r_2 . O mesmo procedimento foi repetido para todas as outras estações contidas em R_2 , e, ao final, foi selecionado o menor valor de correlação dentre os $|R_2|$ valores de correlação obtidos em $quad_2$; isso foi feito para indicar qual o menor desempenho ocorrido na previsão dos dados de cada quadrícula. Os procedimentos anteriores foram, então, repetidos para todas as outras quadriculas diferentes de $quad$ que contém séries espaço-temporais da variável de interesse; de forma que, ao final, foi obtido um único valor de correlação para cada uma dessas quadriculas. Esses valores foram representados numa matriz de acurácia, e os valores faltantes, ou seja,

correspondentes às quadrículas que não contém ao menos uma estação meteorológica com dados da variável de interesse, foram preenchidos por interpolação da média ponderada pela distância, que atribui pesos às distâncias. As interpolações foram feitas dessa forma baseadas na hipótese de que, dado um modelo preditivo obtido numa dada quadrícula, a qualidade das suas previsões nas quadrículas adjacentes diminui com a distância.

Os procedimentos de geração dos modelos preditivos e geração das matrizes de acurácia foram repetidos para todas as quadrículas factíveis.

Seleção dos modelos preditivos e geração de todas as séries espaço-temporais

Após obter todos os modelos preditivos e suas respectivas matrizes de acurácia, para cada uma das quadrículas *quad* do grid, foi selecionado o modelo preditivo da variável de interesse que apresentou o maior valor de correlação. Em seguida, foram extraídas as séries espaço-temporais das bases externas com posição no centro de *quad*; estas séries, juntamente com as séries espaço-temporais extraídas das estações vizinhas na quadrícula em que o modelo selecionado foi gerado, foram, então, utilizadas como valores de entrada no modelo preditivo selecionado. Dessa forma, foi prevista uma série espaço-temporal da variável de interesse na quadrícula *quad*. Assim, foram obtidas as previsões de séries espaço-temporais da variável de interesse em todas as quadrículas do grid. Por fim, todo o processo foi repetido para todas as outras variáveis meteorológicas e, com isso, todas as séries espaço-temporais foram geradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as execuções do algoritmo heurístico de resolução do problema da mochila foram utilizados os seguintes valores dos parâmetros: $n_{min} = 6$, $n_{max} = 12$, $p = 0,15$, $threshold = 1$ e $incr = 1$.

Foram gerados modelos preditivos de cada uma das variáveis meteorológicas para todas as quadrículas factíveis; mas, por uma questão de espaço, dado o alto número de modelos preditivos obtidos, estão expostas aqui as avaliações de apenas alguns desses modelos. Tratando-se de temperatura máxima diária e temperatura mínima diária, para cada uma delas estão expostas três avaliações de desempenho: a do melhor modelo, a de um modelo com resultado satisfatório, mas inferior ao melhor modelo; e a de um modelo na qual foi possível identificar a ocorrência de uma excepcionalidade; totalizando seis avaliações (Figuras 5 e 6). Já nos casos de precipitação diária e precipitação acumulada de 10 dias, para cada uma delas estão expostas duas avaliações de desempenho: a do melhor modelo e a de um modelo com resultado inferior ao primeiro modelo, totalizando quatro avaliações (Figura 7).

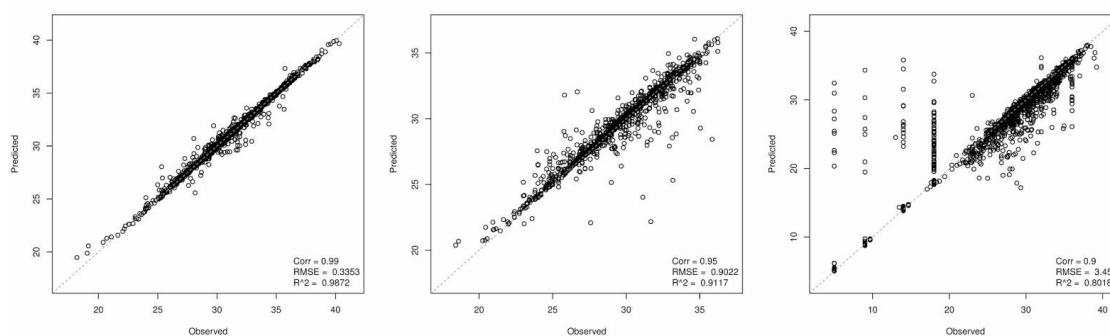


Figura 5: Gráficos de avaliação de desempenho dos modelos *Random Forest* de temperatura máxima diária obtidos nas quadrículas: (6, 4), (25, 4) e (23, 9) (da esquerda para a direita).

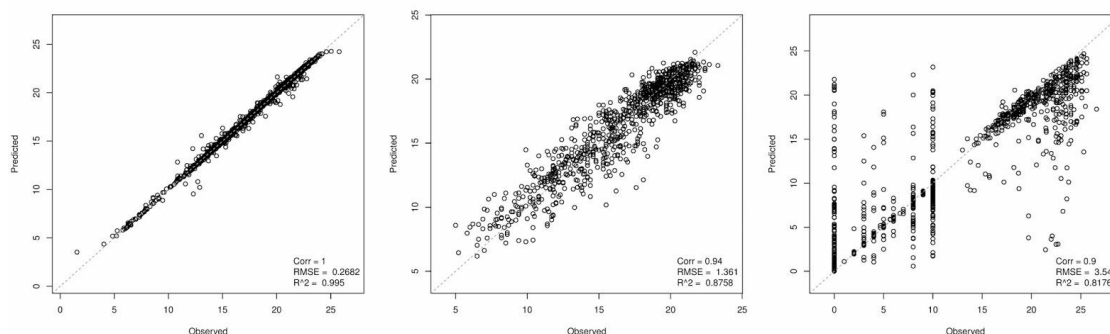


Figura 6: Gráficos de avaliação de desempenho dos modelos *Random Forest* de temperatura mínima diária obtidos nas quadrículas: (6, 4), (10, 8) e (23, 9) (da esquerda para a direita).

Na Figura 5, o bom desempenho do primeiro modelo (da esquerda para a direita) pode ser atribuído ao fato de haver maior número de estações meteorológicas nas quadrículas vizinhas; isso resultou num maior volume de dados coerentes e com menor variância entre si, disponíveis nas etapas de treinamento e validação do modelo *Random Forest*. O desempenho do segundo modelo pode ser justificado por haver um menor número de estações meteorológicas nas quadrículas vizinhas daquela cujo modelo foi obtido; isso resultou num menor volume de dados coerentes e, portanto, com maior variância entre si. Por fim, a avaliação de desempenho do modelo obtido na quadrícula (23, 9), apresentou padrões de discrepância que indicam a presença evidente de dados com erros, podendo estes ter sido utilizados nas etapas de treinamento e/ou teste do modelo. Este resultado, com dados inválidos, é útil para ilustrar a importância do controle de qualidade e a necessidade de remoção de dados ou de séries que podem prejudicar o treinamento e o desempenho de qualquer modelo.

Na Figura 6, foi observado um comportamento análogo que, logo, é justificado pelo mesmo raciocínio.

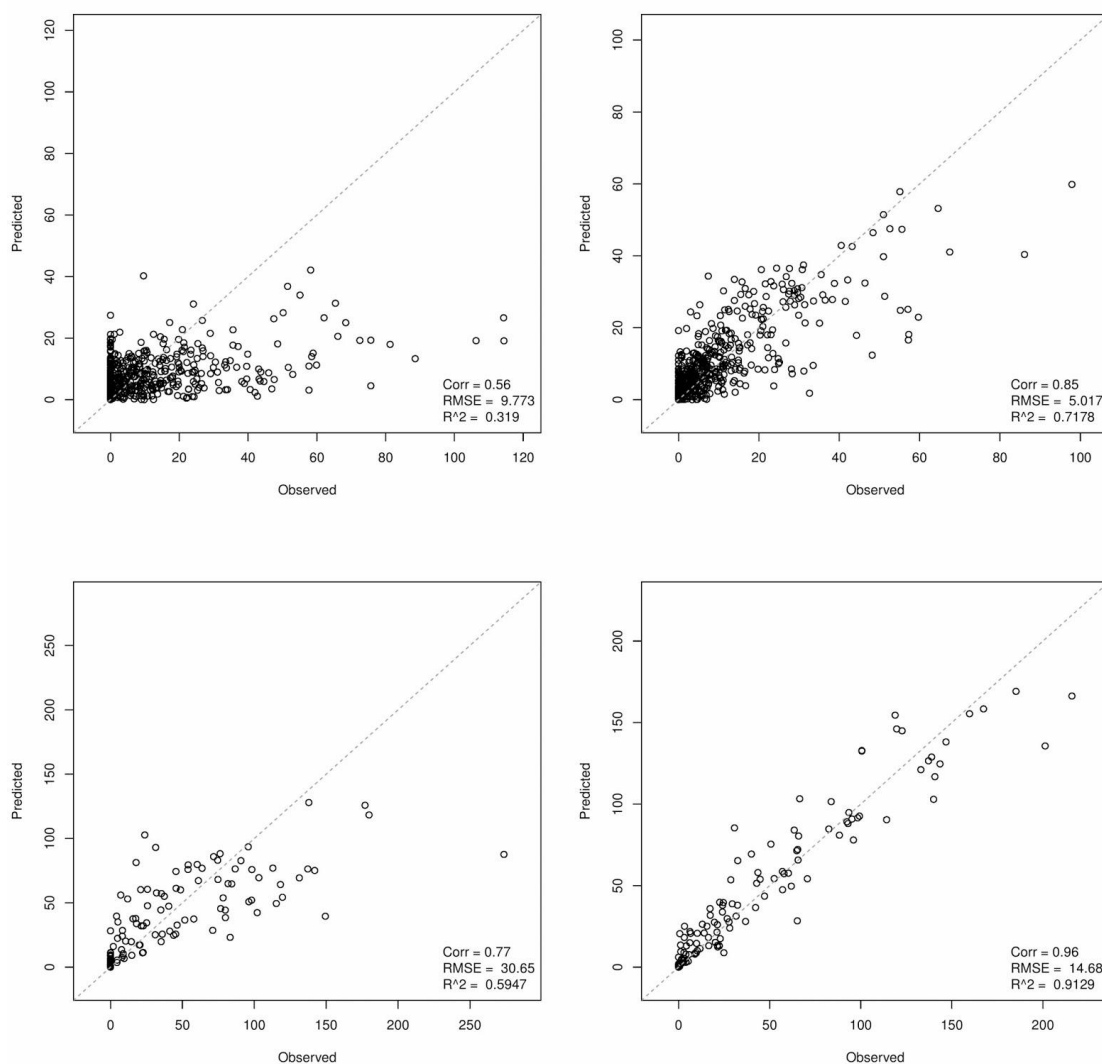


Figura 7: Gráficos de avaliação de desempenho dos modelos *Random Forest* de precipitação diária (em cima), obtidos nas quadrículas (12, 5) (à esquerda) e (4, 1) (à direita), e precipitação acumulada de 10 dias (em baixo), obtidos nas mesmas quadrículas (à esquerda e à direita, respectivamente).

Na Figura 7, para os modelos de precipitação diária (em cima) e precipitação acumulada de 10 dias (em baixo) a diferença entre o pior desempenho dos modelos à esquerda em comparação ao melhor desempenho dos modelos à direita é justificada por argumento semelhante ao usado anteriormente, ou seja, o número de estações meteorológicas vizinhas influi na variância dos dados e, conseqüentemente, na qualidade do modelo.

Na etapa de recomendação, dada uma variável meteorológica de interesse, para cada um dos modelos preditivos, foram geradas as matrizes de acurácia, sendo que, em cada uma dessas matrizes, as posições representam as quadrículas nas quais o modelo em questão pode ser aplicado. Mais especificamente, dada uma posição na matriz, o valor ali contido representa a acurácia do uso do modelo na previsão da série espaço-temporal da variável meteorológica de interesse, e, portanto, a aplicabilidade do mesmo naquela quadrícula. A Figura 8 representa a matriz de acurácia do modelo preditivo de temperatura máxima, obtido na quadrícula (4, 1), com os valores já interpolados. As matrizes obtidas nas demais quadrículas (factíveis) e também das demais variáveis meteorológicas não estão expostas aqui por limitação de espaço. É válido enfatizar que

os resultados apresentados para cada quadrícula da matriz de acurácia na Figura 8 foram geradas a partir do modelo otimizado para a quadrícula (4, 1). Esses resultados indicam um bom ajuste do modelo preditivo para a quadrícula (4,1) e para aquelas que estão na sua adjacência. Logo, pode-se concluir que o ajuste é local e não global. Também é importante salientar que os valores ilustrados na matriz da Figura 8 representam as correlações mínimas dos modelos ajustados para cada quadrícula.

X/Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28
Y1	0,82	0,89	0,83	0,99	0,87	0,78	0,70	0,69	0,74	0,66	0,58	0,60	0,57	0,53	0,50	0,45	0,41	0,37	0,33	0,27	0,27	0,16	0,20	0,20	0,08	0,05	0,12	0,12
Y2	0,80	0,80	0,81	0,80	0,87	0,75	0,76	0,73	0,70	0,67	0,53	0,61	0,55	0,54	0,47	0,39	0,40	0,30	0,34	0,29	0,25	0,23	0,19	0,18	0,14	0,10	0,11	0,12
Y3	0,77	0,78	0,78	0,78	0,77	0,81	0,76	0,73	0,77	0,66	0,56	0,66	0,58	0,58	0,50	0,47	0,45	0,39	0,34	0,33	0,28	0,26	0,19	0,14	0,17	0,10	0,12	0,12
Y4	0,73	0,79	0,69	0,74	0,72	0,82	0,86	0,74	0,68	0,68	0,68	0,67	0,48	0,54	0,54	0,53	0,49	0,39	0,33	0,28	0,33	0,22	-0,01	0,17	0,13	0,11	0,12	0,11
Y5	0,68	0,69	0,77	0,70	0,70	0,83	0,70	0,69	0,77	0,61	0,74	0,65	0,57	0,54	0,50	0,53	0,40	0,25	0,33	0,30	0,29	0,23	0,03	0,09	0,16	0,14	0,13	0,13
Y6	0,70	0,71	0,67	0,66	0,71	0,59	0,71	0,78	0,48	0,73	0,63	0,61	0,49	0,58	0,60	0,51	0,50	0,41	0,35	0,32	0,30	0,23	0,21	0,19	0,15	0,14	0,13	0,14
Y7	0,68	0,57	0,61	0,64	0,69	0,71	0,65	0,47	0,63	0,67	0,64	0,61	0,46	0,56	0,51	0,47	0,49	0,42	0,36	0,26	0,34	0,31	0,23	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13
Y8	0,66	0,50	0,56	0,58	0,47	0,66	0,66	0,68	0,51	0,65	0,56	0,56	0,47	0,55	0,40	0,37	0,47	0,42	0,38	0,24	0,30	0,04	0,29	0,24	0,18	0,16	0,12	0,12
Y9	0,62	0,61	0,50	0,45	0,63	0,43	0,63	0,61	0,64	0,55	0,56	0,50	0,55	0,38	0,54	0,51	0,47	0,40	0,36	0,37	0,26	0,29	0,04	0,25	0,20	0,20	0,14	0,12
Y10	0,60	0,59	0,64	0,64	0,61	0,60	0,62	0,60	0,61	0,58	0,59	0,59	0,56	0,54	0,50	0,45	0,39	0,38	0,34	0,36	0,33	0,29	0,26	0,27	0,21	0,22	0,17	0,15

Figura 8: Matriz de acurácia, com seus valores já interpolados, do modelo obtidos na quadrícula (4, 1).

Os resultados também revelam que a metodologia proposta é extensível para ajustar e otimizar modelos para as demais quadrículas da região de estudo, o que evidencia o potencial promissor de uso dos modelos preditivos para a situação hipotética de outras quadrículas ou regiões sem dados medidos.

CONCLUSÕES

A metodologia proposta, baseada no algoritmo de aprendizado de máquina *Random Forest*, permitiu a geração de séries espaço-temporais que exibiram um bom ajuste em relação aos valores observados, mostrando grande potencial de uso para imputação de dados ausentes ou na geração de séries de temperatura e precipitação em quadrículas ou regiões sem a presença de dados medidos. Essa iniciativa é fundamental para apoiar o planejamento de atividades agrícolas que são dependentes de variáveis meteorológicas, notadamente em áreas onde não é possível otimizar modelos locais.

AGRADECIMENTOS

Ao programa CNPq/PIBIC pela concessão da bolsa de Iniciação Científica, processo N° 145155/2016-1.

REFERÊNCIAS

- BREIMAN, L. Random Forests. In *Machine Learning*, v.45, p.5–32, 2001.
- CAMPOZANO, L.; SANCHEZ, E.; AVILES, A.; SAMANIEGO, E. Evaluation of infilling methods for time series of daily precipitation and temperature: The case of the Ecuadorian Andes. *MASKANA*, v. 5, n. 1, p. 99-115, 2014.
- DUMEDAH, G.; COULIBALY, P. Evaluation of statistical methods for infilling missing values in high-resolution soil moisture data. *Journal of Hydrology*, v. 400, p. 95-102, 2001. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.01.028.
- FENG, S.; QIAN, W. Quality control of daily meteorological data in China, 1951-2000: a new dataset. *International Journal of Climatology*, Chichester, v. 24, p. 853-870, 2004.

KANE, M. J.; PRICE, N.; SCOTCH, M.; RABINOWITZ, P. Comparison of ARIMA and Random Forest time series models for prediction of avian influenza H5N1 outbreaks. *BMC Bioinformatics*, v.15, n.1, 2014.

MWALE, F.D.; ADELOYE, A.J.; RUSTUM, R. Infilling of missing rainfall and streamflow data in the Shire River basin, Malawi – A self organizing map approach. *Physics and Chemistry of the Earth*, 50–52, p. 34–43, 2012.

PISINGER, D. Algorithms fo Knapsack Problems. PhD thesis, Department of Computer Science, University of Copenhagen, February 1995.

RStudio – Open source and enterprise-ready professional software for R. Disponível em <https://www.rstudio.com>. Consultado em 3 de Maio de 2017.

STEINACKER, R.; MAYER, D.; STEINER, A. Data Quality Control Based on Self-Consistency. *Monthly Weather Review*, v. 139, p. 3974–3991, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/MWR-D-10-05024.1>

VICENTE-SERRANO, S.M., SANTIAGO, B., LÓPEZ-MORENO, J.I., GARCÍA-VERA, M.A.; STEPANÉK, P. A complete daily precipitation database for northeast Spain: reconstruction, quality control, and homogeneity. *International Journal of Climatology*, v. 8, p. 1146-1163, 2010.

VILLANUEVA, W. J. P. **Comitê de Máquinas de Predição de Séries Temporais**. 2006. p.150. (Dissertação) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). *International Journal of Climatology*, v. 36, n. 6, p 2644-2659, 2016.

AVALIAÇÃO DE DEZ MÉTODOS DIFERENTES DE INTERPOLAÇÃO SOBRE DADOS METEOROLÓGICOS EM PETROLINA, PERNAMBUCO

Rodrigo de Queiroga Miranda¹, Henrique dos Santos Ferreira², Ygor Cristiano Brito Moraes³, Josiclêda Domiciano Galvêncio⁴, Magna Soelma Beserra de Moura⁵

¹ Pesquisador pós-doc, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, rodrigo.qmiranda@gmail.com; ² Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, hsf86@hotmail.com; ³ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, ygor.cmorais@gmail.com; ⁴ Professor associado I, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, josicleda@gmail.com; ⁵ Pesquisador A, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi Árido, Petrolina, Pernambuco, magna_upa@hotmail.com

RESUMO: A escassez de bases de dados consistentes e precisas representa um desafio proeminente no Brasil. Por isso, a aplicação de técnicas de interpolação na estimativa de dados meteorológicos representa uma alternativa viável. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar estatisticamente os métodos mais precisos para predição da precipitação, temperatura, velocidade dos ventos e radiação global no município de Petrolina do Estado de Pernambuco. Foram utilizados dados de precipitação, radiação global, umidade relativa do ar, temperatura média do ar e velocidade do vento, os quais foram submetidos a dez diferentes algoritmos e configurações de interpolação. Para a validação das imagens derivadas foi utilizada a técnica da validação cruzada, e a eficiência da interpolação foi avaliada através do coeficiente de determinação e da raiz do erro médio quadrático. Os resultados mostram que os métodos de interpolação *Kriging Spherical* e *Natural neighbor* apresentaram melhores estimativas para temperatura média do ar, enquanto que para umidade relativa do ar, os métodos de *Kriging Spherical* e *exponential* apresentaram as maiores eficiências. Velocidade do vento e radiação global obtiveram melhor desempenho com *IDW power 4* e *power 2* respectivamente. Já para precipitação, *Natural neighbor* foi o melhor método dentre os avaliados. Dentre as variáveis estudadas, a precipitação apresentou os menores valores de coeficiente de determinação, o que pode ter sido provocado pela quantidade insuficiente de estações para cobrir uma área com distribuição espacial irregular das chuvas.

PALAVRAS-CHAVE: Clima, Espacialização, Semiárido.

EVALUATION OF TEN DIFFERENT METHODS OF INTERPOLATION ON METEOROLOGICAL DATA IN PETROLINA, PERNAMBUCO

ABSTRACT: The lack of consistent and accurate databases represents a prominent challenge in Brazil. Therefore, the application of techniques of interpolation for estimations of meteorological data represents a viable alternative. Therefore, the objective of this work was to analyze statistically the most accurate methods for prediction of precipitation, temperature, wind speed and global radiation in the municipality of Petrolina, State of Pernambuco. Precipitation, global radiation, relative humidity, mean air temperature and wind speed data were submitted to ten different interpolation algorithms and configurations. For validation of the derived images, a

cross validation technique was used, and the efficiency of the interpolation was evaluated through the coefficient of determination and root mean square error. Thus, the results show that Kriging Spherical and Natural neighbor interpolation methods present the best estimates for mean air temperature, while for air relative humidity, Kriging Spherical and exponential showed the highest efficiencies. Wind speed and global radiation achieved better performance with IDW power 4 and power 2 respectively. As for precipitation, Natural neighbor was the best method among those evaluated. Among the studied variables, precipitation presented the lowest values of determination coefficient, which may have been caused by the insufficient number of stations to cover an area with irregular spatial distribution of rainfall.

KEY-WORDS: Climate, Spatialization, Semiarid.

INTRODUÇÃO

Diferentes setores da sociedade fazem uso dos dados meteorológicos em distintas dimensões espaciais e temporais para fins de planejamento e execução de projetos. No âmbito das atividades agrícolas, por exemplo, a variabilidade espacial e temporal da precipitação e da temperatura nas escalas diária, intra-anual e interanual determinam os períodos de plantio, colheita e taxas de desenvolvimento fenológico das culturas agricultáveis. Normalmente, estes dados encontram-se disponíveis de maneira pontual, deste modo, torna-se necessária a aplicação de técnicas de interpolação na estimativa de valores para áreas que não possuem dados observados diretamente. Vários métodos aplicam-se à essa finalidade, dentre os quais: Kriging, IDW, *Spline*, *Natural neighbor* e Trend. Contudo, a precisão da predição varia de acordo com a variável estimada, quantidade e distribuição das estações.

A escassez de bases de dados consistentes e precisas representa um desafio proeminente no Brasil. Sendo assim, para contornar a escassez de dados meteorológicos necessários às pesquisas nas diferentes áreas do saber, os métodos de interpolação de dados representam uma alternativa viável. Estudos recentes têm aplicado técnicas de interpolação de dados para análises espaciais. Nilsen et al. (2013) estabeleceram um modelo de interpolação capaz de recuperar em escala local as temperaturas de superfícies contínuas, enquanto Gbambie et al. (2017) analisaram por meio de interpolação as diferenças espaciais e temporais entre os conjuntos de dados de precipitação em grade e suas implicações para a modelagem hidrológica. Neste contexto, no que concerne aos métodos de interpolação para estimar uma variável específica, o presente artigo tem como objetivo analisar estatisticamente os métodos mais precisos para predição da precipitação, temperatura, velocidade dos ventos e radiação global no município de Petrolina do Estado de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: O município de Petrolina se localiza no Estado de Pernambuco (9° 23' 54" S e 40° 30' 02" O), e faz parte da bacia hidrográfica do rio São Francisco, mais precisamente, ao submédio curso do rio. Segundo IBGE (2010), o município de Petrolina possui população total de 293.962 habitantes, sendo que 74,6% deste total residem em áreas urbanas. O clima na região é do tipo semiárido, com estação chuvosa limitada aos meses de dezembro a abril, de forma que as precipitações são escassas, com distribuição irregular, com média anual em torno de 400 mm. A temperatura média

anual é de 26,5°C. A evaporação anual oscila em torno de 2.000 mm, e a umidade relativa do ar 68%. A vegetação predominante é do tipo Savana Estépica Arborizada (IBGE, 1992). O município se destaca pela rápida expansão da agricultura irrigada, com cultivo de uva, manga, goiaba. **Aquisição de dados:** dados de precipitação, radiação global, umidade relativa do ar, temperatura média do ar, e velocidade do vento, foram obtidos através da base de dados da Embrapa Semi-Árido. **Interpolações:** Em seguida, esses dados foram convertidos para o formato *shapefile* e submetidos a dez diferentes algoritmos e configurações de interpolação (IDW = *power 2, 3 e 4*; Kriging = *circular, exponential, gaussian, linear, lineardrift, quadraticdrift e spherical*; *Natural neighbor*, Spline = *Regularized e Tension*) usando o modulo Python Arcpy disponível na engine ArcGIS 10.2.2. **Validação cruzada:** Para a validação das imagens derivadas foi utilizada a técnica de validação cruzada, onde de cada *shapefile* foi retirado um ponto, interpolado, e o valor modelado comparado com o valor do ponto retirado, totalizando 1.550.896 validações. A eficiência da interpolação foi representada pelo coeficiente de determinação (r^2) e raiz do erro médio quadrático (REM_Q).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os métodos de interpolação Kriging *Spherical* e *Natural Neighbor* apresentaram os melhores resultados para temperatura média do ar (Tabela 1). Para umidade relativa do ar, Kriging *Spherical* e *exponential* apresentaram as maiores eficiências. Velocidade do vento e radiação global obtiveram melhor desempenho com IDW *power 4* e *power 2* respectivamente. Já para precipitação, *Natural Neighbor* foi o melhor método dentre os avaliados. Os resultados observados na Tabela 1 contrastam com aqueles obtidos em outros estudos. Castro et al. (2010) avaliaram parâmetros do balanço hídrico climatológico para o estado do Espírito Santo utilizando dez métodos de interpolação, e somente o método da krigagem exponencial foi considerado como bom para a estimativa da precipitação. Plouffe et al. (2015) determinaram os métodos de interpolação espacial mais eficazes para estimar a precipitação pluviométrica do Sri Lanka, e de acordo com os resultados os métodos Kriging *Bayesian* e Spline apresentaram melhor desempenho tanto em períodos com precipitação elevada como naqueles em que esta foi mais baixa.

Tabela 1. Valores de coeficiente de determinação (r^2) e raiz do erro médio quadrático (REM_Q) da validação cruzada de elementos meteorológicos sobre o município de Petrolina do Estado de Pernambuco.

Método	T	UR	Vv	R _N	Precipitação
IDW (<i>Power 2</i>)	0,91/0,72	0,89/3,41	0,54/1,11	0,79/27,86	0,01/15,17
IDW (<i>Power 3</i>)	0,9/0,76	0,88/3,58	0,61/1,04	0,79/29,48	0,06/12,84
IDW (<i>Power 4</i>)	0,89/0,8	0,87/3,73	0,65/0,99	0,78/30,92	0,12/11,31
Kriging	0,91/0,71	0,9/3,3	0,47/1,7	0,74/31,62	-

Método	T	UR	Vv	R _N	Precipitação
<i>(Circular)</i>					
Kriging <i>(Exponential)</i>	0,92/0,7	0,91/3,26	0,55/1,49	0,75/30,06	0,06/36,67
Kriging <i>(Gaussian)</i>	0,85/0,9	0,75/5,02	0,2/3,94	0,44/77,99	0,01/62,41
Kriging <i>(Linear)</i>	0,91/0,71	0,91/3,29	0,42/1,83	0,73/31,88	0,04/50,81
Kriging <i>(Lineardrift)</i>	0,9/0,73	0,88/3,52	0,28/2,29	0,7/34,17	-
Kriging <i>(Quadraticdrift)</i>	0,79/1,17	0,78/5,65	0,24/2,78	0,66/40,89	-
Kriging <i>(Spherical)</i>	0,92/0,71	0,91/3,26	0,5/1,63	0,74/31,46	0,02/46,83
<i>Natural neighbor</i>	0,92/0,71	0,91/3,27	0,54/1,89	0,77/31,28	0,17/31,34
Spline <i>(Regularized)</i>	0,7/1,48	0,71/6,73	0,29/2,09	0,61/61,58	0,05/33,32
Spline <i>(Tension)</i>	0,82/1,05	0,8/5,03	0,41/1,8	0,69/41,77	0,07/29,05
Trend <i>(order 1)</i>	0,9/0,73	0,88/3,52	0,28/2,29	0,7/34,17	-
Trend <i>(order 2)</i>	0,79/1,17	0,78/5,65	0,24/2,78	0,66/40,89	0/56,17

CONCLUSÕES

A comparação dos métodos de interpolação para variáveis meteorológicas evidenciou que o método *Natural neighbor* foi o mais eficiente na estimativa da precipitação. Entretanto, os valores de coeficiente de determinação foram baixos em todos os métodos analisados, possivelmente devido a quantidade insuficiente de estações meteorológicas para cobrir uma área com distribuição espacial irregular da precipitação, como é o caso do município de Petrolina. Quanto à temperatura do ar e umidade os melhores resultados foram obtidos através dos métodos *Kriging Spherical* e *Natural neighbor* para a temperatura e *Kriging Spherical* e *Exponential* para a umidade. Os coeficientes de determinação foram, em sua maioria, elevados, com o r^2 ultrapassando 0,9 em alguns métodos. As duas variáveis estão relacionadas, de forma

inversamente proporcional e, além disso, não apresentam elevada variação espacial como no caso da precipitação. Desse modo, a aplicação de métodos de interpolação é essencial para a estimativa de variáveis meteorológicas, sobretudo em áreas com pouca disponibilidade de estações meteorológicas.

REFERÊNCIAS

CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; XAVIER, A. C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.8, p.871–880, 2010. doi: dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000800012

GBAMBIE, A. S. B.; POULIN, A.; Added Value of Alternative Information in Interpolated Precipitation Datasets for Hydrology. **Journal of hydrometeorology**, Québec, v. 18, n. 1, p. 247-264, 2017.

NIELSEN, L.; JOLY, D.; ELVEBAKK, A.; BROSSARD, T. Modeling covariation of summer temperatures and bio-indicators in an Arctic coastal area. **Climate Research**, Oldendorf , v. 58, n. 1, p. 1-13, 2013.

PLOUFFE, C. C. F., ROBERTSON, C; CHANDRAPALA, L. Comparing interpolation techniques for monthly rainfall mapping using multiple evaluation criteria and auxiliary data sources: A case study of Sri Lanka. **Environmental Modelling & Software**, Oxford, v. 67, p. 57–71, 2015. Doi: doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.01.011

MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO PARA A ESPACIALIZAÇÃO DE CHUVAS NO ESTADO DO CEARÁ.

Danilo Batista Nogueira¹, Francisco Albano Uchoa Neto², Liana Pereira Belúcio³, Ana Paula Nunes da Silva⁴, Alessandro Oliveira da Silva⁵

¹Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, danilonogueira.agro@gmail.com; ²Bacharel em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, albanouchoa97@gmail.com; ³Bacharel em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Amapá, Macapá, Amapá, lianabelucio@hotmail.com; ⁴Doutora em Meteorologia, Universidade do Estado do Amapá, Macapá, Amapá, apns@ymail.com; ⁵Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, alessandro@ufc.br

RESUMO: A distribuição espacial de variáveis meteorológicas, especialmente de precipitação pluvial, necessita de estudos recorrentes, uma vez que estas apresentam constantes mudanças ao longo do tempo. Para isto utilizam-se os métodos geoestatísticos de interpolação e distribuição como uma ferramenta de análise e compreensão espacial de atributos, diante disto, o presente trabalho teve como objetivo mostrar os resultados de análise comparativa dos desempenhos de cinco métodos de interpolação: Inverso Quadrático da Distância (IDW), Krigagem com um modelo de semivariograma esférico e um modelo exponencial, Vizinheiro natural e Spline regularizada. Para tanto, utilizaram-se dados de precipitação pluvial média anual de um período de vinte anos (1991 a 2010) de 252 postos de coleta, obtidos junto a FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Como forma de avaliação e determinação do método mais arrojado as condições obtidas neste intervalo de tempo optou-se pela técnica de validação cruzada como critério de comparação, determinando o erro médio quadrático (RMSE - root mean square error), desvio das médias (MBE - Mean Bias Error) e coeficiente de determinação (r^2) entre os dados estimados e os dados observados. Os resultados apontam que a interpolação por método de Krigagem exponencial resultou em um menor erro quadrático médio, mostrando ser esse o interpolador de melhor representatividade espacial para o conjunto de dados em estudo, entretanto o método de interpolação por Spline obteve o maior coeficiente de determinação o que define um melhor arranjo entre os valores estimados e os valores observados.

PALAVRAS-CHAVE: geoestatística, postos pluviométricos, variáveis regionalizadas.

METHODS OF INTERPOLATION FOR RAINFALL IN THE STATE OF CEARÁ.

ABSTRACT: The distribution of meteorological variables, especially rainfall precipitation, requires recurrent studies, since these are constant changes over time. For this use the geostatistical methods of interpolation and distribution as a tool of analysis and spatial understanding of attributes, in view of this, the present research aimed to compare the performance of five interpolation methods: Quadratic Inverse of Distance, Kriging with a model Of spherical semivariogram and an exponential model, Natural neighbor and Spline regularized or also denominated of surface of minimum curvature. For that, data of annual average rainfall of a period of twenty years (1991 to 2010) of 252 collection points, was obtained from Funceme - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. As a way of evaluating and determining the most suitable method in the conditions obtained in this time interval, were utilized the cross-validation technique as a criterion of comparison, determining the root mean square error (RMSE), mean deviation (MBE- Mean Bias Error) and coefficient of determination (r^2) between the estimated data and the observed data. The results show

that the interpolation by exponential Kriging method resulted in a smaller mean square error, showing that it is the interpolator of better spatial representation for the data set under study, however the method of interpolation by Spiline obtained the highest coefficient of determination which defines a better arrangement between the estimated values and the observed values.

KEY-WOR: geostatistical, pluviometric stations, regionalized variables

INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é uma das principais variáveis meteorológicas utilizadas em estudos climatológicos, isto porque as consequências que o excesso ou a escassez que a mesma pode desencadear, tanto no setor econômico quanto social, é de difícil remediação. A quantificação das chuvas é bastante utilizada na gestão, conservação e manejo de recursos naturais, no dimensionamento de obras hidráulicas, no planejamento agrícola e urbano entre tantas outras atividades. Tradicionalmente o monitoramento da lâmina diária de precipitação é acompanhada através de postos pluviométricos, que fornecem dados pontuais de cada estação, sendo necessário estimar, por interpolação, os locais onde não são registrados ou até mesmo os outlines que ocorrem por erros operacionais, transformando assim os dados pontuais em um mapa homogêneo de distribuição pluviométrica (MAZZINI; SCHETTINI, 2009).

Inúmeros métodos de interpolação, com diversos níveis de complexidade, estão disponíveis na literatura (TAESOMBAT; SRIWONGSITANON, 2009). Estes métodos podem ser baseados em variáveis regionalizadas que são os chamados métodos geoestatísticos, onde cada ponto amostral apresenta uma característica aleatória com variação imprevisível e uma característica estrutural onde há uma ligação entre os pontos, motivados pela gênese do fenômeno natural, ou podem ser baseados pela homogeneização do reticulado levando em consideração exclusivamente a distância entre os locais de coleta das amostras (YAMAMOTO; LANDIM, 2013). Os dados pluviométricos geralmente possuem bastante dependência espacial, principalmente na região Nordeste, onde as chuvas são do tipo torrencial e irregular e eventos pluviais de uma dada região são bastante influenciados pela região circunvizinha.

Até o momento não existe, na literatura, um método mais indicado de interpolação espacial, mas deve-se prosseguir com uma investigação mais aprofundada sobre o desempenho dos interpoladores mais aplicados ao mapeamento da pluviometria (AMORIM et al., 2008; MAZZINI; SCHETTINI, 2009; TAESOMBAT; SRIWONGSITANON, 2009; VIOLA et al., 2010). Childs (2004) afirma que cada método de interpolação tem sua utilidade à uma aplicação específica que depende principalmente da sazonalidade do fenômeno estudado e da variabilidade espacial dos pontos amostrais.

O Estado do Ceará é caracterizado por baixas precipitações em sua média histórica (800,6 mm) o que dificulta diversas atividades como a agricultura de sequeiro e até mesmo a irrigada já que o volume de seus reservatórios são reduzidos nas épocas de estiagem, por isso estimar de maneira adequada a lâmina de chuva anual em regiões em que não existem séries históricas podem auxiliar para um melhor planejamento de tais atividades (SENTELHAS et al., 2016). Pesquisas como as realizadas por Silva et al. (2011) demonstram a necessidade de determinações de variáveis agrometeorológicas espacializadas como a evapotranspiração ao longo de uma região, já que na maioria dos estados brasileiros poucas são as localidades que dispõem uma série histórica satisfatória para a previsão de eventos meteorológicos como a própria chuva.

Assim, o objetivo deste estudo é demonstrar os resultados de uma avaliação comparativa de diferentes métodos de interpolação de precipitação para o estado do Ceará com uma série histórica de 20 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O Estado do Ceará está localizado na região Nordeste do país (2,96°S – 7,81°S, 37,23°W – 41,31°W), situado em sua grande parte na região Semiárido do Nordeste Brasileiro, apresentando assim um quadro de precipitações pluviométricas escassas e irregulares. Segundo a classificação climática de Köppen, o Estado apresenta três tipos de clima BSw'h', Aw' e Cw'. Havendo uma predominância em aproximadamente 80% como BSw'h'(semiárido).

Os dados climáticos de referem a séries históricas de 20 anos (1991-2010) de análise de médias de precipitação total anual de 252 postos pluviométricos no Ceará, uma vez que dentro da série de dados foi neste intervalo em que se obteve uma maior consistência dos dados (FIGURA 1).

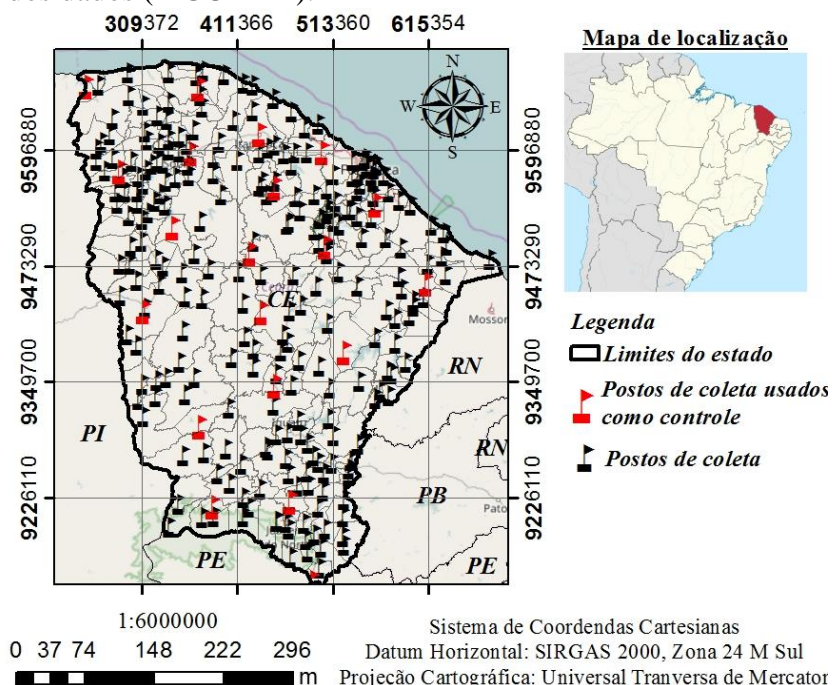


FIGURA 1. Localização dos postos pluviométricos aplicados ao estudo

Os métodos foram escolhidos tentando-se abranger as principais metodologias encontradas na literatura, para tanto fez-se do Software ArcGIS 9.3 Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2009). Os interpoladores espaciais aplicados foram o inverso quadrático da distância (IDW), krigagem com um modelo de semivariograma esférico e um modelo exponencial, Vizinho natural e Spline regularizada ou também denominada de superfície de mínima curvatura.

O banco de dados de precipitação foi obtido junto a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), todos os dados foram organizados em planilha eletrônica (Excel) para facilitar a manipulação e a detecção de divergências nos valores mensais de precipitação bem como os meses ou anos sem registros, que no caso ou foram descartados ou foram estimados por média das normais climatológicas dos anos anteriores caso os postos possuíssem mais de 30 anos de coleta ou estimados pelo método da ponderação regional conforme usado em Bertoni e Tucci (2002), caso possuísse menos que 30 anos, para isto os postos vizinhos utilizados tinham de ter uma homogeneidade dos dados com diferença média anual inferior a 10%.

Para se verificar o melhor método de interpolação e a boa consistência dos dados, optou-se pela técnica de validação cruzada como critério de comparação, que consiste em retirar uma amostra do conjunto de dados e estimar seu valor através dos diferentes métodos de interpolação com os dados restantes. Para o presente trabalho foram utilizados 20 postos como pontos de validação dos métodos, os quais foram denominados postos de controle. Após essa estimativa, o valor foi reintroduzido no sistema, para validação de cada modelo usado na interpolação e avaliação de variação dos modelos, utilizando índice estatísticos como o desvio das médias (MBE - Mean Bias Error) e o erro médio quadrático (RMSE - root mean square error) conforme Equação 1.

$$RMSE = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2}{N} \quad (01)$$

Em que: x_i é o valor observado (mm); y_i , valor estimado pelo método (mm); e, N, o número de observações.

Também foram determinados para cada método de interpolação em função dos valores de chuvas medidos, o coeficiente de determinação por regressão linear simples, correlação (r), índice de concordância (d), índice de desempenho (c). A precisão foi dada pelo coeficiente de determinação, a qual indica o grau em que a regressão explica a soma do quadrado total. Conforme Willmott (1982), o índice “d” é dado pelas seguintes equações:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|y_i - \bar{x}| + |x_i - \bar{x}|)^2} \right] \quad (02)$$

em que: d é o índice de concordância dimensional variando de 0 a 1; \bar{x} média dos valores observados (mm).

O coeficiente de correlação (r) foi definido pela Equação 3.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (03)$$

Para a avaliação do desempenho dos métodos foi utilizado o índice de desempenho (c) proposto por Camargo & Sentelhas (1997) para indicar o desempenho dos métodos que reúne os coeficientes de correlação (r) e o de concordância (d) conforme Equação 4 e Tabela 1:

$$c = r \times d \quad (04)$$

Tabela 1. Critério de interpretação do desempenho dos métodos de interpolação da precipitação pelo índice “c” de Camargo & Sentelhas (1997)

Valor de “c”	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

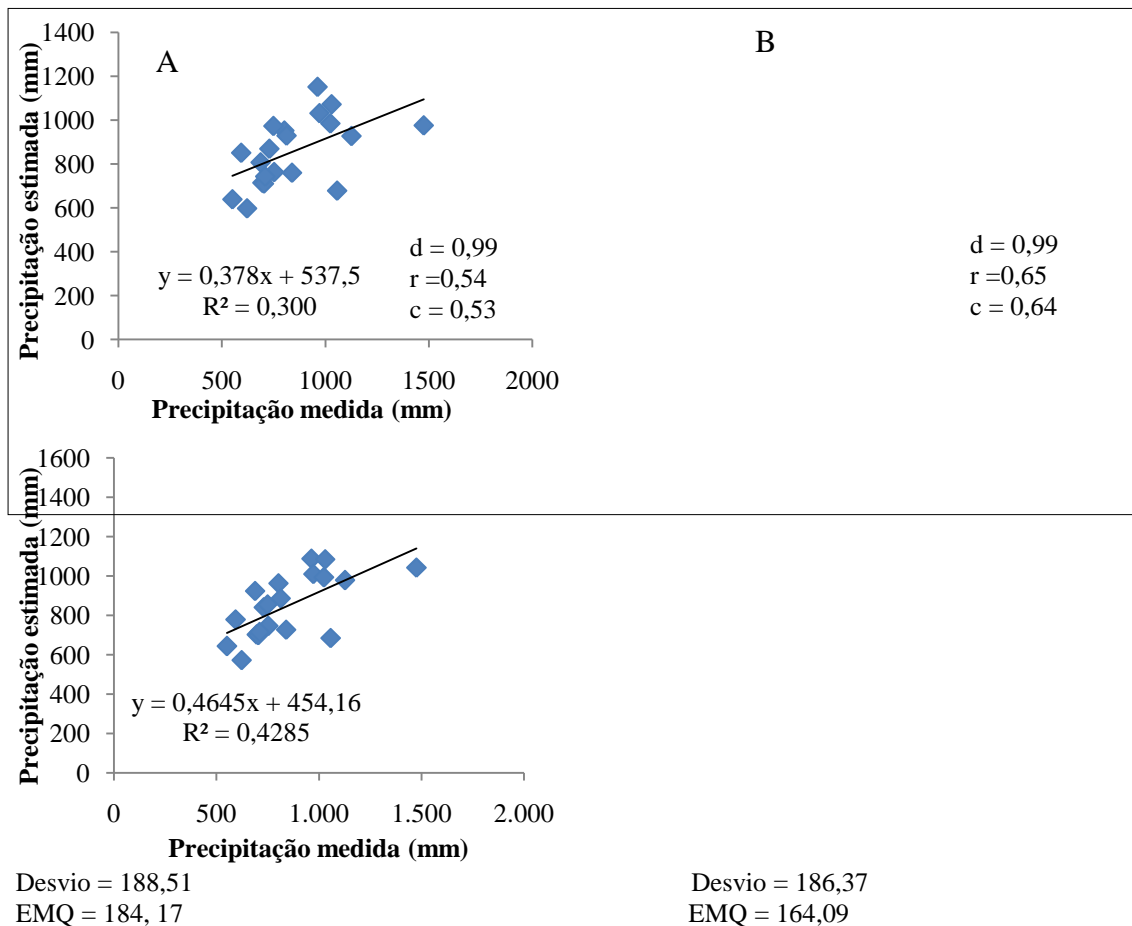
De acordo com a análise de dispersão dos dados para os diferentes modelos de interpolação testados, observou-se que o coeficiente de determinação (r^2) dos modelos estudados ficaram abaixo de 0,60 conforme Figura 2, Viola et al. (2010) em estudos sobre métodos de interpolação para precipitação no Estado de Minas Gerais, observaram valores de r^2 superiores a 0,70, sendo o desempenho de tal ajuste análogo aos encontrados para períodos mensais de chuva, com exceção de alguns meses em período seco onde o coeficiente de determinação variou de 0,36 a 0,6, fato este que reforça a consistência dos resultados obtidos para este trabalho, tendo em vista a grande variabilidade e imprevisibilidade das chuvas no estado do Ceará, bem como a constante ocorrência de períodos secos no estado o que explica a obtenção de coeficientes de determinação inferior a 0,6 para os métodos de interpolação, resultados similares também são citados em CASTRO et al. (2010), ALVES E VECCHIA (2011) e GARDIMAN JUNIOR et al. (2012). Dentre os métodos de interpolação avaliados o spline (Figura 2E) foi o modelo que obteve melhor ajuste aos dados coletados nos postos de controle ($r^2 = 0,51$), este resultado corrobora com Alves e Vecchia (2011) que também encontraram um maior coeficiente de determinação para o método spline quando comparam métodos de interpolação para precipitação pluvial do estado de Goiás.

Em relação ao RMSE o método interpolado por krigagem exponencial (Figura 1B) apresentou os menores valores (164,09), sendo que o inverso do quadrado da distância ou IDW apresentou valor bem próximo a isto (164,71) enquanto para o método de vizinho natural (Figura 2D) observou-se os maiores valores (357,16) entre todos os métodos estudados, isto deve-se ao limitado alcance deste, sendo que dois dos pontos de controle estavam fora da sua zona de interpolação. Castro et al. (2010) em estudos sobre métodos de interpolação no balanço hídrico climatológico no Estado do Espírito Santo também observaram que o método de krigagem foi o mais eficiente dentre os métodos de espacialização baseado no menor valor do RMSE entre outros parâmetros. Em estudo comparativo dos métodos de interpolação dos dados pluviométricos da bacia hidrográfica do rio Itapemirim, na região Sul do Espírito Santo, GARDIMAN JUNIOR et al. (2012) observaram o desempenho do IDW muito próximo ao da Krigagem esférica que é citado em sua pesquisa como o método de melhor desempenho, entretanto neste presente estudo não foi observado tal comportamento uma

vez no mesmo o desempenho da Krigagem esférica foi inferior ao do método IDW, entretanto o método por Krigagem exponencial apresentou melhores resultados em relação ao método IDW, quando comparado menor valor do RMSE entre outros parâmetros.

Os índices de desempenho (c) determinados para cada método de interpolação apresentou desempenho classificado como “bom” para o método spline (Figura 2E), enquanto o inverso do quadrado da distância (Figura 2C) e o método de krigagem exponencial (Figura 2B) apresentaram desempenho classificado como “mediano”. Oliveira et al. (2006) em estudos sobre métodos de estimativa de precipitação máxima no Estado de Goiás obtiveram através do índice “d” resultados satisfatórios para determinação de equações de chuvas intensas para a referida região tais quais os resultados obtido no presente trabalho, com índices de concordância igual a 0,99 o que segundo Silva, Lima e Bottega (2011) indica uma concordância perfeita entre os dados interpolados.

A Krigagem é citada por Silva et al. (2011) como um método mais apto a representação do regime pluviométrico, geralmente apresentando índices estatístico satisfatórios, este comportamento foi verificado no presente trabalho em relação ao índice de concordância, ao coeficiente de determinação e ao Erro Quadrado Médio.



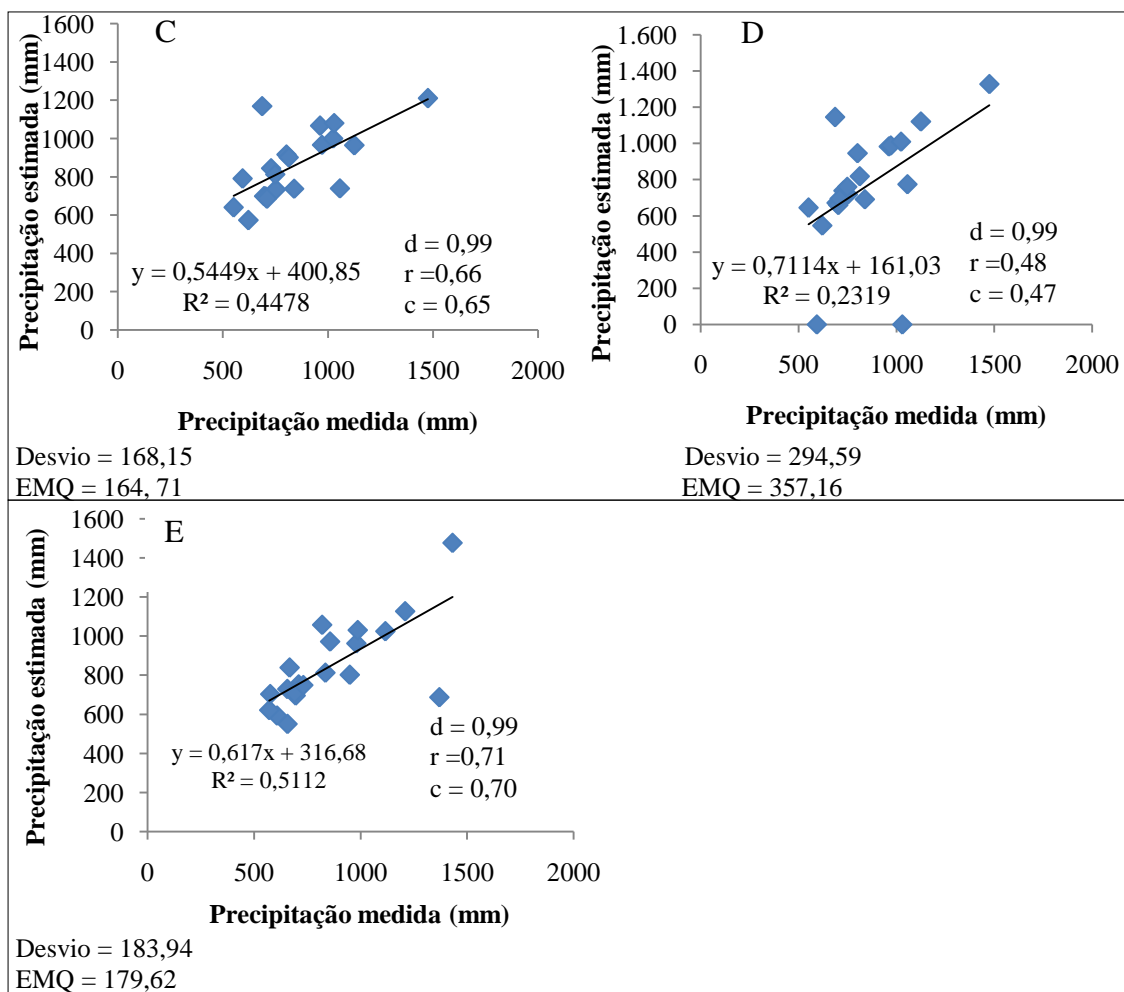
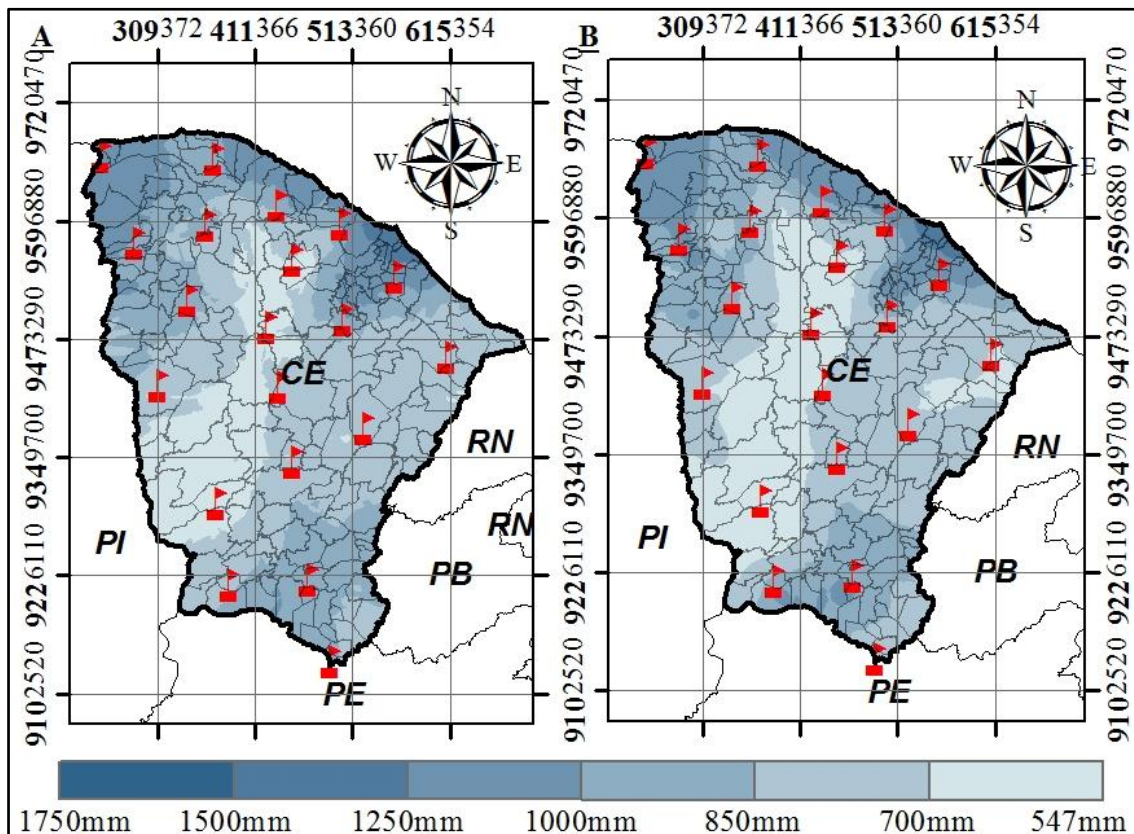


Figura 2. Dispersão dos valores estimados de precipitação média anual (1991-2010) no Estado do Ceará, obtidos pelos métodos de krigagem esférica (A), krigagem exponencial (B), inverso do quadrado da distância (IDW) (C), Vizinho natural (D), spline (E).

Na Figura 3 é apresentada a espacialização da precipitação pluvial anual no Estado do Ceará com os diferentes métodos de interpolação. De todos os métodos, o mapa resultante da interpolação por vizinho natural (Figura 3D) foi o único que não permitiu extrapolação para fora da abrangência dos postos pluviométricos, isto é claramente observado no mapa, sendo uma das grandes limitações deste método, uma vez que qualquer informação produzida nesta área é possivelmente irreal e sem qualquer significado físico, abrangendo assim somente as informações nos limites dos postos de coleta disponíveis. Para o método por Spline obtiveram-se valores negativos a noroestes do estado, fator associado a mínima curvatura da triangulação entre pontos de coleta. Nos mapas também foram identificados alguns efeitos miras principalmente para o método por inverso do quadrado da distância o que corrobora com os resultados obtidos por Alves e Vecchia (2011), mostrando um maior associação deste método com a densidade dos dados observados na figura 4, uma vez que no mapa de densidade cada uma das observações é ponderada pela distância ao vizinho mais próximo.

Trabalhos como os de Assad et al. (2003) sobre a avaliação de modelos geoestatísticos na espacialização de índices agrometeorológicos para definir riscos climáticos e Macedo et al. (2001) sobre espacialização de índices de necessidade hídrica

das culturas e sua aplicação em zoneamento hídrico, demonstram que o método de interpolação por krigagem segundo estes autores, é o mais indicado para determinação dos índices de necessidades de água nas plantas. O método de krigagem, também foi utilizada por Silva et al. (2014) em estudos sobre classificação climática para aplicação agrometeorológica. Sendo que algumas pesquisas encontraram comportamento bastante semelhante entre os métodos de Krigagem e inverso do quadrado da distância (IDW), tais como o trabalho desenvolvido por Franco e Uda (2015) na espacialização da precipitação na bacia do alto rio Negro, Santa Catarina, utilizando os métodos de interpolação IDW e Krigagem, verificou que ambos os métodos e suas variantes utilizadas mostraram-se adequados à realização da interpolação de dados pluviométricos.



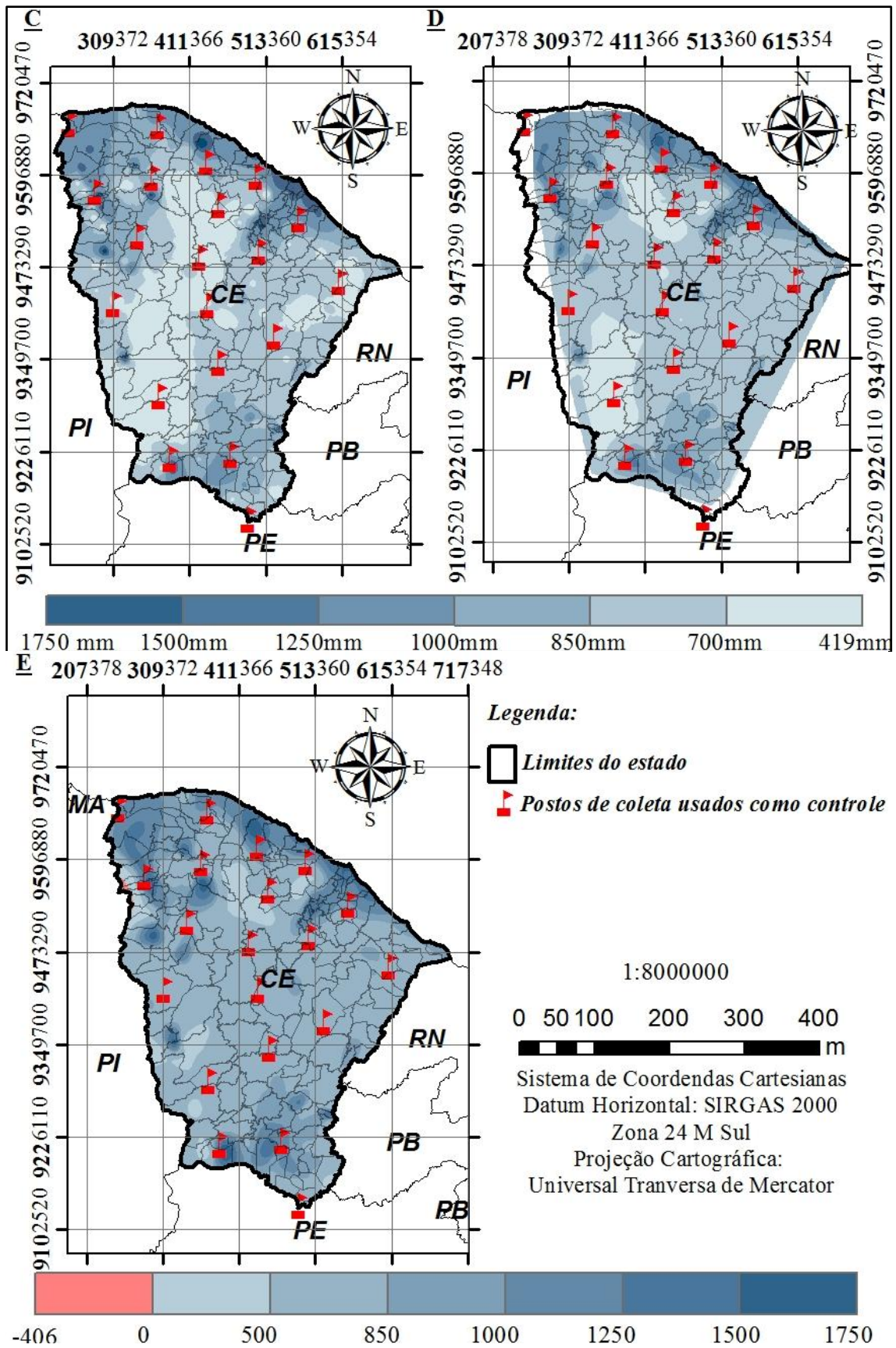


Figura 3. Mapas da distribuição espacial da precipitação no Estado do Ceará, com diferentes métodos de interpolação: krigagem com um modelo de semivariograma esférico (A); krigagem com um modelo de semivariograma exponencial (B); o inverso

quadrático da distância (C); Vizinho natural (D); Spline regularizada ou método da mínima curvatura (E).

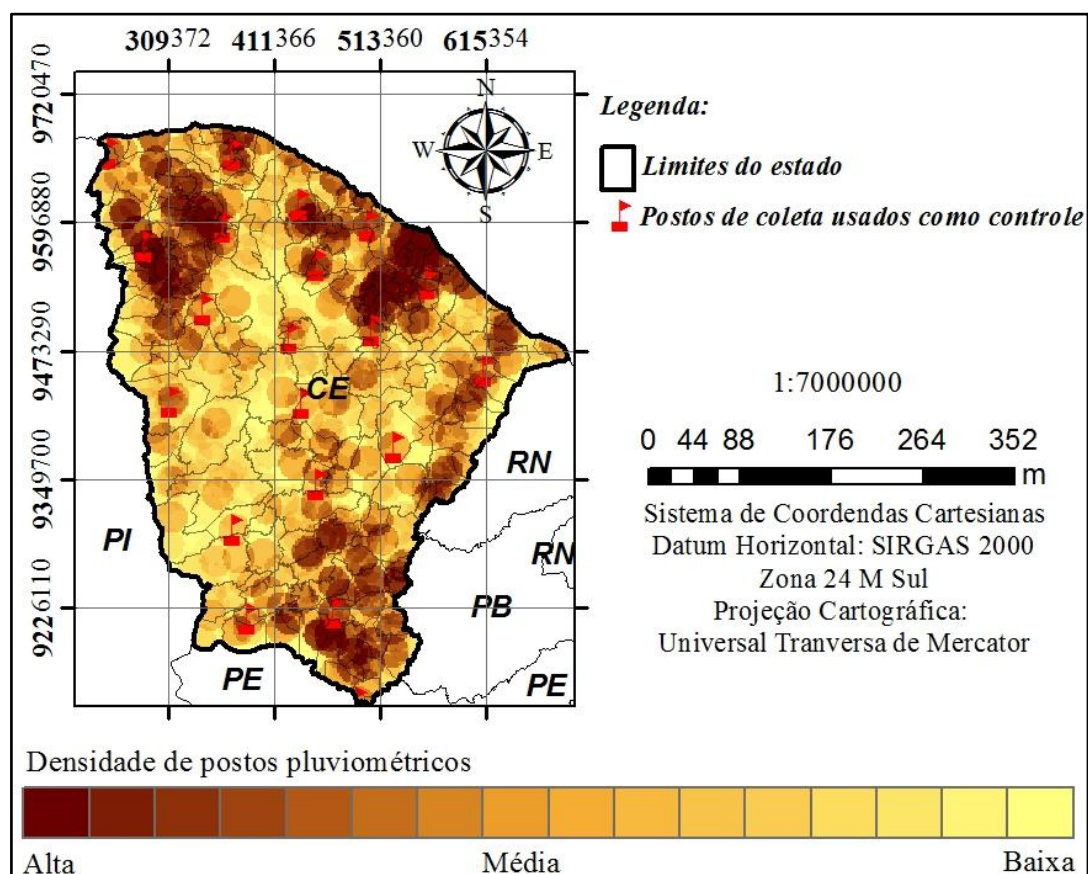


Figura 4. Mapa de densidade dos postos pluviométricos utilizados nesta pesquisa

CONCLUSÕES

Nas condições em que o estudo foi realizado, o método de krigagem com um modelo de semivariograma exponencial foi o que melhor se adequou para a estimativa e geração de mapas contínuos de distribuição pluviométrica no estado do Ceará, todavia a estimativa por IDW apresentou-se bastante semelhante a este com apenas algumas pequenas diferenças pontuais, mostrando-se adequado à realização da interpolação pluviométrica, a estimativa por Spline também mostrou-se bastante promissora uma vez que apesar de um erro médio quadrático maior que o método de krigagem exponencial, esta obteve uma melhor coeficiente de determinação mostrando um melhor ajuste individual dos dados e um critério de desempenho bom segundo metodologia de Camargo & Sentelhas (1997).

Tendo em vista que todos os métodos de interpolação oferecem apenas uma estimativa de valores baseado em uma série de pontos conhecidos, e que esta estimativa depende da distribuição bem como da densidade dos pontos observados, pode-se afirmar que os constantes estudos relacionados a distribuição pluviométricas para o estado do Ceará são de extrema importância, uma vez que a sazonalidade das chuvas é bastante variável principalmente pela natureza irregular do dipolo positivo e os efeitos do aquecimento das águas do Oceano Pacífico Equatorial que causam anomalias climáticas como El Niño e La Niña.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Ceará por todo subsídio fornecido para o desenvolvimento desta pesquisa, ao CNPq pelo fomento que possibilitou a realização deste trabalho e a FUNCEME pelas séries históricas de dados de precipitação disponibilizados.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. **Acta Scientiarum Human and Social Sciences**, v. 33, n. 2, p. 193-197, 2011.

AMORIM, R. C. F.; RIBEIRO, A.; LEITE, C. C.; LEAL, B. G.; SILVA, J. B. G. Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas. **Acta Scientiarum Technology**, v. 30, n. 1, p. 87-91, 2008.

ASSAD, E. D.; MACEDO, M. A.; ZULIO JÚNIOR, J.; PINTO, H. S.; BRUNINI, O. Avaliação de métodos geoestatísticos na espacialização de índices agrometeorológicos para definir riscos climáticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 161-171, 2003.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: Tucci, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2002.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; XAVIER, A. C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.8, p.871-880, 2010.

CHILDS, C. **Interpolating surfaces in ArcGIS Spatial Analyst**. ArcUser, July-September. p. 32-35, 2004.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. ArcGIS 9.3: Getting started with ArcGIS. Redlands: ESRI, 2009.

FRANCO, A. C. L.; UDA, P. Q. Comparação de métodos de espacialização da precipitação na bacia do alto rio Negro, Santa Catarina. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE

MACEDO, M. A.; ASSAD, E. D.; CÂMARA, G.; OLIVEIRA, J. C.; BARBOSA, A. M. Avaliação de métodos para espacialização de índices de necessidade hídrica das culturas e sua aplicação em zoneamento agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n.3, p. 581-587, 2001.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.

OLIVEIRA, L. F. C.; ANTONINI, J. C.; FIOREZE, A. P.; SILVA, M. A. S. Métodos de estimativa de precipitação máxima para o Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 620-625, 2008.

SENTELHAS, P. C.; SANTOS, D. L.; MONTEIRO, L. A.; SOARES-COLLETTI, A. R.; PALLONE FILHO, W. J.; DONZELLI, J. L.; ARRIGONI, E. B. Agro-climatic favorability zones for sugarcane orange rust as a tool for cultivar choice and disease management. **Crop protection**, v. 84, p. 88-97, 2016.

SILVA, A. O.; MOURA, G.B.A. ; KLAR, A. E. Classificação climática de Thornthwaite e sua aplicabilidade agroclimatológica nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco. **Irriga**, v. 19, n.1, p. 46-40, 2014.

SILVA, A. O.; MOURA, G.B.A.; SILVA, Ê .F. F.; LOPES, P. M.O.; SILVA, A.P.N. Análise espaço-temporal da evapotranspiração de referência sob três regimes de precipitação em Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 135-142, 2001.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; BOTTEGA, E. L. Variabilidade espacial da precipitação pluviométrica para o Estado do Espírito Santo utilizando métodos multivariados. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.703-709, 2011.

TAESOMBAT, W.; SRIWONGSITANON, N. Areal rainfall estimation using spatial interpolation techniques. **Science Asia**, v. 35, n. 3, p. 268-275, 2009.

VIOLA, M. R.; MELLO, C. R.; PINTO, D. B. F.; MELLO, J. M.; ÁVILA, L. F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 970-978, 2010.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 63, n. 11, p. 1309-1313, 1982.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2013. 215p.

RENDIMENTO DO ALGODOEIRO COLORIDO FERTIGADO COM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO E DOSES DE POTÁSSIO

Carolina de Lima França¹, Breno Leonan de Carvalho Lima², Patrício Rinaldo da Silva³, Ênio Farias de França e Silva⁴, Gerônimo Ferreira da Silva⁵

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, carolinadelimafranca@gmail.com; ²Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, breno.lclima@uol.com.br; ³Técnico Ambiental, Prefeitura Municipal de Ouricuri, Ouricuri, Pernambuco, patricioibimirim@hotmail.com; ⁴Professor Associado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, effsilva@uol.com.br; ⁵Professor Adjunto, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, agrogefe@yahoo.com.br

RESUMO: O aproveitamento na agricultura de águas de qualidade inferior como as de esgotos domésticos tratados, tem se tornado comum em regiões áridas e semiáridas, uma vez que sua utilização, de forma sustentável, economiza 100% da água potável que seria utilizada. A utilização da água de esgotos pode aumentar a produtividade das lavouras pelo aumento da deposição de nutrientes ao solo durante seu ciclo de desenvolvimento e assim, economizar o uso de fertilizantes. Com o objetivo de avaliar a produtividade do algodoeiro colorido conduziu-se um experimento em blocos completos ao acaso em esquema fatorial com cinco lâminas de irrigação ($L_1=50$, $L_2=75$, $L_3=100$, $L_4=125$ e $L_5=150\%$ da ETc) e cinco doses de potássio ($D_1=0$, $D_2=50$, $D_3=100$, $D_4=150$ e $D_5=200\%$ recomendadas para a cultura) e uma testemunha absoluta irrigada e adubada em sua totalidade com quatro repetições. O maior rendimento do algodoeiro foi obtido com a lâmina de 150% da ETc quando irrigado com esgoto doméstico tratado. No entanto, apesar do maior rendimento ter sido obtido com uma lâmina de 150% da ETc, a maior eficiência do uso de água foi obtida com déficit de 50% da ETc. A lâmina de 100% da ETc com água de esgoto doméstico tratado proporcionou ganhos de mais de 900 kg ha⁻¹ em relação ao cultivo do algodoeiro irrigado com água de abastecimento e adubado convencionalmente. A irrigação com água de abastecimento e a utilização de fertilizantes químicos, pode ser substituído pelo esgoto doméstico tratado, promovendo assim, uma economia de 100% de água e fertilizantes.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum* L., rendimento, semiárido.

YIELD OF COLORED COTTON FERTIGATED WITH DOMESTIC SEWAGE TREATMENT AND POTASSIUM DOSES

ABSTRACT: The use of lower quality water, such as treated domestic sewage in agriculture, has become common in arid and semi-arid regions, since its use, in a sustainable way, saves 100% of the drinking water that would be used. The use of sewage can increase the productivity of cotton crops by increasing the deposition of nutrients to the soil during its entire cycle and thus save on the use of fertilizers. The experiment was carried out in a randomized complete block design with five irrigation slides ($L_1 = 50$, $L_2 = 75$, $L_3 = 100$, $L_4 = 125$ and $L_5 = 150\%$ of the ETc) and five potassium doses ($D_1 = 0$, $D_2 = 50$, $D_3 = 100$, $D_4 = 150$ and $D_5 = 200\%$ of the recommendation for the crop) and an absolute control irrigated and fertilized in its entirety with four replicates. The highest cotton yield is obtained with 150% ETc slides when irrigated with treated domestic sewage. Although the highest yield is obtained with a 150% ETc blade, the highest water use efficiency is obtained with a 50% ETc deficit. The 100% ETc sludge with treated domestic sewage provides gains of more

than 900 kg ha⁻¹ in relation to cotton cultivation irrigated with supply water and conventionally fertilized. Irrigation with supply water and the use of chemical fertilizers can be replaced by treated domestic sewage, thus saving 100% water and fertilizers.

KEY-WORDS: *Gossypium hirsutum* L., yield, semiarid.

INTRODUÇÃO

A reutilização de água de esgotos domésticos tratados na agricultura é uma alternativa promissora por se tratar de uma fonte hídrica e nutricional as plantas, principalmente as de grande potencial agrícola, como o algodoeiro colorido (*Gossypium hirsutum* L.).

As variedades coloridas, exploradas comercialmente na região Nordeste, visam maior geração de renda e melhorias na agricultura familiar, por se tratar de uma opção fitotécnica que pode ser cultivada sob condições mínimas de precipitação e apresentarem fibras naturalmente coloridas (CONAB, 2013).

Estudos com a utilização de esgotos domésticos tratados na agricultura têm comprovado sua viabilidade na cultura do algodoeiro. À exemplo, nas condições semiáridas do Norte de Minas Gerais, Santos et al. (2016), verificaram que a produtividade do algodoeiro irrigado com água residuária foi 22% maior quando em relação a testemunha irrigada com água de abastecimento. Já Sousa Neto et al. (2012), constataram que a utilização de água de esgotos domésticos tratada supre a adubação convencional em sua totalidade, diminuindo os custos com fertilizantes comerciais.

Além dos avanços mencionados, a aplicação de água de esgotos domésticos na agricultura, aumenta a fertilidade do solo pela deposição de nutrientes e micronutrientes que muitas vezes não estão presentes em fertilizantes sintéticos, bem como, age como condicionador do solo, aumentando a retenção de água (HESPANHOL, 2002; HESPANHOL, 2008).

No algodoeiro, o potássio (K) é o segundo elemento mais absorvido antecedido pelo nitrogênio (N). No tecido vegetal, o mesmo predomina na forma iônica e está ligado a funções como abertura e fechamento dos estômatos, translocação de carboidratos, relações osmóticas entre outras (MENGEL, 2006). Sua deficiência resulta em baixo crescimento, diminui a produtividade e a qualidade das fibras (OOSTERHUIS; LOKA; RAPER, 2013).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, avaliar o rendimento e a eficiência no uso de água do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de irrigação com água de esgoto doméstico tratado e doses de potássio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo na unidade piloto de reúso hidroagrícola de esgoto doméstico, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Ibirimir, PE, à 334 km da capital Recife. A área experimental está localizada na latitude 8° 32' 05'' Sul, longitude 37° 41' 50'' Oeste, de acordo com o sistema de coordenada geográfica UTM SIRGAS 2000 zona 24S, com altitude média de 408 m, na região semiárida pernambucana.

O clima da região classifica-se como BSw'h', semiárido muito quente, com precipitação média anual de 454,0 mm. A temperatura média anual é em torno de 24,9 °C, com máxima de 32,6 °C e mínima de 20,0 °C (CAVALCANTE; SILVA; SOUSA,

2006). Durante o período experimental, registrou-se precipitação acumulada de 122,0 mm, temperatura média, máxima média e mínima média de 24,6, 25,3 e 23,9 °C, respectivamente (Figura 1).

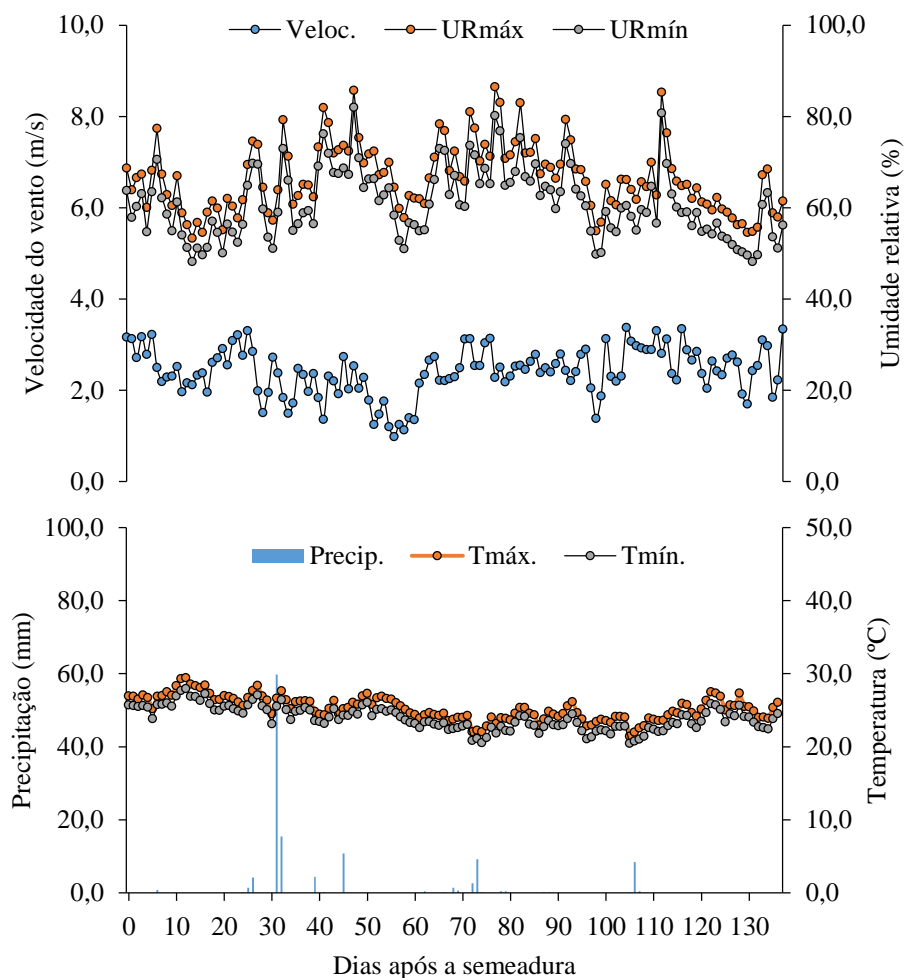


Figura 1. Dados diários de precipitação, velocidade do vento (2 m), temperatura e umidade relativa máximas e mínimas registradas durante o período experimental em Ibimirim, Recife, PE, 2017.

O solo da área experimental classifica-se como Neossolo Quartzarênico Órtico típico A moderado com relevo predominantemente plano (EMBRAPA, 2013), cujo caracterização físico-química encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo da área experimental em Ibimirim. Recife, PE. 2017.

Profundidade	P	pH	Ca	Mg	Na	K	Al	H	CTC	S	m	V
(m)	(mg dm ⁻³)	(H ₂ O)	(cmol _c dm ⁻³)						(%)			
0 – 0,20	25	4,60	1,25	0,75	0,03	0,19	0,15	1,41	3,80	2,20	6	59
0,20 – 0,40	19	4,30	1,40	0,70	0,04	0,24	0,40	1,74	4,50	2,40	14	53

Horizontes	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
	-----m-----	----- g kg ⁻¹ -----			
A	0-0,16	760	80	160	Franco Arenosa
C1	0,16-0,66	760	80	160	Franco Arenosa
C2	0,66-0,99	680	60	260	Franco Argilo Arenosa
C3	0,99-1,34	680	60	260	Franco Argilo Arenosa
C4	1,34-1,55	720	40	240	Franco Argilo Arenosa
R	1,55-	-	-	-	-

Foi adotado delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial (5 x 5) + 1, compondo 26 tratamentos com quatro repetições, totalizando 104 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram da combinação de cinco lâminas de irrigação, correspondentes à: L₁ = 50, L₂ = 75, L₃ = 100, L₄ = 125 e L₅ = 150% da evapotranspiração da cultura (ET_c), tendo como fonte hídrica esgoto doméstico tratado por um reator UASB; e cinco doses de potássio correspondentes à D₁ = 0, D₂ = 50, D₃ = 100, D₄ = 150 e D₅ = 200% da quantidade sugerida para a cultura com base no resultado da análise de solo. Adotou-se uma testemunha absoluta irrigada com lâmina de 100% da ET_c e adubada com NPK em sua totalidade, correspondendo a 90, 40 e 40 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O. Utilizou-se como fonte de N a uréia, superfosfato simples como fonte de P₂O₅ e cloreto de potássio como fonte de K₂O.

O manejo da irrigação foi realizado via clima ao longo do desenvolvimento da cultura. O cálculo da ET_c foi feito com base na evapotranspiração diária de referência (ET_o) estimada pelo modelo de Penman-Monteith - FAO (ALLEN et al., 1998) com coeficiente de cultivo (K_c) adotado de BEZERRA et al. (2010). A aquisição dos dados climáticos para a determinação da ET_o foi obtido pela estação agrometeorológica automática (marca CAMPBELL SCIENTIFIC, modelo CR1000, Logan, Utah, USA) instalada nas proximidades da área experimental.

Para o cálculo da ET_o, foram utilizados dados diários de temperatura média do ar, umidade relativa média, velocidade do vento e radiação solar. A estimativa da ET_c foi realizada com os dados de ET_o, K_c e o coeficiente de localização médio (K_Lméd).

O KLMéd foi determinado considerando a projeção da área sombreada (S) da planta ao meio-dia, ao longo do seu desenvolvimento, conforme Aljibury, Marsh e Huntamer (1974), Decroix (1978), Hoare, Garzoli e Blackwell (1974), Keller (1978) e Keller e Bliesner (1990), obtido pela média aritmética destas:

A diferenciação das lâminas de irrigação foi caracterizada pelo tempo de irrigação (Ti) estabelecido para cada tratamento, com adoção de turno de rega (TR) diário.

Ao final do experimento, 130 DAE, a lâmina total de irrigação com água de esgoto doméstico tratado acumulada para cada tratamento foi de $L_1 = 307,75$, $L_2 = 461,62$, $L_3 = 615,49$, $L_4 = 769,36$ e $L_5 = 923,24$ mm, respectivamente.

A diferenciação das lâminas de irrigação ocorreu a partir do estabelecimento da cultura por ocasião do desbaste, 25 dias após a emergência (DAE).

A irrigação foi realizada por gotejamento. Nas linhas laterais (LL) foram utilizados tubos gotejadores autocompensantes (marca Netafim, modelo Dripnet PC 16250) com diâmetro nominal de 16 mm e vazão nominal de $2,0 \text{ L h}^{-1}$. Para a sucção e recalque do efluente, utilizou-se uma bomba centrífuga de eixo horizontal (marca Schneider, com potência de 0,5 cv.).

Para o tratamento correspondente ao fator doses de potássio, utilizou-se cloreto de potássio (KCl, 60% de K_2O) como fonte do elemento K^+ , aplicando 50% da dose recomendada no plantio e os 50% restantes, parcelados duas vezes em cobertura, fornecendo-se 25% após o desbaste e os outros 25%, 20 dias após a aplicação desta, em sulco distante 5 cm das linhas de plantio na profundidade de 10 cm (EMBRAPA 2002), sendo o adubo distribuído manualmente nos sulcos. Seguiu-se o mesmo manejo da adubação para a testemunha absoluta.

De acordo com a análise do solo e utilizando-se a recomendação do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco (IPA, 2008), as doses de potássio fornecidas foram de: $D_1 = 0$, $D_2 = 20$, $D_3 = 40$, $D_4 = 60$ e $D_5 = 80 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$.

O esgoto bruto foi advindo do sistema de esgotamento condominial implantado para o atendimento de 500 habitações, cerca de 3.000 habitantes, em torno das proximidades do bairro Lajes, Ibimirim, PE. O tratamento do esgoto bruto compreendeu a passagem deste por um tratamento preliminar composto por uma grade de barras de ferro, onde, foi realizado o tratamento preliminar, seguindo depois para a barragem adjacente para sedimentação, e em seguida para a caixa de areia associada a uma calha Parshall para conduzir o afluente ao poço úmido, e daí bombeado para o tratamento secundário realizado por um reator UASB, operando com fluxos ascendente e descendente (híbrido) e por fim, este seguia por gravidade para a lagoa de estabilização.

A área experimental tinha 1560 m^2 , sendo a parcela experimental de 15 m^2 composta por três fileiras simples de comprimento linear igual a 5,0 m, espaçadas em 1,0 m e distância entre plantas de 0,20 m, totalizando 10 plantas por metro linear e densidade de plantio de $100.000 \text{ plantas ha}^{-1}$. Foi considerada como área útil a fileira central desprezando-se 1,0 m em cada extremidade desta.

O plantio do algodoeiro foi realizado em sulcos na profundidade de 4,0 cm colocando-se de 4 a 5 sementes a cada 20 cm no sulco, deixando-se após o desbaste 10 plantas por metro linear.

Foi adotado o manejo integrado de pragas (MIP) utilizando-se produtos seletivos, amostragens de pragas, além de medidas como destruição de plantas atacadas por doenças e vírus, e uso de redutores de populações de pragas, em especial, o bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman) (ALMEIDA; SILVA; RAMALHO, 2008), a qual não houve incidência desta praga durante o período experimental.

O procedimento de colheita ocorreu quando 70% dos frutos (capulhos) estavam abertos, realizada manualmente, com auxílio de sacos de papel kraft identificados previamente para acondicionar os capulhos, em quatro plantas previamente identificadas da área útil da parcela. Após aberto o restante dos frutos, procedeu-se a segunda colheita (EMBRAPA, 2002).

Foram determinadas as seguintes variáveis produtivas: rendimento do algodão em caroço (REND, kg ha⁻¹), obtido pela massa dos capulhos pela área da planta e a eficiência no uso de água (EUA, kg ha⁻¹ mm⁻¹), obtida pela razão entre o REND e a lâmina total acumulada.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão. Quando houve interação significativa, as médias dos tratamentos foram ajustadas a modelos de regressão múltipla (superfície de resposta), considerando para esta, as lâminas (L) e as doses (D) como variáveis independentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento (REND) e a eficiência no uso de água (EUA) foram influenciados significativamente ($p < 0,01$) pelas lâminas de irrigação (L) e doses de potássio (D) de formas isoladas e conjunta (L x D). Não houve efeito significativo para os blocos, podendo, neste caso, ser considerado o solo da área experimental como homogêneo espacialmente (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância e regressão para o número de capulhos (NCAP), peso médio de um capulho (PMIC), rendimento de algodão em caroço (REND), rendimento do algodão em pluma (RPLU) e eficiência no uso de água (EUA) do algodoeiro colorido, cv. BRS Rubi, em função de lâminas de irrigação (L) e doses de potássio (D) em Ibimirim. Recife, PE. 2017.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio	
		REND	EUA
Bloco	3	5576 ^{NS}	0,0001 ^{NS}
Lâmina (L)	4	1949559**	0,8930**
Reg. Linear	1	7525221**	3,2274**
Reg. Quadrática	1	3799085 ^{NS}	1,7602**
Dose (D)	4	650744**	0,0347**
Reg. Linear	1	312690 ^{NS}	0,0260 ^{NS}
Reg. Quadrática	1	1215665**	0,0689 ^{NS}
L x D	16	659638**	0,0249**
Resíduo	72	27844	0,0692

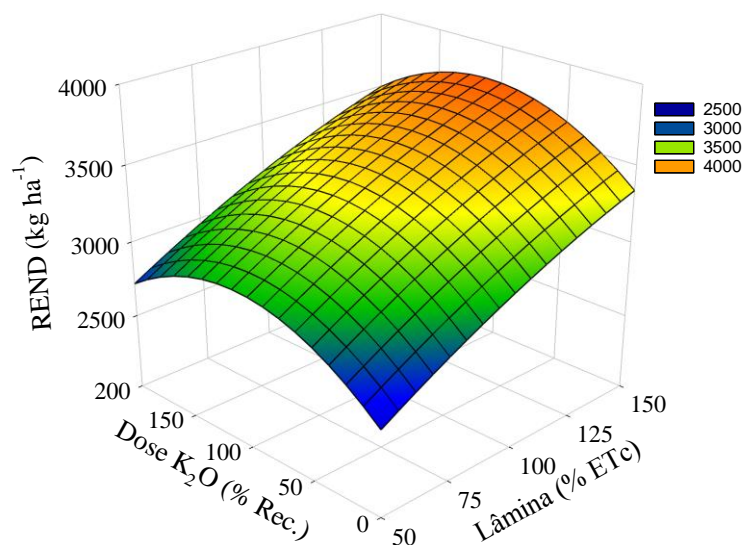
CV (%)	5,16	4,47
Médias		
	kg ha ⁻¹	kg m ⁻³
Test. absoluta	2087,70	0,34

(**), (*) significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; (NS) não significativo pelo teste F de Snedecor;

Fonte: Elaborado pelo autor.

O efeito não significativo (NS) dos fatores L e D para os blocos pode estar associado a topografia da área experimental, uma vez que a mesma foi caracterizada como plana, assim como, as propriedades físico-químicas do solo, por se tratar de uma classe textural franco arenosa e com baixa fertilidade natural.

O rendimento de algodão em caroço (REND) aumentou significativamente ($p < 0,01$) com o aumento das lâminas de irrigação e obteve resposta quadrática para as doses de potássio ($p < 0,01$). Com base na equação de regressão múltipla, o maior rendimento do algodoeiro colorido, cv. BRS Rubi, foi obtido com a combinação de L=150 e D=100% nas condições do presente estudo, com valores superiores a 3900 kg ha⁻¹ (Figura 2).



$$\text{REND} = 1456,23 + 18,14^{**}L + 12,97^{**}D - 0,02\text{NS}L^2 - 0,03^{**}D^2 - 0,05^{**}LD$$

$$R^2 = 0,5108$$

(**), (*) e (NS) significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste “t” e não significativo, respectivamente.

Figura 2. Superfície de resposta para o rendimento de algodão em caroço (REND) do algodoeiro colorido, cv. BRS Rubi, em função das lâminas de irrigação com esgoto doméstico tratado e doses de potássio aplicadas no solo em Ibimirim, PE. 2016.

Como mencionado anteriormente, nota-se a importância da irrigação para o aumento da produtividade do algodoeiro em condições semiáridas. Os resultados deste estudo corroboram os de Zonta et al. (2015b), que verificaram aumento significativo com o aumento de lâminas de água.

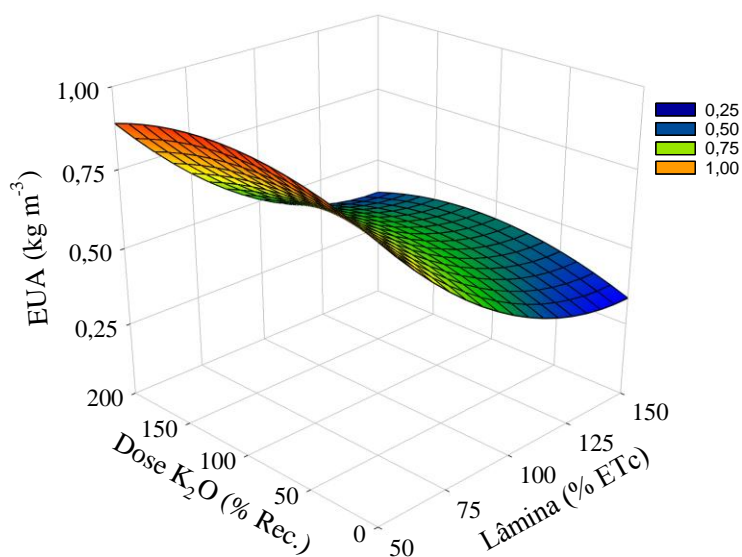
Staut e Athayde (1999) verificaram aumento linear no rendimento do algodoeiro em caroço com o aumento de doses potássicas. Já Freitas et al. (2007), constataram efeito quadrático, semelhante aos resultados encontrados neste estudo.

Contudo, o rendimento mostrou-se linearmente mais sensível a aplicação de água, evidenciando que essa variável ainda pode aumentar em função do aumento da lâmina de irrigação.

O rendimento obtido pela utilização de água de abastecimento e adubação convencional em sua totalidade foi da ordem de 2087 kg ha⁻¹. Valor 32% menor em relação ao REND obtido apenas aplicando a L=100% da ETc (3070 kg ha⁻¹), o que resulta numa diferença em mais de 900 kg de algodão em caroço por hectare.

Face aos resultados obtidos, verifica-se a importância da utilização de água de esgotos domésticos tratado, por fornecer nutrientes ao longo de todo o ciclo da cultura, proporcionando uma nutrição mais adequada e eficiente, evidenciando seu potencial agrícola traduzido em maiores rendimentos, como constatado no presente estudo.

Observou-se uma maior EUA irrigando-se com déficit de 50% da ETc (307,75 mm) e aplicação de dose de 60 kg ha⁻¹ (150% da recomendação para a cultura), com ganhos de 0,9572 kg m⁻³, conforme a equação de regressão múltipla obtida (Figura 3). Para a testemunha absoluta, a EUA foi 0,34 kg m⁻³, valor aproximadamente três vezes menor à máxima EUA obtida pela combinação L=50 e D=150%. Quando se compara a TA com L=100% da ETc e D=0, verifica-se que a EUA nas plantas irrigadas com a água de esgoto doméstico tratado apresentam eficiência no uso de água 37% maior em relação a testemunha, sendo esta de 0,47 kg m⁻³.



$$EUA = 1,4072 - 0,0146^{**}L + 0,0026^{**}D + 0,000052^{**}L^2 - 0,000008^{**}D^2 - 0,000008^{**}LD$$

$$R^2 = 0,8887$$

(**), (*) e (NS) significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste “t” e não significativo, respectivamente.

Figura 3. Superfície de resposta para a eficiência no uso de água (EUA) do algodoeiro

colorido, cv. BRS Rubi, em função das lâminas de irrigação com esgoto doméstico tratado e doses de potássio aplicadas no solo em Ibimirim, PE. 2016.

Nota-se que apesar da maior lâmina (considerando apenas este fator) fornecer o maior rendimento do algodoeiro, houve a menor EUA ($0,38 \text{ kg m}^{-3}$). Esses resultados corroboram com Zonta et al. (2015b) que verificaram que as maiores lâminas apresentam os maiores rendimentos em cultivares de algodoeiro herbáceo, porém menor eficiência no uso de água. Esses mesmos autores obtiveram maior EUA com lâminas correspondendo a 70% da ETc com redução desta à aplicação de maiores lâminas.

Segundo Karam et al. (2009), vários fatores podem influenciar o aumento da EUA como o aumento do quociente flor/fruto em relação a estruturas vegetativas (i. e., aumento do índice de colheita) e diminuição por perdas devido a evapotranspiração.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Nalayini, Raja e Kumar (2006) e Dagdelen et al. (2009), que obtiveram maiores EUA com déficit de irrigação, correspondendo a 80 e 25% da ETc, respectivamente.

CONCLUSÕES

As lâminas de irrigação e as doses de potássio influenciam no rendimento e na eficiência no uso de água do algodoeiro colorido, cv. BRS Rubi.

O maior rendimento do algodoeiro foi obtido com lâmina de 150% da ETc utilizando-se água de esgoto doméstico tratado como fonte hídrica, combinado a dose de potássio de 100% de recomendação para a cultura.

Apesar de o maior rendimento ser obtido com uma lâmina de 150% da ETc, a maior eficiência no uso de água foi obtida com déficit de 50% da ETc.

O potássio presente na água de esgoto doméstico tratado foi suficiente para suprir a necessidade do algodoeiro colorido BRS Rubi irrigado de acordo com a necessidade da cultura (100% da ETc), e os rendimentos foram superiores ao cultivo convencional.

A irrigação com água de abastecimento e a utilização de fertilizantes químicos, configurando um cultivo convencional, pode ser substituído pelo esgoto doméstico tratado, promovendo assim, uma economia de 100% de água e fertilizantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Prefeitura Municipal de Ibimirim.

REFERÊNCIAS

ALJIBURY, F. K.; MARSH, A. W.; HUNTAMER, J. **Water use with drip irrigation**. In: 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings. California, USA, 1974. p. 341-345.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, R. P.; SILVA, C. A. D.; RAMALHO, F. S. Manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil. *In*: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. cap. 30, p. 1034-1098.

BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; DIAS, J. M. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marrom, irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 625-632, 2010.

CARVALHO, L. P. Contribuição do melhoramento ao cultivo do algodão. *In*: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. cap. 9, p. 271-297.

CASSMAN, K. G.; KERBY, T. A.; ROBERTS, B. A.; BRYANT, D. C.; HIGASHI, S. L. Potassium nutrition effects on lint yield and fiber quality of Acala cotton. **Crop Science**, v. 30, n. 3, p. 672-677, 1990.

CAVALCANTE, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Proposta de preços mínimos – Safra 2013/2014**: produtos da safra de verão. vol. 2, Brasília: Conab. 2013.

DAGDELEN, N.; BASAL, H.; YILMAZ, E.; GURBZ, T.; AKCAY, S. Different drip irrigation regimes affect cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 1, p. 111-120, 2009.

DECROIX, M. **Conception et calcul d'un projet de micro-irrigation a la parcell**. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Mediterraneennes, Institut de Bari, 1978.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manejo cultural da cultivar BRS Marrom – cultivos convencional e orgânico**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 165).

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. ampl. – Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2013. 353 p. (Centro Nacional de Pesquisa em Solos).

FERREIRA, G. B.; SEVERINO, L. S.; SILVA FILHO, J. L.; PEDROSA, M. B. Aperfeiçoamento da tecnologia de manejo e adubação do algodoeiro no sudoeste da Bahia. *In*: SILVA FILHO, J. L.; PEDROSA, M. B. (Coord.). **Resultados de pesquisa com a cultura do algodão no Oeste e Sudoeste da Bahia**: safra 2003/2004. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. p. 80-106. (CNPQ. Documentos, 133).

FREITAS, J. R. DE; LEANDRO, W. M.; CARVALHO, M. DA C. S. Efeito da adubação potássica via solo e foliar sobre a produção e a qualidade da fibra em

algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 2, p. 106–112, 2007.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão dos recursos hídricos. **Estudos Avançados**, v. 63, n. 22, p. 131-158, 2008.

HOARE, E. R.; GARZOLI, K. V.; BLACKWELL, J. **Plant water requirements as related to trickle irrigation**. In: 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings. California, USA, 1974. p. 323-328.

IPA – INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3 ed. revisada. Recife: IPA, 2008. 212 p.

KARAM, F.; RAFIC, L.; RANDA, M.; DACCACHE, A.; MOUNZER, O.; ROUPHAEL, Y. Water use and lint yield response of drip irrigated cotton to length of season. **Agricultural Water Management**, v. 85, n. 3, p. 287-295, 2006.

KELLER, J. **Trickle irrigation**. En Soil Conservation Service National Engineering Handbook. Colorado, 1978. 129 p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

MENGEL, K. Potassium. In: BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. **Handbook of Plant Nutrition**. 2006. London: Taylor and Francis Group, 2006. Cap. 4, p. 91-120.

NALAYINI, P.; RAJA, R.; KUMAR, A. A. Evapotranspiration based scheduling of irrigation through drip for cotton (*Gossypium hirsutum*). **Indian Journal of Agronomy**, v. 51, n. 3, p. 232-235, 2006.

OOSTERHUIS, D. M.; LOKA, D. A.; RAPER, T. B. Potassium and stress alleviation: Physiological functions and management of cotton. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 173, n. 3, p. 331-343, 2013.

SANTOS, S. R.; SOARES, A. A.; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D.; CECON, P. R. Crescimento e produção do algodoeiro fertirrigado com água residuária sanitária no semiárido de Minas Gerais. **Irriga**, v. 21, n. 1, p. 40-57, 2016.

SOUSA NETO, O. N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N. S.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, F. R. A.; DINIZ, A. A. Fertigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 12, p. 200-208, 2012.

STAUT, L. A.; ATHAYDE, M. L. F. EFEITOS DO FÓSFORO E POTÁSSIO NO RENDIMENTO E EM OUTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v. 34, n. 10, p. 1839–1843, 1999.

ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; SOFIATTI, V.; FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L.P. Efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibras em cultivares de algodoeiro herbáceo. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 52–52, 2015a.

ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; SOFIATTI, V.; BRANDÃO, Z. N. Yield of cotton cultivars under different irrigation depths in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 748–754, 2015b.

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA PRODUÇÃO DA SOJA NO MATOPIBA (1990-2015)

Mayara Lucyanne Santos de Araújo¹, Jessflan Rafael Nascimento Santos², Juliana Sales dos Santos³, Fabrício Brito Silva⁴, Edson Eyji Sano⁵

¹Mestranda em Geociências Aplicadas, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, mayara.araujo.eng@gmail.com; Mestrando em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, jessflanrns@gmail.com; Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, julianasales.engenharia@gmail.com; Coordenador do Mestrado em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, fabricioagro@gmail.com; Pesquisador no Centro de Sensoriamento Remoto - CSR / Centro de Monitoramento Ambiental CEMAM, IBAMA, Brasília, Distrito Federal, edson.sano@gmail.com.

RESUMO: A cultura da soja é uma das principais culturas de sequeiro no Brasil. A expressão "Matopiba" corresponde à região formada pelas mesorregiões Sul maranhense, Sudoeste piauiense, Oriental do Tocantins e Extremo Oeste baiano, os principais estados produtores do Norte e Nordeste. É uma região considerada como a nova fronteira agrícola do país. O presente trabalho tem como objetivo analisar a evolução da produção da soja na região do Matopiba. Os dados agrícolas municipais de área plantada, área colhida, produção e produtividade da cultura da soja foram obtidos no site do IBGE, por meio da plataforma SIDRA, em uma série temporal de 1990 a 2015. Os dados foram espacializados e analisados por meio de técnicas de geoprocessamento para análises temporais. Os resultados evidenciaram que a produção da soja nos municípios da região do Matopiba teve início no Oeste baiano. Essa região influenciou a expansão da produção de soja no sentido de sul para norte. A autocorrelação entre as áreas de produção se concentraram em dois blocos, um na região do extremo Oeste baiano e outro nas regiões Sul maranhense e Sudoeste piauiense. Com as análises obtidas foi possível avaliar o incremento da produção e produtividade da cultura da soja, além da sua autocorrelação espacial durante a série temporal.

PALAVRAS-CHAVE: Fronteira agrícola, Geoprocessamento, Análise temporal.

SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF SOYBEAN PRODUCTION IN MATOPIBA (1990-2015)

ABSTRACT: Soybean cultivation is one of the main rainfed crops in Brazil. The expression "Matopiba" corresponds to the region formed by the following Brazilian mesoregions: Sul maranhense, Sudoeste piauiense, Oriental do Tocantins and Extremo Oeste baiano, the main state producers of the North and Northeast. It is a region considered the new agricultural frontier of the country. The present work aims to analyze the evolution of soybean production in the Matopiba region. The data of planted area, harvested area, production and productivity of the soybean were obtained on the IBGE website, through the SIDRA platform, in a time series from 1990 to 2015. The data were spatialized and analyzed by means of geoprocessing techniques for temporal analysis. The results showed that soybean production in the municipalities of the Matopiba region started in Western Bahia. This region influenced the expansion of the production from south to north. The autocorrelation between the areas showed a concentration in two blocks, one in the extreme Oeste baiano and the other in the Sul maranhense and Sudoeste piauiense. With the analyzes obtained, it was possible to

evaluate the increase in soybean yield and productivity, as well as its spatial autocorrelation during the time series.

KEY-WORDS: Agricultural Frontier, Geoprocessing, Temporal Analysis.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de grande extensão territorial com condições adequadas para o desenvolvimento agrícola, sendo considerado um dos líderes mundiais na produção e exportação de grãos (MAPA, 2016). A agricultura no Brasil possui um papel econômico e social de grande importância, sendo responsável pela criação de milhões de empregos e a geração de bilhões de dólares no mercado internacional de exportações de grãos. A cultura da soja é uma das principais culturas de sequeiro no Brasil, considerada um suporte para a estabilização e consolidação da economia nacional. Segundo Lima (2014), os estudos de melhoramento genético realizados pela Embrapa e as análises de riscos climáticos contribuem para a expansão da cultura e auxiliam na determinação de áreas aptas e melhores datas para o cultivo.

O acrônimo Matopiba é formado pelas mesorregiões administrativas do Sul maranhense, Sudoeste piauiense, Oriental do Tocantins e Extremo Oeste baiano, principais estados produtores do Norte e Nordeste (CONAB, 2013). A região possui uma área que produziu 9,4% das 209,5 milhões de toneladas de grãos na safra 2014/2015 (PORTAL BRASIL, 2015) e oferece uma dinâmica de crescimento distinta das demais regiões do país (MAPA, 2015). Os dados municipais do produto interno bruto (PIB) de 2012 (IBGE, 2015) indicam que alguns municípios pertencentes à região do Matopiba estão entre os melhores classificados do país e se destacam na evolução do agronegócio.

Sendo assim, a determinação de indicadores quantitativos e a observação espacial da dinâmica da produção da soja são indispensáveis para traçar mecanismos de intervenções no sistema produtivo da cultura. Esse tipo de análise estabelece subsídio para elaboração do planejamento agrícola regional. Portanto, o presente estudo tem como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal da produção da soja no Matopiba no período de 1990 a 2015, por meio de técnicas de geoprocessamento para análises temporais.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A região do Matopiba encontra-se localizada no Norte e Nordeste brasileiro (Figura 1), entre as coordenadas 2° 30' e 15° 00' de latitude Sul e 42° 00' e 50° 00' de longitude Oeste. Ela é constituída por 15 microrregiões, 135 municípios e 23 milhões de hectares no Maranhão; 8 microrregiões, 139 municípios e 27 milhões de hectares em Tocantins; 4 microrregiões, 13 municípios e 8 milhões de hectares no Piauí; e 4 microrregiões, 30 municípios e 13 milhões de hectares na Bahia (MIRANDA et al. 2014).

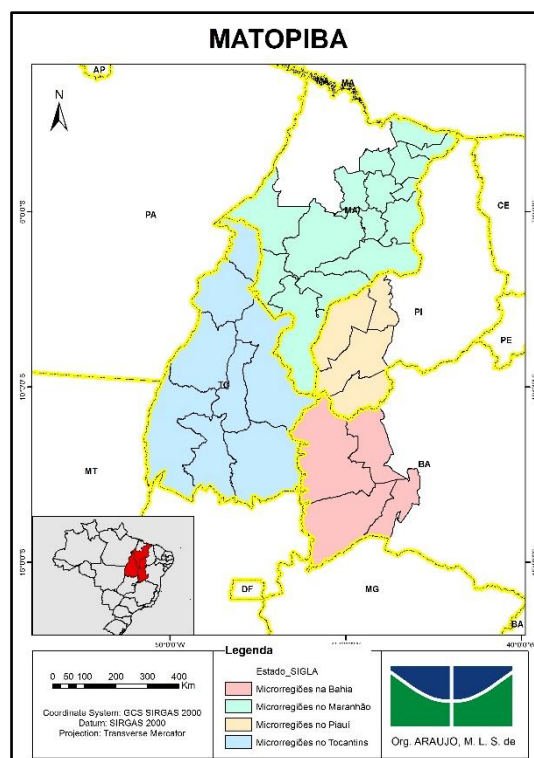


Figura 1. Delimitação territorial das microrregiões pertencentes ao Matopiba. Org. Próprio autor.

A região é coberta pelos biomas Cerrado (91%), Amazônia (7%) e Caatinga (2%) (IBGE, 2016) e abrange uma área de grande variabilidade fitofisionômica e três tipos de clima: tropical quente e semiúmido, tropical quente e semiárido, e equatorial úmido. Prevaecem temperaturas elevadas e precipitações com elevada amplitude de variação. Possuem duas estações climáticas bem definidas: uma seca, de maio a setembro, e outra chuvosa, de outubro a abril, com precipitação média anual de 800 mm a 2.000 mm. A altitude da região varia de 1 a 1.254 metros. As principais bacias hidrográficas da região são o rio Tocantins-Araguaia, o rio Parnaíba, o rio Atlântico Nordeste Ocidental e o rio São Francisco (ANA, 2013).

Aquisição, processamento e análise dos dados

O presente estudo está baseado na análise geostatística de dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) obtidos no site do SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática) (SIDRA, 2017), considerando todos os municípios pertencentes à região do Matopiba. Para as análises espaço-temporais, foram utilizados dados de área plantada (hectares), área colhida (hectares), produção (toneladas) e produtividade (toneladas/hectares) da cultura da soja no intervalo temporal de 1990 a 2015. Esses dados foram espacialmente correlacionados com os municípios e posteriormente analisados pelos métodos de regressão e análise estatística espacial de *hotspot* (análise de agrupamentos).

A análise de agrupamentos identifica a dependência espacial dos dados espaciais, ou seja, se a variação espacial dos dados ocorre de maneira aleatória ou se existe um determinado padrão. Os aglomerados espaciais produzidos são também conhecidos como agrupamentos espaciais globais/locais ou *hotspots*. Assim, foram calculados os índices de agregação espacial de Moran (MORAN, 1948) e os índices Gi

e G_i^* (GETIS e ORD, 1992), possibilitando observar a dinâmica espacial das variáveis em questão.

O índice global de Moran testa a hipótese nula de independência espacial entre as localidades, avaliando se o padrão expresso é agrupado, disperso ou aleatório. Os valores positivos (entre 0 e +1) demonstram correlação direta e os valores negativos (entre 0 e -1), correlação inversa (CÂMARA et al., 2002). A correlação foi computada apenas para os vizinhos de primeira ordem no espaço, conforme estabelecido pelos pesos w_{ij} (ANSELIN, 1995), observados na seguinte equação:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2} \quad (1)$$

Em que n é o número de áreas; z_i é o valor do atributo considerado na área i ; \bar{z} é o valor médio do atributo na região de estudo; e w_{ij} é o peso atribuído conforme a conexão entre as áreas i e j .

O índice local de Moran examina a covariância entre a vizinhança de determinada localidade em função de uma distância d (SPOSATI, 1996). É um instrumento estatístico para analisar a autocorrelação local entre as diferentes unidades de área, possibilitando uma indicação sobre a significância de um cluster de iguais valores. Os valores significativamente altos e positivos indicam a presença de um cluster de valores semelhantes, e os valores significativamente baixos indicam desigualdade na região. O índice local de Moran é observado na seguinte equação:

$$I_i = \frac{z_i^* \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j^*}{\sum_{j=1}^n (z_j^*)^2} \rightarrow z_i^* = \frac{z_i - \bar{z}}{s_z} \quad (2)$$

Os índices locais G_i e G_i^* , também conhecidos como índices Getis e Ord, testa a hipótese nula da existência de autocorrelação espacial entre as áreas, com base no valor positivo/negativo e na significância. Um nível de significância é utilizado para rejeitar ou não a hipótese nula, e o p-valor é comparado com o índice gerado, assim são calculadas medidas de associação espacial. Valores positivos e significativos de G_i indicam aglomeração espacial de valores elevados, e valores negativos e significativos indicam aglomeração espacial de valores pequenos. Os índices locais G_i e G_i^* são dados pelas seguintes equações:

$$G_i(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d) x_j}{\sum_j x_j} \quad (3)$$

Em que a soma é realizada sobre todas as posições de j , excluindo-se a posição i .

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d) x_j}{\sum_j x_j} \quad (4)$$

Em que a soma é realizada sobre todas as posições, inclusive a posição i .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se o crescimento expressivo da cultura na região do Matopiba durante a série temporal, com uma produção municipal máxima de 91.999 toneladas em 1990 e de 1.134.000 toneladas em 2015, ambas no município de São Desidério, localizado no Extremo Oeste baiano (Figura 2). As somas anuais da produção da soja em todos os municípios que formam a região resultaram em uma produção de 260.624 toneladas em 1990 e de 10.758.927 toneladas em 2015.

No início da série temporal, a produção da soja esteve concentrada na região do Extremo Oeste baiano, com maior produção no município de São Desidério. Posteriormente, nota-se uma expansão da produção no sentido de sul para o norte, envolvendo os municípios do Extremo Oeste baiano e os municípios do Sul maranhense e Sudoeste piauiense.

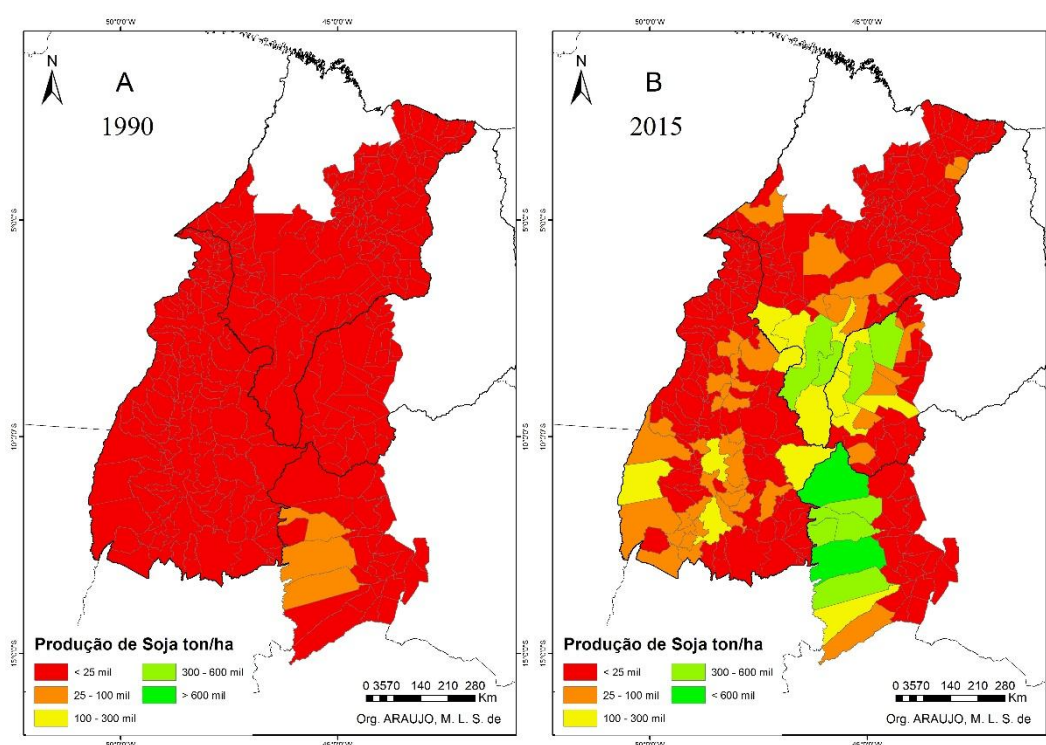


Figura 2. Mapas da produção da soja nos municípios do Matopiba (1990 e 2015).

O município de São Desidério apresentou um crescimento exponencial na produção da soja (Figura 3) no decorrer da série temporal. O mesmo possui a segunda maior extensão territorial da Bahia e está em destaque na liderança dos municípios com maior produção agrícola do país.

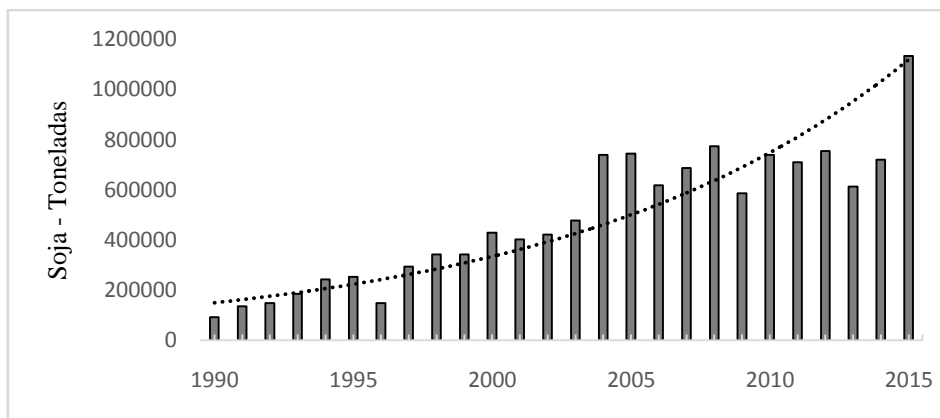


Figura 3. Evolução da produção agrícola municipal no município de São Desidério-BA (1990 a 2015).

Resultados da espacialização da produtividade da soja (Figura 4) indicaram grande aumento no intervalo de 25 anos. As maiores produtividades iniciaram-se na região de Tocantins, expandindo-se posteriormente em diferentes regiões do Matopiba. A produtividade máxima da soja nos municípios do Matopiba no ano de 1990 foi de 2,1 ton/ha de área no município de Guaraí, Tocantins. No ano de 2015, a produtividade máxima foi de 4 ton/ha no município de Serra do Ramalho, Bahia.

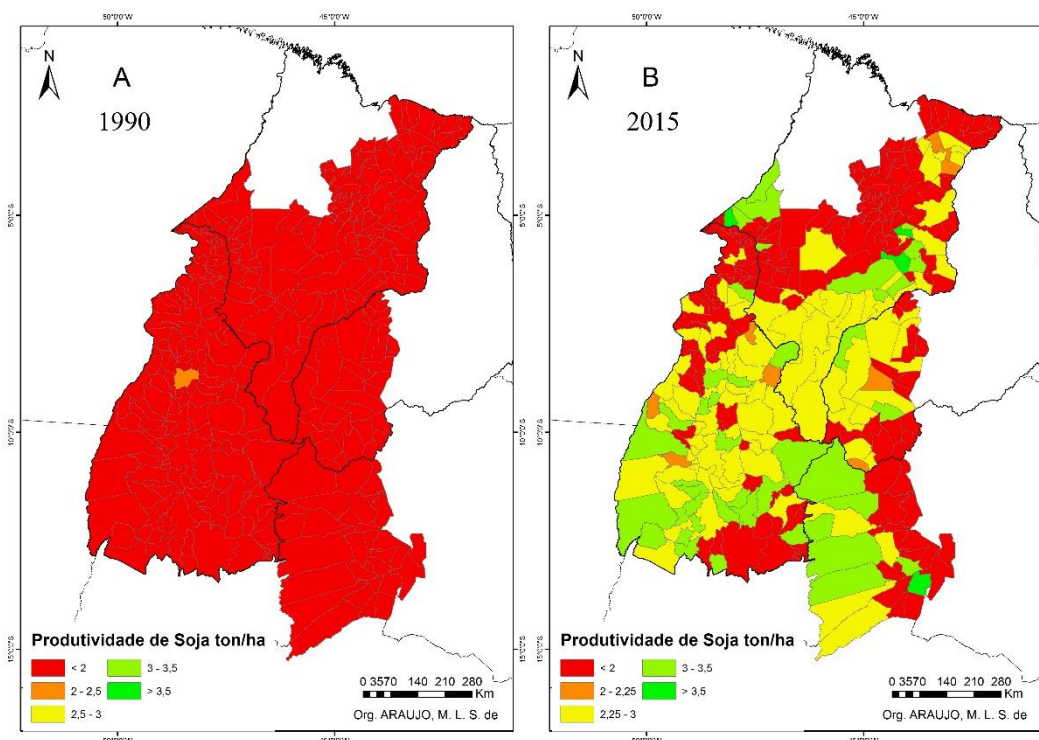


Figura 4. Mapas da produtividade da soja nos municípios do Matopiba (1990 e 2015).

Importante discutir que a migração da cultura da soja, além da influência positiva dos aglomerados agrícolas, deu-se principalmente ao advento das tecnologias para o melhoramento genético da cultura, permitindo a mesma se adaptar as condições ambientais diferentes da sua região de origem. Segundo Guimarães e Leme (1997), as tecnologias conduziram para um maior ganho na produtividade da cultura na região do Cerrado. Assim, ocorreu a ocupação de novas fronteiras (Fritz et al., 2015) com boas condições agrícolas, fácil mecanização, precipitação bem distribuída nos ciclos da

cultura e terras a baixo custo (HORVAT, 2012). Como consequência foi implantado a produção intensiva com o sistema de precisão (ANDA, 2012).

De acordo com os resultados do índice global de Moran, a produção da soja apresentou uma autocorrelação positiva e significativa entre as localidades da região. O valor de índice global não foi elevado para a série temporal (média de aproximadamente 0,4 entre 1990 a 2015), consequência da presença de pequenos agrupamentos formados por poucos municípios.

O índice local de Moran apresentou um cluster estatisticamente significativo de valores altos e positivos (HH), ou seja, uma autocorrelação entre localidades vizinhas com valores altos e semelhantes. No ano de 1990, o cluster foi formado na região do Extremo Oeste baiano, constituído pelos municípios de Barreiras, Correntina, Formosa do Rio Preto, Riachão das Neves e São Desidério. O índice local de Moran mais elevado foi observado no município de São Desidério (69,66), o que significa uma alta probabilidade do mesmo ter conduzido os demais municípios para a produção da soja. Em 2015, o índice local de Moran indicou a presença de dois blocos de autocorrelação significativa de altos valores, um bloco formado pelo Extremo Oeste baiano, constituído pelos municípios de Barreiras, Correntina, Formosa do Rio Preto, Riachão das Neves e São Desidério, e outro pelo Sul maranhense e Sudoeste piauiense, constituído pelos municípios de Balsas, Riachão, Tasso Fragoso, Baixa Grande do Ribeiro, Ribeiro Gonçalves, Santa Filomena e Campos Lindos. Esse comportamento confirma a expansão sul-norte na produção da soja na região. O maior valor do índice local de Moran, no ano de 2015, também foi observado no município de São Desidério (40,94). Clemente (2015), por meio do índice local de Moran aplicados à todo Brasil, também verificou os agrupamentos HH, positivos e significativos entre as localidades da região do Matopiba, assim como, a influência vertical na produção da soja na região.

Resultados do índice Gi indicaram uma autocorrelação positiva e significativa entre as localidades, com agrupamentos de valores elevados, confirmando que a produção da soja não ocorre de forma aleatória na região. Os mapas gerados com a análise de agrupamentos Gi* (Figura 5) evidenciam a dinâmica dos *hotspots* entre os anos de 1990 a 2015.

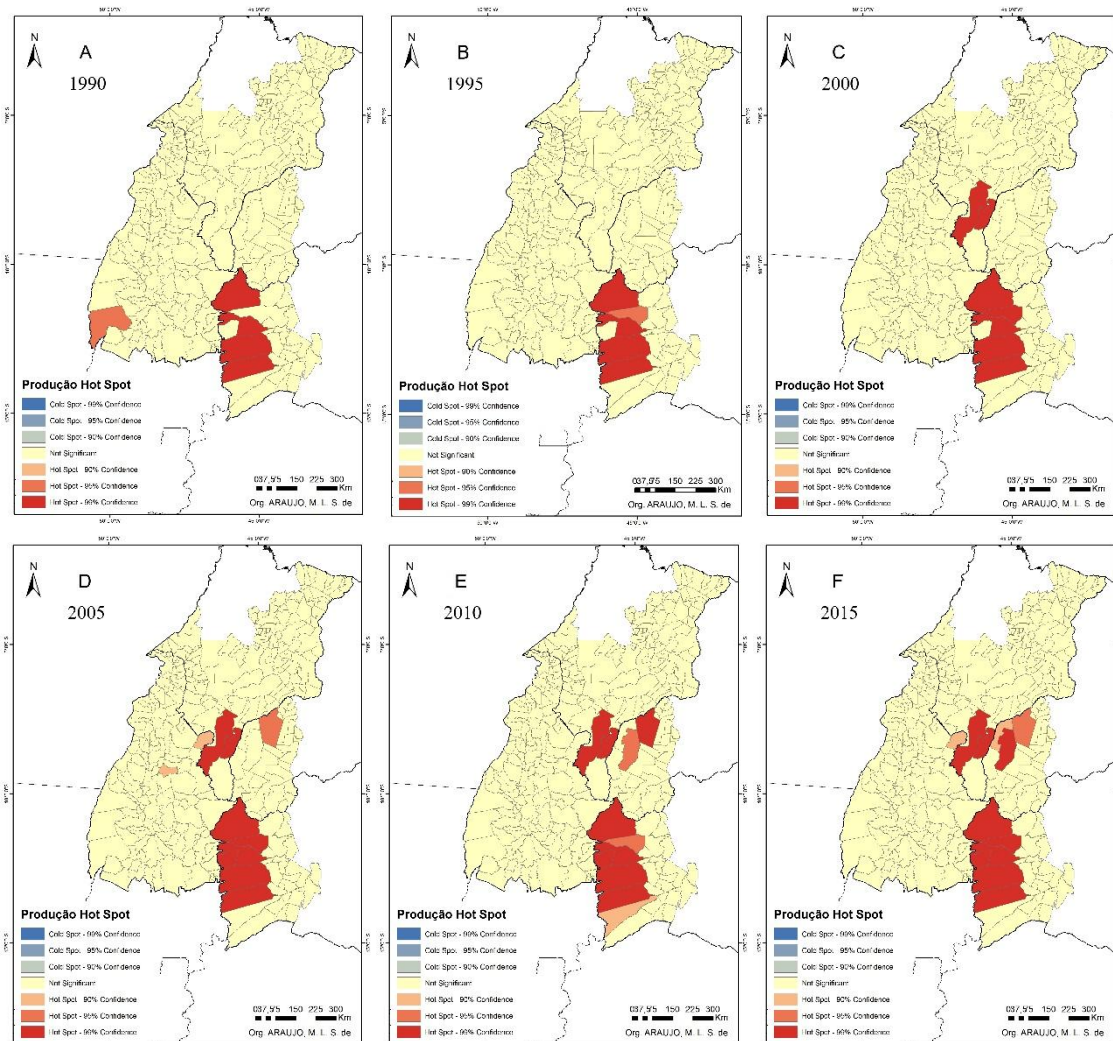


Figura 5. Mapas de *hotspots* de produção da soja nos municípios do Matopiba (1990 a 2015).

O índice G_i^* demonstrou que a produção de soja foi consolidada nas regiões do Extremo Oeste baiano, Sul maranhense e Sudoeste piauiense no decorrer da série temporal. Nota-se que a produção de soja consolidou-se na Bahia e posteriormente influenciou investimentos na região do Maranhão, e que, por sua vez, conseguiu se consolidar e influenciar positivamente a produção no Piauí. Evidencia-se novamente a expansão da cultura da soja no sentido sul-norte. Resultados também observados por Clemente (2015). O município de São Desidério apresentou o maior *hotspot* durante a série temporal, com valor de Zscore de 14,37 no ano de 1990 e de 9,63 no ano de 2015, confirmando sua possível influência na produção da soja na região. Os valores de Zscore foram baixos devido à pouca quantidade de municípios que formam os agrupamentos.

Para a produtividade da cultura da soja na região do Matopiba, o índice global de Moran e o índice G_i apresentaram autocorrelação positiva e significativa entre as localidades, ou seja, assim como a produção, a produtividade da soja não ocorre de maneira aleatória na região. Isso pode estar relacionado ao uso de tecnologias similares nos municípios vizinhos. O índice global de Moran variou de 0,092 em 1990 a 0,38 em 2015. Em 2010, o índice foi o mesmo do encontrado para a variável produção, isto é, 0,4. Para o índice local de Moran no ano de 1990, observaram-se dois blocos HH, um

concentrado no Extremo Oeste baiano e outro concentrado no Sudoeste tocantinense, constituídos pelos municípios de Barreiras, Correntina, Formosa do Rio Preto, Riachão das Neves, São Desidério, Aliança do Tocantins, Araguaçu, Dueré, Figueirópolis, Gurupi, Pedro Afonso e Peixe. O município de Goiatins, em Tocantins, destacou-se por apresentar uma produtividade alta em meio a municípios vizinhos com produtividade baixa (HL).

Em 2015, o índice local de Moran apresentou valores de HH localizados em blocos no Extremo Oeste baiano, sul e centro-oeste de Tocantins, Sudoeste piauiense, sudeste do Maranhão e o município de Itinga, Maranhão. Foram observados ainda dois blocos, um deles localizado na região Centro-Oeste do Maranhão e o outro na região norte do Tocantins e oeste do Maranhão e o município de Wanderley, Bahia, com valores baixos e estatisticamente significativos (LL). Ainda para o ano de 2015, observaram-se valores de HL para os municípios de Baianópolis, Santana, Serra do Ramalho, Cidelândia, Governador Edison Lobão, Grajaú, Vila Nova dos Martírios, Darcinópolis, São Bento do Tocantins e Taguatinga. Valores baixos e estatisticamente significativos, rodeados por municípios com valores altos (LH), foram encontrados para os municípios de Chapada de Areia, Filadélfia, Lajeado, Monte Santo do Tocantins, Colméia, Pindorama do Tocantins, Santa Tereza do Tocantins, São Félix do Tocantins e Tocantínia.

Por sua vez, Clemente (2015) observou na região do Matopiba somente a formação e expansão dos agrupamentos HH. Em 1995, observou-se apenas um cluster constituído por municípios do Sul maranhense. Posteriormente o avanço agrícola ocorreu em verticalização, no sentido norte-sul, agregando o Sul maranhense, Sudoeste piauiense e os municípios de Formosa do Rio preto e Riachão das Neves, Bahia. Resultado oposto ao encontrado nesse estudo.

Os mapas com a análise de agrupamentos G_i^* de produtividade da soja (Figura 6; período de 2005 a 2015) indicaram uma baixa autocorrelação entre as localidades. Os mesmos são formados pelos municípios de Bom Jesus, Monte Alegre do Piauí e Palmeira do Piauí no ano de 1990, e pelo município de Serra do Ramalho nos anos de 2010 e 2015. Isso pode estar relacionado com o fato de que alguns municípios tenham agregado mais terras do que outros durante o decorrer dos anos, agregando a esses municípios, maior ou menor produtividade, respectivamente.

Em 1990 que a produtividade da soja por hectare foi consolidada na região Sudoeste do Tocantins. Essa região apresentou uma autocorrelação positiva e estatisticamente significativa, consolidada até o ano de 2005. Posteriormente apresentou um decréscimo no Zscore e no nível de confiabilidade. A região do Extremo Oeste baiano apresentou uma autocorrelação positiva e significativa no ano de 1995, com maior nível de confiabilidade. Porém, nos outros anos da série temporal, o nível de confiabilidade baixou, verificando uma autocorrelação positiva, porém não significativa.

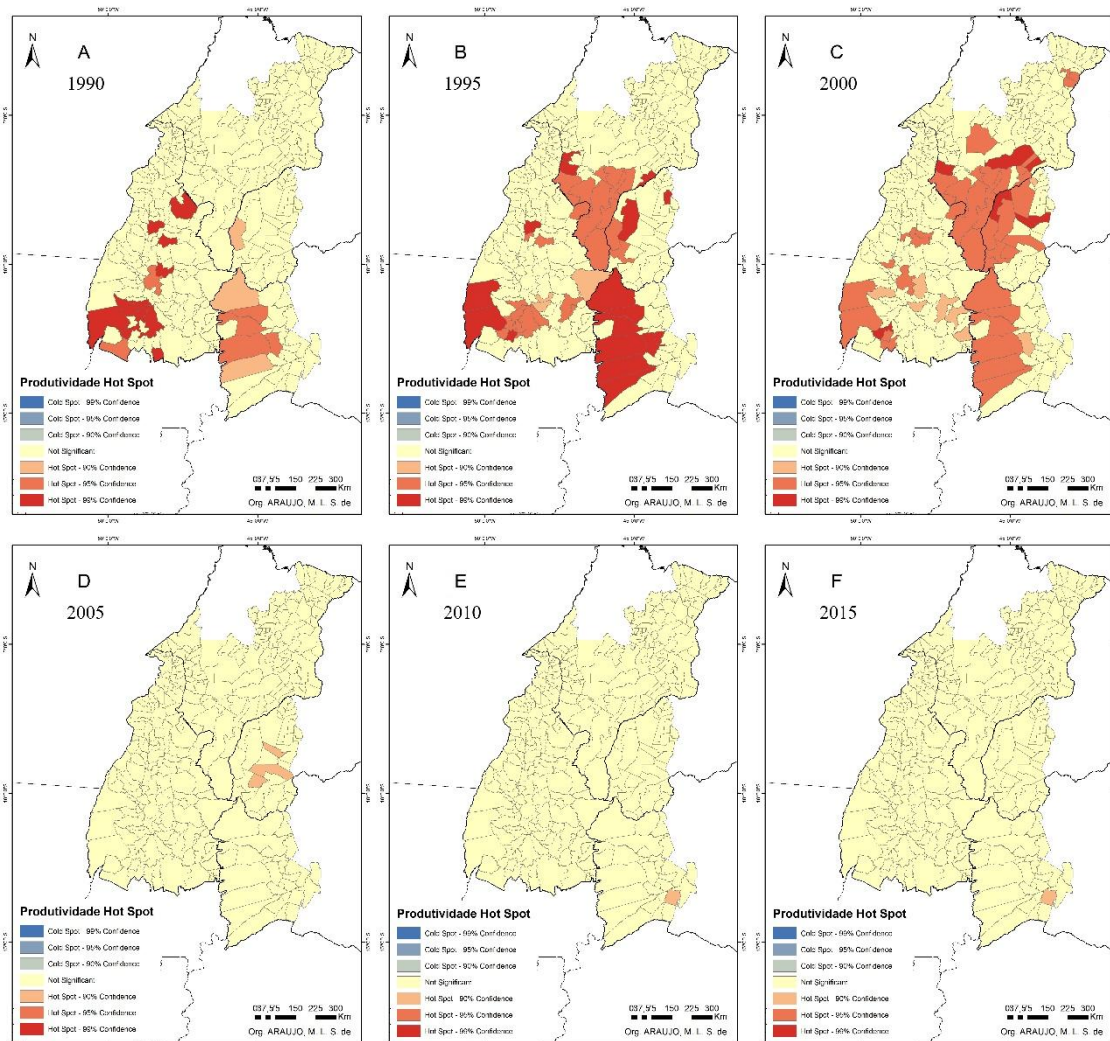


Figura 6. Mapas de *hotspots* da produtividade da soja nos municípios do Matopiba (1990 a 2015).

Resultado que está de acordo com estudo de Horvat (2012), na qual observou que a incorporação de terras na região do Cerrado deveria ser menor no decorrer dos anos, pois já se previa maiores investimentos em alta tecnologia, para elevar a produção sem alterar os tamanhos das áreas plantadas. Segundo Maia (2014), ocorre o predomínio da agricultura de grande escala e à alta eficiência produtiva e tecnológica dos produtores. Situação comprovada por Beuchle et al. (2015), em análise do desmatamento no Cerrado por meio de imagens Landsat, na qual concluiu que a média anual de desmatamento para agricultura diminuiu em 2000–2010 em relação ao período 1990–2000.

CONCLUSÕES

A produção de soja na região do Matopiba não ocorre de forma aleatória, pois segue um agrupamento espacial que não foi alterado ao longo dos anos estudados, e sim consolidados na região. O mesmo apresentou uma autocorrelação positiva e significativa, com dois grandes blocos consolidados no decorrer da série temporal:

mesorregiões do Extremo Oeste baiano e mesorregiões do Sul maranhense e Sudoeste piauiense.

Os índices globais de Moran e Gi para a variável produtividade da soja apresentaram uma autocorrelação positiva e significativa entre as localidades. Porém, ao realizar as análises locais de Gi* observou-se uma autocorrelação positiva e significativa somente em alguns municípios do Matopiba, não apresentando agrupamentos de produtividade nos últimos anos da série temporal.

Os resultados obtidos por meio desse estudo servem de subsídios para planejamentos agrícolas na região e para auxílio nos procedimentos de intervenções no sistema produtivo da cultura da soja. Estudos de tendências espaciais sobre a distribuição da cultura da soja na região do Matopiba devem ser realizados para análises de pontos estratégicos de agrupamentos de sojicultores.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Bacias Hidrográficas**. 2013. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 22 jan. 2017.

ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Estatísticas indicadores**. 2016. Disponível em: <<http://anda.org.br/>> Acesso em: 01 mar. 2017.

ANSELIN, L. Local indicators of spatial association - LISA. **Geographical Analysis**, Columbus, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

BEUCHLE, R. et al. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116-127, 2015.

CÂMARA, G. et al. **Análise Espacial de Áreas**. 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap5-areas.pdf>> Acesso em: 01 mar. 2017.

CLEMENTE, A. M. **Utilização da estatística espacial para analisar a dinâmica do feijão e da soja no Brasil, entre os anos de 1990 a 2013**. 66 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília. Brasília. 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária - Safra 2015/2016**. 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_24_11_44_50_perspectivas_agropecuaria_2015-16_-_produtos_verao.pdf> Acesso em: 22 fev. 2017.

FRITZ, S. et al. Mapping global cropland and field size. **Global Change Biology**. v. 21, issue 5, p. 1980-1992, 2015.

GETIS, A.; ORD, J. K. The Analysis of spatial association by use of distance statistics. **Geographical Analysis**, Columbus, v. 24, n. 3, p. 189-206. 1992.

GUIMARÃES, E. N. & LEME, H. J. C. **Caracterização histórica e configuração espacial da estrutura produtiva do Centro-Oeste**. Textos NEPO, Campinas, n. 33, p. 25-65, 1997.

HORVAT, R. A. **Estudo do consumo de fertilizantes na região do Matopiba e seus reflexos na produção de soja no Brasil**. 32 p. Trabalho de conclusão de curso (Pós-graduação em Agronegócios) - Universidade Federal do Paraná, Paraná. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios 2012**. 2015. Disponível em: <<http://downloads.ibge.gov.br/>> Acesso em: 28 mar. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas Temáticos**. 2016. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/tematicos>> Acesso em: 28 mar. 2016.

LIMA, T. M. **Exigências térmicas e fotoperiódicas da cultura da soja na região de Planatina – Distrito Federal**. Relatório de Estágio Supervisionado. Curso de Gestão do Agronegócio. FUP, Universidade de Brasília - UnB. Brasília, DF. 2014.

MAIA, A. G. **O esvaziamento demográfico rural**. In: BUAINAIN, A. M. et al. (Orgs.). O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. Brasília: Embrapa, p.1081-1100, 2014.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio Brasil 2014/15 a 2024/25. Projeções de longo prazo**. Biblioteca Nacional de Agricultura, 6ª ed., Brasília, 2015.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas**. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas>> Acesso em: 28 mar. 2017.

MIRANDA, E. E.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. 2014. **Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1_DelimitacaoMatopiba.pdf> Acesso em: 02 mai. 2016.

MORAN, P. A. P. The interpretation of statistical maps. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B**, v. 10, p. 243-251. 1948.

PORTAL BRASIL. **Informações da Agência Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br>> Acesso em: 25 mar. 2017.

SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. **SIDRA Banco de tabelas estatísticas**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/>> Acesso em: 28 mar. 2017.

SPOSATI, A. **Mapa de Exclusão/Inclusão Social de São Paulo**. São Paulo, EDUC, 1996.

TENDÊNCIAS ANUAIS E SAZONAIS NOS EXTREMOS DE TEMPERATURA DO AR E PRECIPITAÇÃO EM LONDRINA - PR

T. B. Brito¹, R. L. B. Medeiros², C. A. C. Santos³

¹Estudante de graduação, UFCG, Campina Grande, Paraíba, talitoborges@gmail.com; ² Estudante de graduação, UFCG, Campina Grande, Paraíba, rodolpholui42@gmail.com; ³ Professor, UFCG, Campina Grande, Paraíba, carlostorm@gmail.com

RESUMO: O objetivo deste estudo foi analisar tendências de temperatura do ar e precipitação na cidade de Londrina no Estado do Paraná utilizando testes não paramétricos. Foram utilizados dados diários das temperaturas máxima e mínima do ar e precipitação compreendendo o período de 1976 a 2012. Estes dados são provenientes do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR que possui estação meteorológica convencional em Londrina. Os resultados obtidos permitem observar que, os índices extremos que obtiveram significância estatística igual ou superior a 5%, ou seja, cuja confiança na série foi de 95%, foram: valor mensal máximo da temperatura máxima diária (TXx), número de noites tropicais (TR), porcentagem de dias em que TX>90 percentil (TX90p), porcentagem de dias em que TX<10 percentil (TX10p), porcentagem de dias em que TN>90 percentil (TN90p) e porcentagem de dias em que TN<10 percentil (TN10p). Destes, o nível de significância estatística superior a 1%, ou seja, cuja confiança na série foi de 99%, foi observado nos índices TR, TN10p e TN90p. Os valores máximos de temperatura máxima diária apresentaram tendência de aumento em todas as estações do ano. O número de dias e noites quentes por ano encontra-se com tendência de aumento, proporcionando assim, o decaimento significativo dos dias e noites frias. Nenhum dos índices referentes à precipitação apresentou confiabilidade de 95% (significância estatística de 5%). Este resultado é, provavelmente, decorrente da grande variabilidade interanual da precipitação, principalmente em áreas tropicais e subtropicais.

.PALAVRAS-CHAVE: RClimdex; Mann-Kendall; Climatologia

ANNUAL AND SEASONAL TRENDS AT THE AIR TEMPERATURE EXTREME AND PRECIPITATION IN LONDRINA – PR

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze temperature and precipitation trends in the city of Londrina in the State of Paraná using non - parametric tests. It was used daily maximum and minimum air temperature and precipitation data covering a period between 1976 and 2012. These data were obtained from the Agronomic Institute of Paraná - IAPAR which has a conventional meteorological station in Londrina. The results obtained by observation show that the extreme indexes that obtained statistical significance equal or superior to 5% (meaning 95% data reliability) were: monthly maximum value of daily maximum temperature (TXx), number of tropical nights (TR), percentage of days when percentile (TX90p), percentage of days when percentile (TX10p), percentage of days when percentile (TN90p) and percentage of days when percentile (TN10p). From these, the level of statistical significance higher than 1% (99% data reliability) was observed for TR, TN10p and TN90p. The maximum temperature values tend to increase in all seasons of the year. The number of hot days and nights per year is increasing, thus providing significant decrease of cold days and nights. The precipitation indexes have no statistical significance equal to or greater than

5% (95% data reliability). This result is probably due to the large interannual precipitation variability, mainly in tropical and subtropical areas.

KEY-WORDS: RCLimdex; Mann-Kendall; Climatology

INTRODUÇÃO

Os questionamentos que surgem quando se debate sobre o tema das mudanças climáticas são referentes à, por exemplo, fator responsável (natural ou antropogênico), regiões propícias a essas mudanças e se a variabilidade acontece de maneira cíclica ou se é devida a uma mudança no clima. Tais questionamentos têm sido amplamente discutidos devido à sua relevância (Minuzzi et al., 2011).

Panda et al. (2014) realçam a necessidade de acompanhar as mudanças climáticas não só do ponto de vista científico mas também político e social. Neste sentido, a condução de estudos voltados à detecção de mudanças nos padrões das variáveis meteorológicas pode contribuir para a mitigação das vulnerabilidades geradas pelas mudanças climáticas.

De acordo com Neves et al. (2016), análises de temperatura são de fundamental importância na projeção de cenários climáticos e previsão de impactos relacionados às mudanças climáticas. Utilizando dados diários correspondentes ao período de 1980 a 2009 para o estado do Paraná, os autores observaram uma grande variabilidade nas alterações de temperatura do ar, com reduções de 0,5 a aumentos de 0,6°C por década entre os municípios analisados.

Silva et al. (2015), conduzindo estudos sobre as tendências em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação, perceberam que os resultados dos indicadores associados à temperatura apontam para um padrão de aquecimento generalizado, com a porcentagem de dias e noites quentes aumentando consideravelmente a uma taxa de 0,1 a 0,4%/ano (cerca de 10 a 50 dias) entre os anos de 1976 e 2010. Os indicadores de temperatura mínima apresentam tendência de aumento mais significativa do que os de temperatura máxima. Por outro lado, a maior parte dos indicadores associados à precipitação não apresentou significância estatística.

Desta forma, faz-se necessário a realização de pesquisas sobre tais mudanças, uma vez que são úteis no sentido de orientar atividades em setores como a defesa civil, a agricultura, e planejamento urbano. Portanto, este trabalho objetivou avaliar as tendências de indicadores de extremos climáticos relacionados à temperatura do ar e à precipitação correspondente ao período compreendido entre 1977 e 2012 da cidade de Londrina no estado do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Londrina está localizado no estado do Paraná, Região Sul do Brasil (Figura 1) e possui coordenadas geográficas 23°18'37'' de latitude Sul e 51°09'46'' de longitude Oeste, com uma área de 1652,57 km². Para a realização deste trabalho, foram utilizados dados de 1976 a 2012, coletados da estação agrometeorológica do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR de coordenadas 23°22' de latitude Sul, 51°10' de longitude Oeste e 585 metros de elevação (Silva et al., 2015).

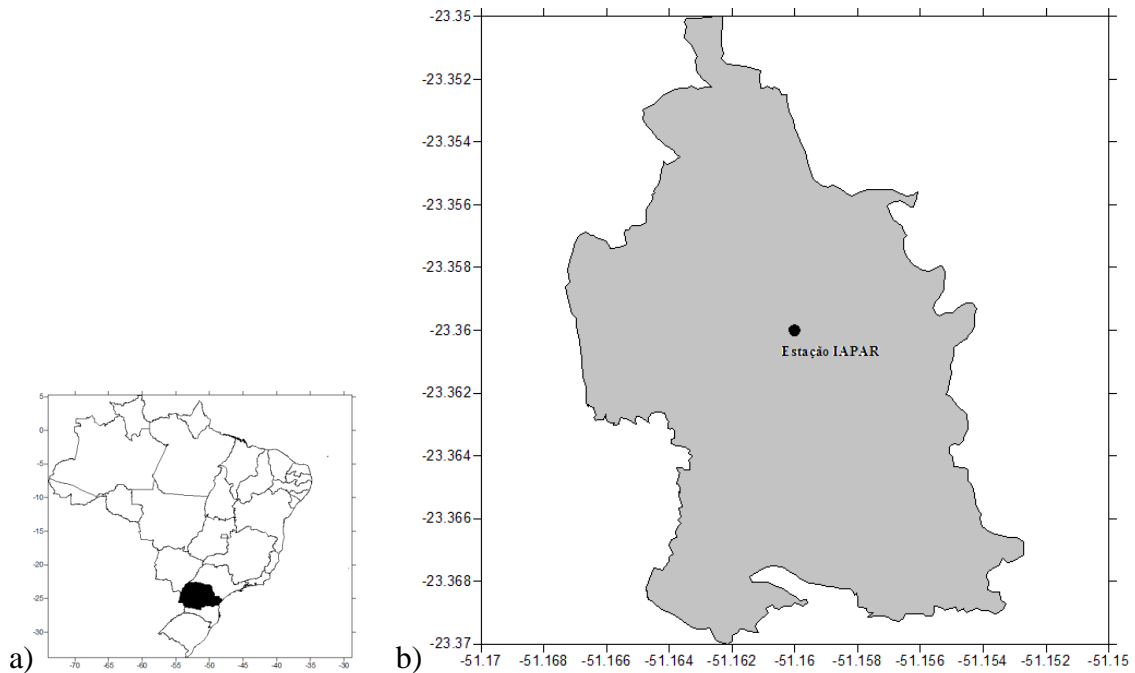


Figura 1. a) Mapa do Brasil com destaque para o estado do Paraná. b) Área do município de Londrina com a respectiva localização da estação agrometeorológica do IAPAR.

O Climdex é um programa baseado no Microsoft Excel que proporciona um ambiente de fácil utilização para calcular índices de extremos climáticos para monitoração e detecção de mudanças climáticas. Foi desenvolvido por Byron Gleason do National Climate Data Centre - NCDC. A plataforma R foi escolhida para rodar o Climdex, uma vez que é um software livre e robusto o suficiente para dar suporte a análises estatísticas e gráficas (Zhang & Yang, 2004).

Santos et al. (2009), utilizando o Rclimdex 1.9.0 para analisar tendências de precipitação no estado do Ceará, acrescentam que o mesmo foi desenvolvido e mantido pelos pesquisadores Xuebin Zhang e Feng Yang do Serviço de Meteorologia do Canadá.

Assim como Salgueiro et al. (2014), neste trabalho, a presença de tendência foi testada a partir do cálculos dos índices propostos pela Organização Mundial de Meteorologia – OMM e recomendados pelo Expert Team on Climate Change Detect on Monitoring and Indices – ETCCDMI, utilizando-se o programa computacional Rclimdex.

Tabela 1. Índices de extremos climáticos dependentes da temperatura e precipitação.

Índices	Nome	Definição	Unidades
SU	Dias quentes	Contagem anual quando TX (máximo diário) >25 °C	Dias
TR	Noites quentes	Contagem anual quando TN (mínimo diário) >20°C	Dias
TXx	Máx. Tmáx	Valor máximo mensal da temperatura máxima diária	°C
TXn	Mín. Tmáx	Valor mínimo mensal da temperatura máxima diária	°C
TNx	Máx. Tmín	Valor máximo mensal da temperatura mínima diária	°C
TNn	Mín. Tmín	Valor mínimo mensal da temperatura mínima diária	°C
TX10p	Dias frios	Porcentagem de dias quando TX <10 percentil	Dias
TX90p	Dias quentes	Porcentagem de dias quando TX >90 percentil	Dias
TN10p	Noites frias	Porcentagem de dias quando TN <10 percentil	Dias
TN90p	Noites quentes	Porcentagem de dias quando TN >90 percentil	Dias
DTR	Intervalo da temperatura diurna	Diferença mensal média entre TX e TN	°C
RX1day	Máximo total de 1 dia de precipitação	Máximo de precipitação mensal de 1 dia	mm
RX5day	Máximo total de 5 dias de precipitação	Máximo de precipitação mensal consecutivo de 5 dias	mm
SDII	Índice de intensidade diária simples	Precipitação média anual quando PRCP ≥ 1,0 mm	mm
R10mm	Número de dias com precipitação intensa	Contagem anual de dias em que PRCP ≥10 mm	Dias
R20mm	Número de dias com precipitação muito intensa	Contagem anual de dias em que PRCP ≥20 mm	Dias
R50mm	Número de dias acima de 50 mm	Contagem anual de dias em que PRCP ≥50 mm	Dias
CDD	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias consecutivos com RR <1 mm	Dias
CWD	Dias consecutivos úmidos	Número máximo de dias consecutivos com RR ≥1 mm	Dias
R95p	Dias muito úmidos	Precipitação total anual quando RR >95p	mm
R99p	Dias extremamente úmidos	Precipitação total anual quando RR >99p	mm
PRCPT OT	Precipitação total anual	Precipitação total anual em dias úmidos (RR ≥1 mm)	mm

Inicialmente, para poder usufruir dos recursos disponíveis, foi necessário que os dados de entrada passassem por um controle de qualidade antes do cálculo dos índices. Foi feita então, uma análise dos dados da estação do IAPAR com a finalidade de se identificar falhas tais como: células com ausência de dados; retirada de valores impossíveis de temperatura e mudança para configuração decimal adequada.

O software fornece 27 índices de extremos climáticos, sendo que neste estudo foram selecionados 22 (Tabela 1) dos quais, 11 para análise de temperatura e 11 para precipitação. Os índices de temperatura são os seguintes: SU, TR, TXx, TXn, TNx, TNn, TX10p, TX90p, TN10p, TN90p e DTR. Já com relação à precipitação, foram

utilizados: RX1day, RX5day, SDII, R10mm, R20mm, R25mm, CDD, CWD, R95p, R99p e PRCPTOT.

Foram adotados, neste trabalho, procedimentos semelhantes aos de autores como Huang et al. (2014) e Dantas et al. (2015). O teste de tendência de Mann-Kendall, o qual é largamente recomendado pela Organização Meteorológica Mundial, foi utilizado para caracterizar tendências para vários índices de precipitação e temperatura e, em seguida, avaliar sua significância.

A hipótese nula (H_0) é aquela em que os dados da série temporal $\{X_i, i = 1, 2, \dots, n\}$ são variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas. Já a hipótese H_1 , é aquela em que há uma tendência na série de dados. O parâmetro estatístico S_0 (equação 1) é definido por:

$$S_0 = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Em que:

- n é o comprimento da série;
- $k = 1, 2, \dots, n - 1$;
- $j = 2, 3, \dots, n$ e
- $\text{sign}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1, & x_j > x_k \\ 0, & x_j = x_k \\ -1, & x_j < x_k \end{cases}$

Foi provado que quando $n \geq 8$, S_0 segue, aproximadamente, uma distribuição normal, com média 0 e variância dadas a seguir pelas equações (2) e (3):

$$E(S) = 0 \quad (2)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(i)(i-1)(2i+5)}{18} \quad (3)$$

A estatística padronizada Z (equação 4) foi calculada como

$$Z(t) = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Valores positivos de Z indicam uma tendência crescente, ao passo em que valores negativos de Z indicam tendência decrescente. Notadamente, para $Z = 0$, a série não registrará tendência.

A hipótese nula de ausência de tendência, H_0 , descrita anteriormente, é rejeitada sempre que $|Z(t)| > Z_{\alpha/2}$ em que α é o nível de significância adotado e $Z_{\alpha/2}$ é a variável normal reduzida da função de distribuição normal padrão.

Para valores nos quais o p -valor $< 0,05$, tendência estatisticamente significativa ao nível de 5% de significância. De forma análoga, para p -valor $< 0,01$, tem-se tendências estatisticamente significativas ao nível de 1% de significância.

Com o valor da tendência estatística encontrada, calculou-se a magnitude da tendência, na qual foi utilizado o teste não paramétrico de Sen (Sen, 1968), um estimador da inclinação descrito abaixo (equação 5):

$$\text{inclinação} = T_i = \frac{x_j - x_i}{j - i}, \forall i < j, 1 < i < j < n \quad (5)$$

Os quais:

- T_i = inclinação entre os pontos dos dados x_j e x_i ;
- x_j = medição dos dados em relação ao tempo j ;
- x_i = medição dos dados em relação ao tempo i ;
- j = tempo após o tempo i .

A mediana destes N valores de T_i é representada como o estimador Sen, que pode ser par ou ímpar (equação 6):

$$Q_i = \begin{cases} T_{\frac{N+1}{2}}, \text{ se } N \text{ for ímpar} \\ \frac{1}{2}(T_{N/2} + T_{N+2/2}), \text{ se } N \text{ for par} \end{cases} \quad (6)$$

Por fim, Q_{med} é calculado por meio de um teste de dois lados em $100(1 - \alpha)\%$ de intervalo de confiança e, em seguida, a inclinação pode ser obtida através do teste não paramétrico. Valores positivos de Q_i indicam uma tendência crescente, e um valor negativo de Q_i fornece tendência decrescente da série histórica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo sobre as tendências dos índices de extremos climáticos da cidade de Londrina é apresentado na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2. Tendências dos índices de extremos climáticos para a cidade de Londrina - PR, para o período compreendido entre 1976 a 2012.

Índices	Kendall Tau	Z	p-valor	Tendência
SU (dias/ano)	0,2090	1,8	0,0729	0,5467
TR (dias/ano)	0,4590	4	0,0001	1,1429
TXx (°C/ano)	0,2520	2,2	0,0315	0,0444
TXn (°C/ano)	0,1890	1,6	0,1045	0,0581
TNx (°C/ano)	0,1510	1,3	0,2062	0,0133
TNn (°C/ano)	0,1360	1,2	0,2441	0,0333
TX10p (dias/ano)	-0,2580	-2,2	0,0253	-0,1353
TX90p (dias/ano)	0,2920	2,5	0,0116	0,2403
TN10p (dias/ano)	-0,3680	-3,2	0,0014	-0,1707
TN90p (dias/ano)	0,4050	3,5	0,0004	0,2595
DTR (°C/ano)	0,1100	0,9	0,3463	0,0102

RX1day (mm/ano)	0,0180	0,1	0,8856	0,0683
RX5day (mm/ano)	0,0661	0,6	0,5739	0,2960
SDII (mm/ano)	-0,0866	-0,7	0,4632	-0,0200
R10mm (dias/ano)	0,0152	0,1	0,9061	0,000
R20mm (dias/ano)	-0,0260	-0,2	0,8338	0,000
R25mm (dias/ano)	-0,0448	0,4	0,7129	0,000
CDD (dias/ano)	0,0986	0,8	0,4020	0,1270
CWD (dias/ano)	0,0702	0,6	0,5690	0,000
R95p (mm/ano)	-0,1080	-0,9	0,3531	-2,3296
R99p (mm/ano)	-0,0128	-0,1	0,9253	0,000
PRCPTOT (mm/ano)	-0,0630	-0,5	0,5918	-2,4450

Valores realçados em cinza são tendências com confiabilidade de 95% (significância de 5%);
Valores em **negrito** realçados em cinza são tendências com confiabilidade de 99% (significância de 1%).

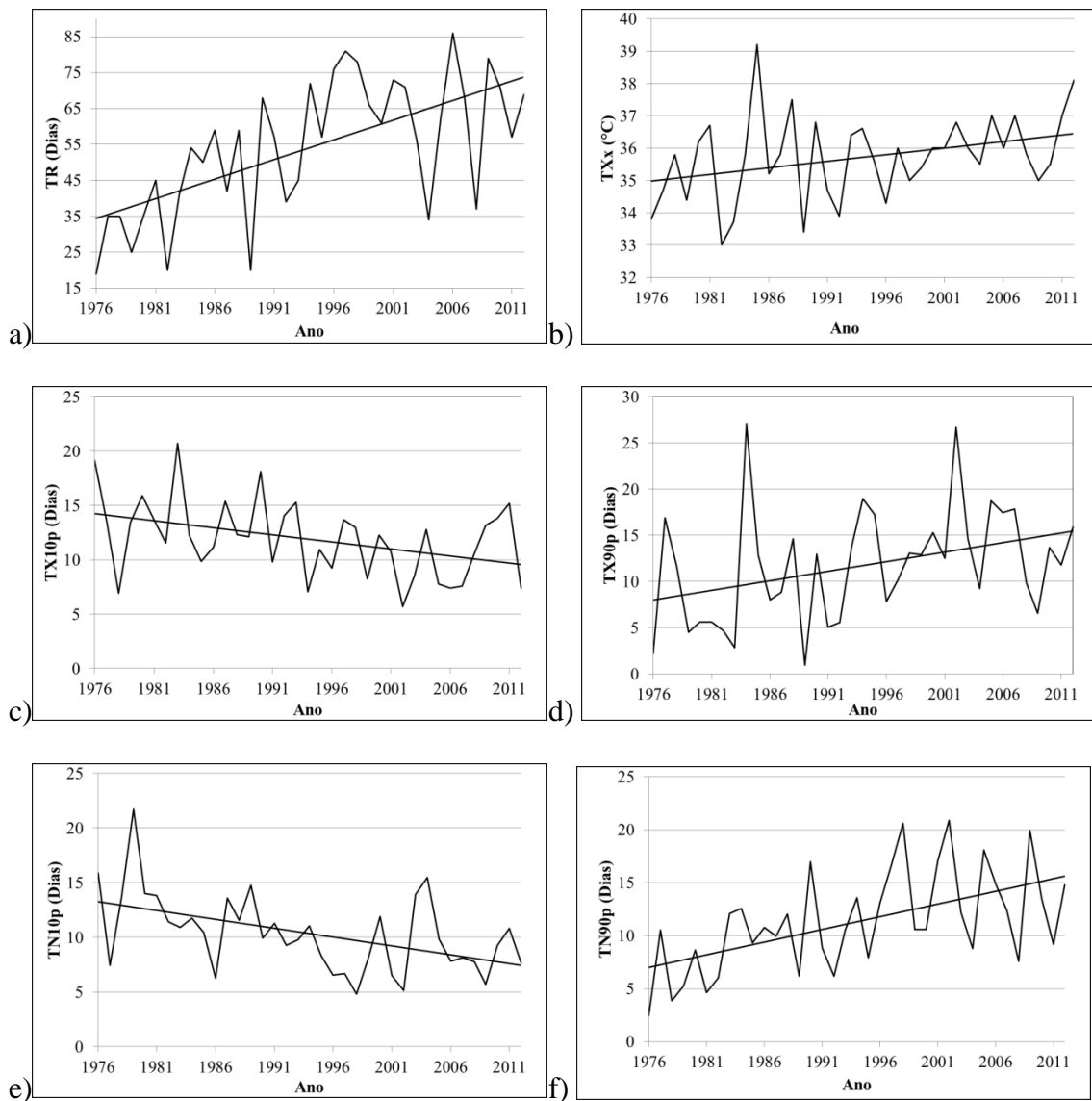


Figura 2. Variabilidade anual dos índices de extremos climáticos estatisticamente significativos para a cidade de Londrina - PR, para o período de 1976 a 2012, os quais: a) TR, b) TXx, c) TX10p, d) TX90p, e) TN10p, f) TN90p.

Na análise das vinte e duas variáveis, observou-se que seis delas obtiveram nível de significância estatística de 5%: TR, TXx, TX10p, TX90p, TN10p e TN90p. Dentre estes, em três apresentaram níveis de significância estatística superiores a 1% (TR, TN10p e TN90p).

A variabilidade anual dos índices de extremos climáticos estatisticamente significativos está ilustrada na Figura 2(a-f). Percebe-se que a quantidade de noites quentes (temperatura mínima diária maior que 20 °C) apresenta uma tendência de aumento, conforme pode ser observado na Figura 2(a). A inclinação do gráfico (calculado pelo Sen-Slope) revela uma tendência positiva de TR=1,1429 dias/ano.

A magnitude do valor máximo da temperatura máxima diária (TXx) (Figura 2b) apresentou aumento significativo de 0,0444 °C/ano. A quantidade de dias mais quentes (TX90p) é apresentada na Figura 2d, a qual percebe-se uma tendência crescente com significância de 0,2403 dias/ano. Já a tendência de ocorrência de noites quentes (Figura 2f) está aumentando consideravelmente, isto é, a uma taxa de TN90p = 0,2595 dias/ano.

Segundo estudos acerca dos indicadores de extremos climáticos no Brasil, as tendências de aquecimento no estado do Paraná podem ser atribuídas às mudanças o uso das terras locais, especialmente em termos de crescimento do perímetro urbano (Obregón e Marengo, 2007).

Tendo em vista a percepção do aumento das temperaturas, nota-se uma diminuição da tendência de ocorrer dias mais frios (TX10p). Isto pode ser observado no gráfico da Figura 2c, a qual apresenta uma tendência significativa de -0,1353 dias/ano. O número de ocorrência de noites frias, expresso na Figura 2e, decresce a uma taxa de TN10p=-0,1707 dias/ano.

Silva et al. (2015) encontraram tendências semelhantes para o estado do Paraná, com praticamente o mesmo período de estudo (1976-2010). Os autores verificaram que ambos os indicadores (TN10p e TX10p) obtiveram declínio, tendo o cuidado de destacar que para TN10p as taxas são estatisticamente significativas na maior parte do estado, exceto em algumas regiões a leste e a oeste.

Em complemento às informações das análises anuais, torna-se útil, também, uma avaliação sazonal dos comportamentos dos mesmos, verificando o comportamento das tendências e de seus níveis significativos nas quatro estações do ano.

Dos dados coletados da estação agrometeorológica do IAPAR, onze índices continham dados mensais. Desta forma, foi possível fazer análises para as estações do ano. Os dados estão dispostos na Tabela 3:

Tabela 3: Tendências sazonais dos índices de extremos climáticos da cidade de Londrina - PR, para o período de 1976 a 2012.

Índice	Primavera	Verão	Outono	Inverno
TNn (°C/ano)	0,0667	0,1333	0,0000	0,0275
TNx (°C/ano)	0,0646	0,1835*	0,1000	0,0000
TXn (°C/ano)	0,2679*	0,0000	0,1026	0,1374
TXx (°C/ano)	0,2764**	0,3077**	0,2500**	0,2566*
DTR (°C/ano)	0,1056	-0,1111	-0,0427	-0,0870
TX10p (dias/ano)	0,0714	0,2500	-0,0513	0,2971
TX90p (dias/ano)	-0,1559	-0,0436	0,0851	-0,0557
TN10p (dias/ano)	-0,0817	-0,1938	0,1250	0,1154
TN90p (dias/ano)	0,1667	0,0625	-0,0870	-0,1623
RX1day (mm/ano)	0,1359	-0,1835	-0,2941	-0,0769
RX5day (mm/ano)	0,2612	0,1250	-0,0561	-0,1111

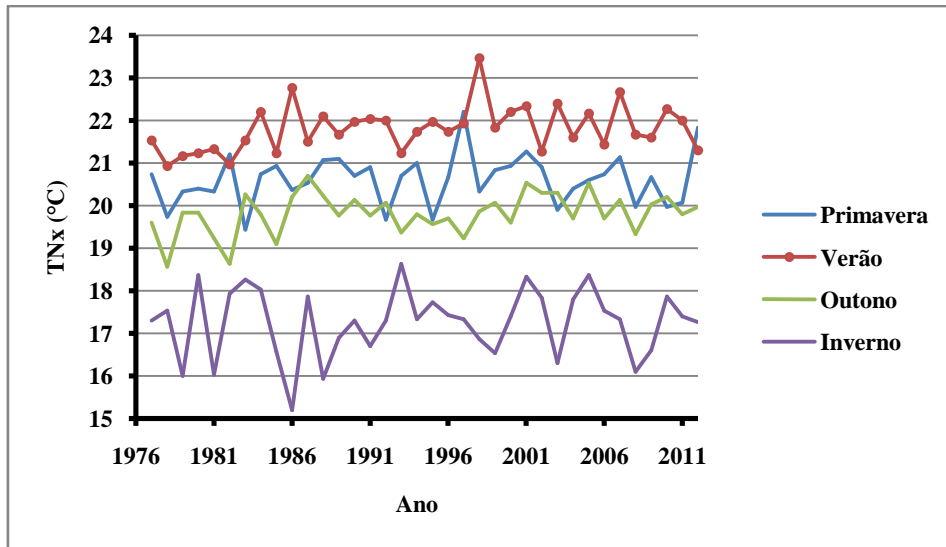
(*) Significativo ao nível de 5% ($p \leq 0,05$)

(**) Significativo ao nível de 1% ($p \leq 0,01$)

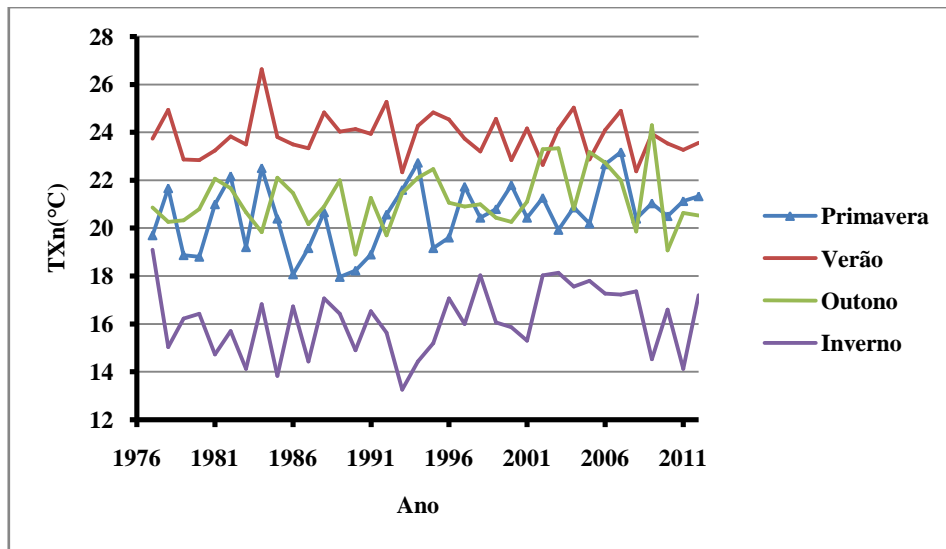
Observando os dados, pode-se constatar que apenas três índices obtiveram algum nível de significância. Foram eles: TNx, TXn e TXx. O valor máximo mensal da temperatura mínima diária (TNx) obteve nível de significância estatística de 5% no verão, apresentando tendência positiva de $TNx=0,1835$ °C/ano. De forma semelhante, o valor mínimo mensal da temperatura máxima diária (TXn) apresentou significância de 5% para a estação da primavera, com $TXn=0,2679$ °C/ano.

O valor máximo mensal da temperatura máxima diária (TXx) foi o único que apresentou significância para todas as estações. Primavera, verão e outono ficaram ao nível de 1%, com valores de 0,2764, 0,3077 e 0,2500°C/ano, respectivamente. Já o inverno ficou ao nível de 5%, com tendência de 0,2566°C/ano.

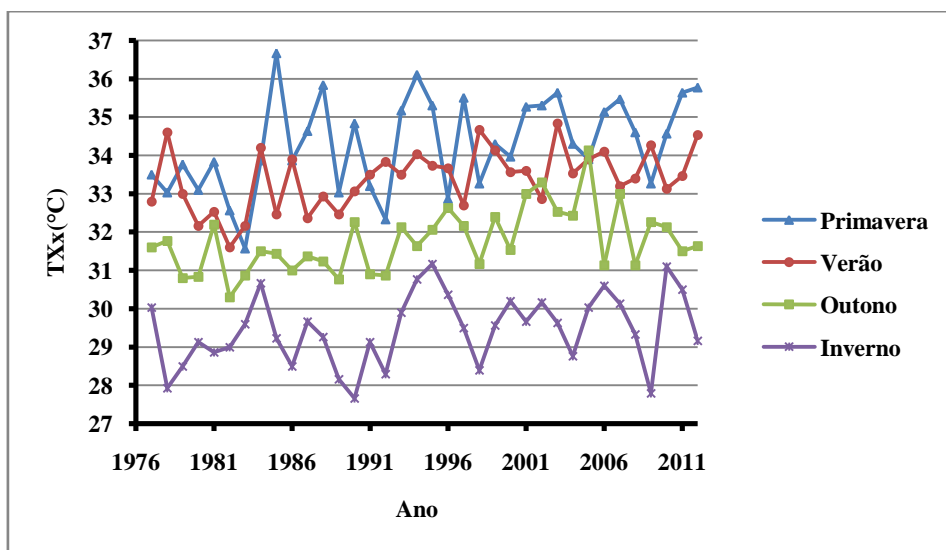
A Figura 3 (a-c) apresenta os gráficos das tendências encontradas para a variabilidade sazonal dos índices de extremos climáticos:



a)



b)



c)

Figura 3. Variabilidade sazonal dos índices de extremos climáticos estatisticamente significativos para a cidade de Londrina - PR, para o período de 1976 a 2012, na qual: a) TNx (verão), b) TXn (primavera), c) TXx (primavera, verão, outono, inverno).

Analisando o comportamento sazonal do máximo valor mensal da temperatura mínima diária (TNx) (Figura 3a), observa-se, com exceção do inverno, uma tendência de aumento da temperatura em todas as estações do ano durante o período estudado. Pela Tabela 3, é possível ver que os valores das magnitudes das tendências foram de 0,0646, 0,1835, 0,1000 e 0,0000°C/ano para as estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente.

Para o valor mínimo mensal da temperatura máxima diária (TXn), os valores encontrados mostram que, desta vez, não foi registrada tendência para o verão. Primavera, outono e inverno obtiveram, respectivamente, os valores de 0,2679, 0,1026 e 0,1374°C/ano.

Uma característica notável é que nenhum dos índices de precipitação considerado neste trabalho obteve nível de significância igual ou superior a 5%. Este resultado também é compartilhado por Silva et al. (2015), que investigando tendências de precipitação e temperatura no estado do Paraná entre os anos de 1976 a 2010, perceberam que os indicadores associados à precipitação não apresentaram tendências estatisticamente significativas na maior parte das estações analisadas.

Observando a variabilidade sazonal do valor máximo mensal da temperatura máxima diária (TXx) (Figura 3c), nota-se tendência de aumento em todas as estações do ano. Com o auxílio da Tabela 3, é possível ver que em praticamente todas as estações observou-se tendências com nível de significância acima de 1%, com exceção da estação do inverno (5%). Verifica-se, para a magnitude da temperatura na primavera, um aumento 0,2764 °C/ano. Já para o verão, o valor de aumento é de 0,3077 °C/ano, enquanto que no outono, vem aumentando 0,2500 °C/ano.

Minuzzi et al. (2011) corroboram o fato de que, na temperatura máxima anual e, principalmente na temperatura mínima, em todas as escalas de tempo, houve tendência de aumento. Esse aumento relativamente maior da temperatura mínima sugere uma diminuição na amplitude térmica do Paraná. Os valores dos extremos diários da temperatura mínima estão sendo maiores, porém menos frequentes. Por outro lado, as temperaturas máximas têm sido mais intensas e frequentes, especialmente na primavera.

CONCLUSÕES

Baseado nos resultados observados de temperatura do ar e precipitação para a cidade de Londrina pode-se concluir que:

- 1) A quantidade de noites quentes (temperatura mínima diária maior que 20 °C) apresenta uma tendência de aumento.
- 2) Tendo em vista a o aumento das temperaturas, nota-se uma diminuição da tendência de ocorrer dias mais frios.
- 3) Os valores máximos de temperatura máxima diária apresentaram tendência de aumento em todas as estações do ano.
- 4) Nenhum dos índices de precipitação obteve significância estatística.
- 5) É possível conjecturar que o aumento observado na temperatura do ar em Londrina é decorrente de efeito local, crescimento da área urbana e global.

REFERÊNCIAS

BOCCOLARI, M.; MALMUSI, S.; Changes in temperature and precipitation extremes observed in Modena, Italy. **Atmospheric Research**, v. 122, p. 16-31, 2013.

DANTAS, L. G.; SANTOS, C. A. C.; OLINDA, R. A.; Tendências anuais e sazonais nos extremos de temperatura do ar e precipitação em Campina Grande – PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 30, n. 4, p. 423-434, 2015.

EASTERLING, D. R.; HORTON, BRIONY.; JONES, P. D.; PETERSON, T. C.; KARL, T. R.; PARKER, D. E.; SALINGER, M. J.; RAZUVAYEV, V.; PLUMMER, N.; JAMASON, P.; FOLLAND, C. K.; Maximum and Minimum Temperature Trends for the Globe. **Science**, v. 277, p. 364 – 367, julho de 1997.

GRIMM, A. M.; Clima da Região Sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S.; **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 17. p. 259 – 275.

HIRSCH, R. M.; SLACK, J. R.; SMITH, R. A.; Techniques of trend analysis for monthly water quality data. **Water Resources Research**. v. 18, p. 107-121, 1982.

HUANG, J.; SUN, S.; XUE, Y.; ZHANG, J.; Spatial and temporal variability of precipitation indices during 1961-2010 in Hunan Province, Central South China. **Theor Appl Climatol**. p. 581-595, 2014.

ISLAM, N.; FERDOUZI, N.; RAHMAN, A.; AHSAN, N.; ABDULLAH, A.; Understanding the rainfall climatology and detection of extreme weather events in SAARC region: Part I – Bangladesh. **SAARC Meteorological Research Centre**, n. 21, setembro de 2008.

JAIN, S. K.; KUMAR, V.; SAHARIA M.; Analysis of rainfall and temperature trends in northeast India. **International Journal of Climatology**. v. 33, p. 968-978, 2013.

KÖPPEN, W.; In MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M. D.; **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

LETTENMAIER, D. P.; WOOD, E. F.; WALLIS, J. R.; “Hydro-climatological trends in the Continental United States”, 1948-88. **Journal of Climate**. v. 7, p. 586-607, 1993.

LOPES, J. R. F.; SILVA, D. F.; Aplicação do teste de Mann-Kendall para análise de tendência pluviométrica no estado do Ceará. **Revista de Geografia (UFPE)**. v. 30, n. 3, 2013.

MANOSSO, F. C.; GOMES, M. F.; AOKI, A.; MANOSSO, D. C. C.; Distribuição espacial e temporal da precipitação e temperatura média na região da Serra do Cadeado (PR). **Revista Brasileira da Climatologia**, v. 12, p. 172 – 186, julho de 2013.

MARQUE, R. F. C.; RAO, V. B.; A diagnosis of long-lasting blocking event over the Southeast Pacific Ocean. **Monthly Weather Review**, v. 127, p. 1761-1776, 1999.

MARTINS, C. Caracterização da ilha urbana de calor na cidade de Londrina, Brasil: cobertura do solo, fatores meteorológicos e conforto térmico. 2013. 71f. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, B. H.; BORROZINO, E.; Tendências na variabilidade climática sazonal e anual das temperaturas máxima e mínima do ar no Estado do Paraná. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 471 – 479, 2011.

NEVES, G. L.; FILHO, J. S. V.; LEITE, M. L.; SANTOS, E. N.; Trend of air temperature in the state of Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 180 – 193, junho de 2016.

OBREGÓN, G.; MARENGO, J. A.; Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima no Século XX no Brasil: Tendências de Chuvas e Temperaturas Médias e Extremas. Relatório nº2, **Ministério do Meio Ambiente**, 2007.

PANDA, D. K.; MISHRA, A.; KUMAR, A.; MANDAL, K. G.; THAKUR, A. K.; SRIVASTAVA, R. C.; Spatiotemporal patterns in the mean and extreme temperature indices of India, 1971-2005. **International Journal of Climatology**, v.34, p. 3585-3603, 2014.

PORTELA, M. M.; QUINTELA, A. C.; SANTOS, J. F.; VAZ, C.; MARTINS, C.; Tendências em séries temporais de variáveis hidrológicas. **Revista Recursos Hídricos**. v. 32, n. 1, p. 43-60, 2011.

SALGUEIRO, J. H. P. B.; PINTO, E. J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, B. B.; SOUZA, W. M.; Tendência de índices pluviométricos na bacia do Rio Capibaribe – PE e sua influência na gestão dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 7, n. 5, p. 1002-1014, 2014.

SANTOS, C. A. C.; Estimativas e tendências de índices de detecção de mudanças climáticas com base na precipitação diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B.; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A.; Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 24, n. 1, p. 39-47, 2009.

SEN, P. K.; Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. **J. Am. Stat. Assoc.** v. 63, p. 1379-1389, 1968.

SILVA, W. L.; DERECZYNSKI, C.; CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B. J.; TRISTÃO, L.; RUGGERI, J.; Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, p. 181 – 194, 2015.

SOUZA, P. Estudo da variabilidade da precipitação no estado do Paraná associado à anomalia da TSM no Oceano Pacífico. 2006. 84f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

WANG, Q.; FAN, X.; QIN, Z.; WANG, M.; Change trends of temperature and precipitation in the Loess Plateau Region of China, 1961-2010. **Global and Planetary Change**, v. 92, p. 138-147, 2012.

ZHANG, X.; YANG, F.; RCLimdex (1.0) User Manual. Ontário. p. 23, 2004.

O USO DE GEOTECNOLOGIAS UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT-8 NO MAPEAMENTO DO BIOMA CAATINGA

Kátia Alves Arraes¹, Miguel Zanic Cuellar², Aline Berto Faustino³, Gabriela de Oliveira e Pereira⁴

^{1,2,3,4} Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Natal, Rio Grande do Norte-RN, E-mail:
katiarraes@crn.inpe.br
miguel@crn.inpe.br
aline.berto@crn.inpe.br
gabriela.oliveira@crn.inpe.br

RESUMO: Este artigo tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada acerca do estudo do bioma Caatinga, na sua caracterização, a partir da definição de classes temáticas, na identificação de amostras consideradas como caatinga preservada, e do que não se insere no contexto como caatinga preservada, devido à evolução temporal e às ações antropológicas do processo de uso e ocupação do solo. Mediante o processo de degradação deste bioma, o trabalho presente retrata as etapas envolvidas nesta análise, a partir de imagens LANDSAT 8, englobando o conjunto de geotecnologias ligadas à geoinformação, quanto à coleta, tratamento e análise desses dados espaciais, resultando no mapeamento do uso e ocupação do solo, de modo a prover maior conhecimento da área de estudo, e informações inerentes aos possíveis impactos no bioma Caatinga como alerta precoce de seca e desertificação.

PALAVRAS-CHAVE: geoinformação, dados espaciais, uso e ocupação do solo.

THE USE OF GEOTECHNOLOGIES USING LANDSAT8 IMAGES IN THE MAPPING OF THE CAATINGA BIOME

ABSTRACT: This article aims to present the methodology used in the study of the Caatinga biome, in its characterization, from the definition of thematic classes, in the identification of samples considered as preserved Caatinga, and of what is not inserted in the context as preserved caatinga due to Temporal evolution and anthropological actions of the land use and occupation process. Through the process of degradation of this biome, the present work describes the steps involved in this analysis, from LANDSAT 8 images, encompassing geotechnology related to the geoinformation, regarding the collection, treatment and analysis of these spatial data, resulting in the mapping of the use And occupation of the soil, in order to provide greater knowledge of the study area, and information inherent to the possible impacts on the caatinga biome as early warning of drought and desertification.

KEY-WORDS: geoinformation, spatial data, land use and occupation.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as geotecnologias atuam como ferramentas de grande importância para se chegar a melhores análises e obtenção de resultados em diferentes dimensões, sejam elas, diretamente relacionadas às questões ambientais, sociais, econômicas, ou todas reunidas em situações geográficas mais complexas.

Considera-se que a cartografia, através de seus produtos, é uma das ferramentas utilizadas pela engenharia e outras ciências para desenvolver e empregar conhecimento.

E ainda, especificamente, o nosso trabalho, considera que os mapas são essenciais para um melhor conhecimento dos biomas, além de compor uma base de dados a ser repassada como conhecimento principalmente em relação ao meio ambiente.

O trabalho presente consiste em apresentar a realidade do bioma Caatinga, Único bioma exclusivamente brasileiro, que ocupa originalmente 11% do país (Bucher 1982). A caatinga detém a maior biodiversidade entre as regiões semiáridas do planeta e se encontra seriamente ameaçada. Através da metodologia utilizada no estudo do bioma caatinga, a partir de imagens de satélite e uso de geotecnologias obteve-se uma aproximação quase que real da área estudada, o que nos possibilita fazer um levantamento com margem de erro muito pequena do espaço observado.

A união entre o conhecimento tecnológico-espacial, o estímulo ao estudo cartográfico (conhecimento gráfico do lugar com diversas informações e visão da transformação da paisagem no bioma Caatinga evidenciando a sua degradação), e a junção entre a informação do meio ambiente e suas características geomorfológicas podem ser esclarecedores para alguns dos principais problemas da atualidade: preservar o meio ambiente, oferecer vida longa à Caatinga e estimular o desenvolvimento sustentável do Semiárido.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

2.1 Área de Estudo

Nossa área de estudo é o bioma Caatinga do Semiárido brasileiro (Figura 1), que abrange os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais.

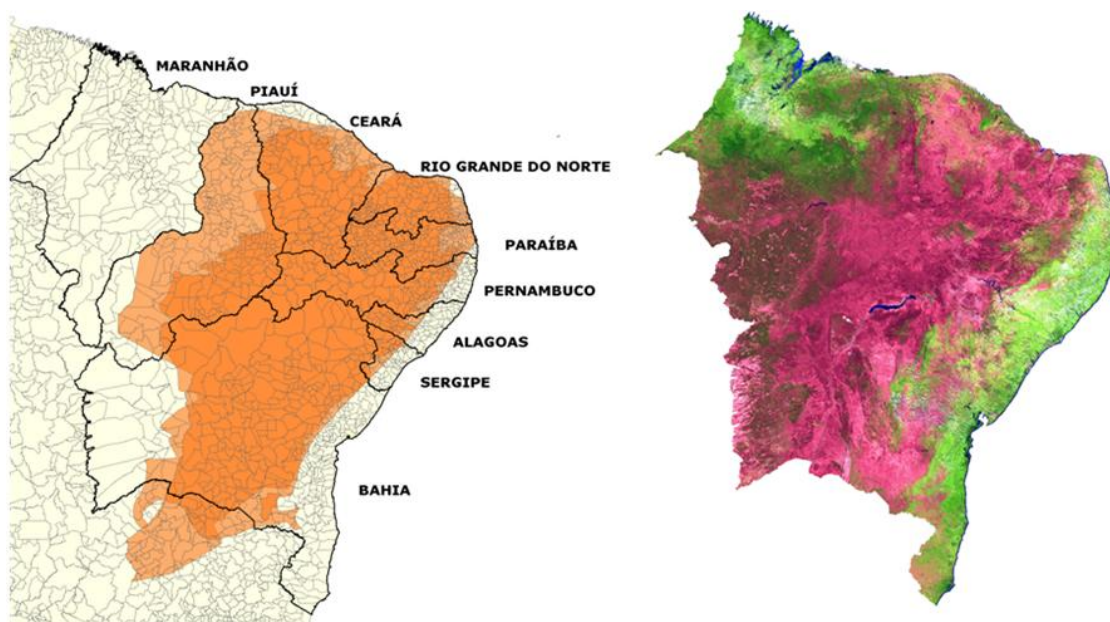


Figura 1: Mapa do limite do bioma Caatinga na cor laranja. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010.

2.2 Material

As imagens utilizadas para execução deste trabalho foram as do satélite LANDSAT-8, do sensor *Operational Land Imager* (OLI). As imagens selecionadas correspondem aos municípios contidos na região do Semiárido Brasileiro, com menor cobertura de nuvens, apresentando resolução espacial de 30 metros multiespectral e, resolução radiométrica de 16 bits (65536 níveis de cinza) (IRONS et al., 2012). Utilizou-se o sistema de informação geográfica SPRING, versão 5.3 para Windows (CÂMARA et al., 1996).

2.3 Processamento Digital de Imagens

A utilização das imagens obtidas por meio do Sensoriamento Remoto é feita através da técnica do Processamento Digital de Imagens (PDI), este por sua vez, tem a finalidade de facilitar a análise e interpretação das imagens para um melhor entendimento do usuário. Crósta (1992) define o PDI como a análise e manipulação de imagens por computador, cuja finalidade é identificar e extrair informações da imagem, transformando-a de tal modo que a informação seja mais facilmente discernível por um analista humano.

2.3.1 Conversão Radiométrica (*Rescale*)

Processo computacional que consiste na execução de transformação do intervalo de dados (*range*) de 16 bits, formato original das imagens LANDSAT 8, para 8 bits. Tal processo fez-se necessário para reduzir o tamanho do arquivo da imagem de satélite, uma vez que, quanto maior for o número de bits, maior será o espaço necessário para armazenar dados. E, posteriormente realizamos a leitura das imagens no *software* SPRING, sem perda de informações.

2.3.2 Segmentação

Processo computacional que consiste em dividir uma imagem em regiões uniformes, formadas por conjunto de *pixel* espectralmente semelhantes e contíguos em X e Y do plano cartesiano, correspondentes às áreas de interesse.

A técnica de segmentação utilizada em nosso trabalho foi baseada no crescimento de regiões, que utiliza medidas estatísticas de similaridade e agregação para realizar o agrupamento de dados.

Testes mostraram que os valores de similaridade e área aplicados em nosso trabalho que melhor subdividiram a imagem, evitando posteriormente erros de omissão na classificação, foram: similaridade igual a 10, que é o limiar sob o qual duas regiões são consideradas similares e agrupadas, e área mínima igual a 15 a ser considerada como uma região, definida em número de *pixel*.

2.4 Classificação

Processo computacional de extração de informações em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Associando cada *pixel* a uma classe temática predefinida, transformando o número de níveis de cinza de cada banda espectral da imagem em um pequeno número de classes temáticas em uma única imagem.

Utilizamos em nossa metodologia a classificação supervisionada. Utilizada quando se tem algum conhecimento prévio sobre a região da imagem, permitindo ao analista/intérprete definir áreas amostrais das classes. O classificador que utilizamos foi o Bhattacharya.

A medida da distância de Bhattacharya mede a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. O limiar de aceitação foi de 99,9% o que garante que a classificação englobe e associe o maior número possível de classes aos polígonos da imagem. Quanto menor esse limiar, mais polígonos deixarão de ser associados a alguma dessas classes temáticas.

2.4.1 Bandas Utilizadas

Em nosso trabalho utilizamos a banda 4 – vermelho, é a banda de absorção de clorofila da vegetação verde sadia. Útil para discriminação da vegetação. A banda 5 – infravermelho próximo (*near infrared* - NIR) sensível à quantidade de biomassa da vegetação, sendo útil para identificação de culturas e para realçar contrastes entre solo/cultura e terra/água. E a banda 6 – infravermelho de ondas curtas (*shortwave infrared* - SWIR), importante para nossa metodologia, visto que, possui relação com o nível de água na estrutura celular das folhas, tendo sido relevante na identificação e distinção de vegetações com estresse hídrico (Gao, 1996).

2.4.2 Treinamento

O reconhecimento da assinatura espectral das classes é realizado através da aquisição de amostras, relacionadas a cada classe temática com o auxílio da ferramenta *Google Earth*. No treinamento supervisionado a escolha das amostras que representam cada classe é realizada pelo intérprete, levando em consideração a homogeneidade da área/polígono amostrada, procurando-se incluir toda a variabilidade dos níveis de cinza.

2.4.3 Caracterização das Classes Temáticas

As classes de vegetação estabelecidas pela metodologia foram: Caatinga Preservada (vegetação densa correspondente à vegetação arbórea arbustiva fechada com uso agropecuário muito baixo), representada pela cor verde escuro; Caatinga Degradada (vegetação semidensa, predominância de vegetação arbórea arbustiva aberta com uso agropecuário baixo a médio), representada pela cor oliva; Lavoura (áreas de atividades comerciais agrícolas e uso agropecuário alto), representada pela cor lima; Solo Exposto (áreas de vegetação rala e arbustiva aberta em processo de regeneração + solo exposto, onde predominam as atividades com uso agropecuário alto e mineração), representada pela cor cáqui; Corpos D'água (áreas ocupadas com as águas superficiais dos reservatórios), representada pela cor azul escuro e Urbano (malha urbana), representada pela cor vermelha.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com nossa metodologia de classificação tem um índice de acerto de até 95% visto que a classificação supervisionada possibilita o ajuste dos erros de omissão. A classificação de nossas imagens foi realizada com o auxílio da ferramenta *Google Earth*, a partir das coordenadas da imagem, de modo a validarmos ou não à classe temática. Havendo algum engano no resultado da classificação, as mudanças entre as classes envolvidas são realizadas pelo intérprete na edição matricial. Isso nos dá uma confiabilidade maior no resultado final.

Um dos principais parâmetros que verificamos para realizarmos uma boa classificação minimizando o trabalho na fase da edição matricial é que durante a fase de treinamento, a aquisição de amostras de cada classe temática seja efetuada ao longo de toda imagem. Isto significa dizer que, a aquisição deve englobar e representar todos os quadrantes da imagem (canto superior esquerdo, canto superior direito e canto inferior direito e canto inferior esquerdo), bem como os diversos tipos de padrões (conjunto de pixel) para cada classe amostrada.

Porém o limiar de diferenciação das classes temáticas é tênue e subjetivo. A princípio, essa distinção entre as classes temáticas se deu entre mata preservada e o que não era preservado. Por isso o conhecimento prévio da área analisada e a utilização da ferramenta *Google earth* foram fundamentais para validar as aquisições das amostras.

Todavia, a parte não preservada foi subdividida em áreas que sofreram alguma intervenção antrópica, sendo caracterizada como Degradada; áreas de cultivo que possuem alguma atividade econômica, como por exemplo, plantações e agropecuária foram classificadas como Lavoura; áreas desnudas como sendo de Solo Exposto e áreas inundadas como sendo Corpos D'água e os centros urbanos formaram classificados na categoria Urbano.

Um dos desafios encontrados para o mapeamento foi diferenciar as áreas de solo exposto das áreas de lavoura, visto que esses temas podem apresentar um comportamento espectral próximo, com respostas semelhantes na composição colorida, quando a passagem do satélite ocorrer em um período que o solo descoberto por estar tendo um uso agrícola, sendo preparado para o plantio ou então o solo pode estar “descansando” para um próximo plantio. Este aspecto faz com que o algoritmo de classificação reconheça como pertencentes à mesma classe.

Por isso a experiência do intérprete durante a aquisição das amostras no treinamento e na edição é de extrema importância para o processo final da imagem. O resultado dos mapas pode ser conferido nas Figuras 2, 3 e 4.

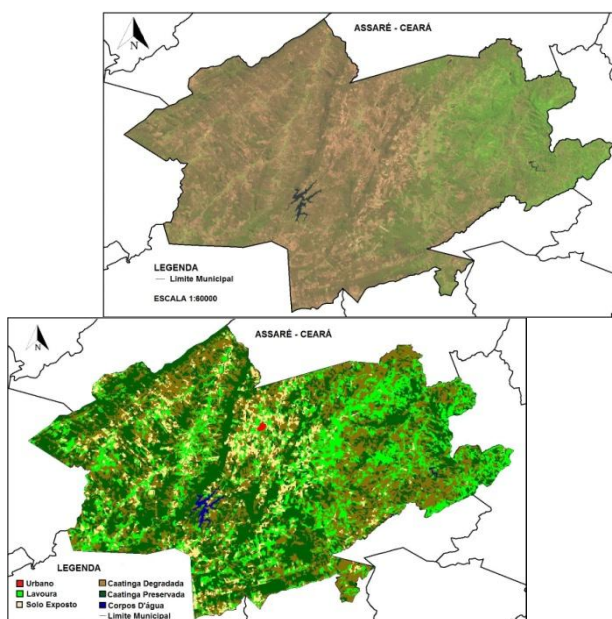


Figura 2: Imagem da órbita 217 e ponto 65 do satélite Landsat-8 na data de 01 de julho de 2013. Recorte do município de Assaré no Estado do Ceará e sua respectiva classificação.

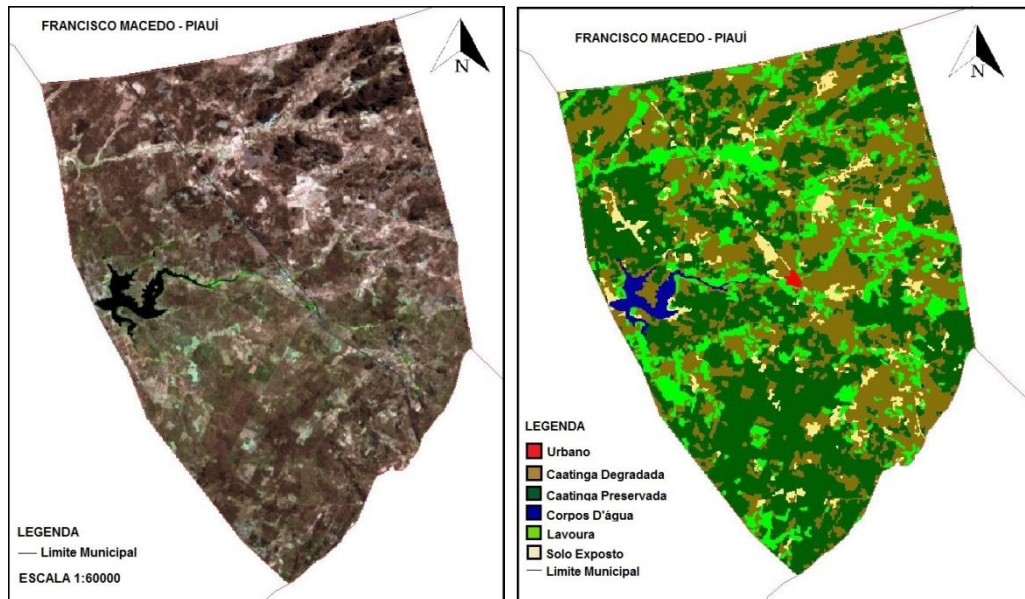


Figura 3: Imagem da órbita 218 no ponto 65 do satélite Landsat-8 na data de 12 de agosto de 2014. Recorte do município de Francisco Macedo no Estado do Piauí e sua respectiva classificação.

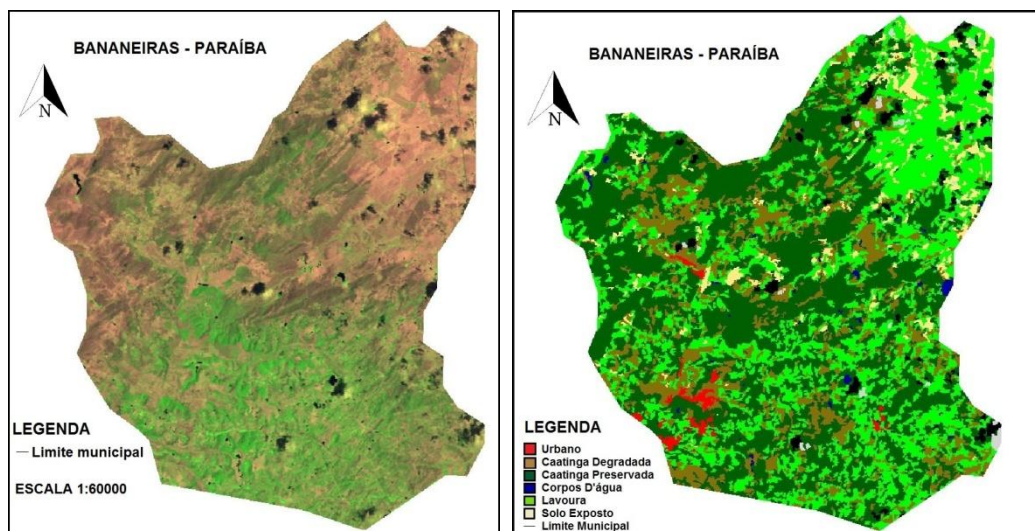


Figura 4: Imagem da órbita 214 no ponto 65 do satélite Landsat-8 na data de 07 de novembro de 2015. Recorte do município de Bananeiras no Estado do Paraíba e sua respectiva classificação.

A metodologia aplicada no mapeamento do bioma Caatinga e o seu elevado índice de confiabilidade, nos permitiu mapear até o presente momento 18,56% do bioma, corresponde a 179.754 Km² de área do total de 969.589 Km². Na tabela 1 podemos visualizar a discriminação desse percentual em suas respectivas classes temáticas. Ao total já foram contempladas mais de 200 cidades do Semiárido.

Tabela 1. Valores referentes às classes temáticas do bioma Caatinga do Semiárido brasileiro já classificado.

CLASSES TEMÁTICAS	Km²	%
Caatinga Preservada	79.240	44
Caatinga Degradada	68.670	38
Solo Exposto	13.546	7,5
Lavoura	16.588	9,2
Corpos D'água	1.265	0,7
Urbano	445	0,2

4. CONCLUSÕES

Podemos ressaltar que a metodologia deste trabalho através do uso de geotecnologias na caracterização do bioma Caatinga a partir de seu mapeamento, no que se refere ao uso e cobertura da terra fornece uma visão da transformação da paisagem da caatinga evidenciando a sua degradação, com o propósito de retratar os problemas do meio ambiente, prover conhecimento detalhado do território municipal, através da disponibilidade de mapas básicos além de oferecer alternativas para regiões que sofrem com escassez de água, baixo investimento em educação, saúde e infraestrutura.

5. REFERÊNCIAS

BUCHER, E. H. 1982. **Chaco and caatinga – South American arid savannas, woodlands and thickets.** In: B. J. Huntley & Walther, B. H. (eds.) Ecology of tropical savannas. Ecological Studies 42.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.; MEDEIROS, C.M.B.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica.** SBC, X Escola de Computação, Campinas, 1996.

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas, SP IG/UNICAMP, 1992. 170 p.

GAO, B. **A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space.** Remote Sensing of Environment, v. 58, p. 257-266, 1996.

IRONS J.R., J.L. Dwyer, J.A. Barsi. **The next Landsat satellite: the Landsat data continuity mission.** Remote Sensing of Environment, 122 (2012), p. 11–21.

SANTOS, J. **Processamento Digital – Geotecnologias e Software Livre.** Disponível em: http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2014/12/20141203_QGIS26_Landsat8_16Bit_para_08Bit.pdf. Acesso em: 15 de março de 2017.

ANÁLISE PRELIMINAR DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM PETROLINA/JUAZEIRO: A ATIVIDADE AGRÍCOLA FRENTE O USO DA ÁGUA

Thomás Rocha Ferreira¹, Jéssica Rodrigues Delgado¹, Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão¹, Celina Cândida Ferreira Rodrigues¹, Bernardo Barbosa da Silva²

¹Mestrando do PPGMET, UACA/UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: thomasmcz@gmail.com;

² Prof. Adjunto A do PPGMET, UACA/UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: bbdasilva.ufpe@gmail.com.

RESUMO: O objetivo deste trabalho é estimar a evapotranspiração em áreas irrigadas de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, com vistas a observar o impacto no uso da água para irrigação em escala regional no semiárido brasileiro. Utilizou-se uma cena orbital do Landsat-8 imageada no dia 17/01/2017 e estimou-se a evapotranspiração real diária (ET_{24h}) através da técnica SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land). Foi observado que a ET_{24h} variou de 0 a 5 mmd^{-1} nas áreas em superfície terrestre e foi superior a 5 mmd^{-1} em corpos d'água. As áreas irrigadas, a mata ciliar ao longo do rio São Francisco e a vegetação nativa mais densa apresentaram ET_{24h} entre 3.2 e 5 mmd^{-1} . Considerando uma eficiência média de 80% dos projetos irrigados de Petrolina/Juazeiro, a quantidade de água empregada na irrigação em um dia, equivale a 25 dias de abastecimento para a cidade de Petrolina. Esta informação elucidada a necessidade de monitorar a quantidade de água empregada nas irrigações e ponderar sobre a prioridade no uso da água, se esta seria para irrigação ou para consumo humano, uma vez que o semiárido brasileiro é castigado com secas recorrentes.

.PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto, SEBAL, Balanço de Energia.

PRELIMINARY ANALYSIS EVAPOTRANSPIRATION IN PETROLINA/JUAZEIRO: THE AGRICULTURAL ACTIVITY AGAINST THE USE OF WATER

ABSTRACT: The objective of this paper is to estimate the evapotranspiration in irrigated areas of Petrolina-PE and Juazeiro-BA, in goal to observe the impact on the water use for irrigation in regional scale in the Brazilian semi-arid. An orbital scene of the Landsat-8 image of the date 01/17/2017 was utilized to estimate the daily real evapotranspiration (ET_{24h}) through the SEBAL technique (Surface Energy Balance Algorithm for Land). It was observed the ET_{24h} ranged from 0 to 5 mmd^{-1} in the areas with terrestrial surface and it was higher than 5 mmd^{-1} in water bodies. The irrigated areas, the riparian forest along the São Francisco River and the denser native vegetation presented ET_{24h} between 3.2 and 5 mmd^{-1} . Considering an average efficiency of 80% of the irrigated projects of Petrolina / Juazeiro, the amount of water used in the irrigation in one day, it is equivalent to 25 days of supply to the Petrolina city. This information elucidates the necessity to monitor the amount of water used in the irrigations, and to ponder the priority in the water use, if this should be for irrigation or for human consumption, since the Brazilian semi-arid is punished with recurrent droughts.

KEY-WORDS: Remote Sensing, SEBAL, Energy Balance.

INTRODUÇÃO

Uma das maiores problemáticas envolvidas na atividade agrícola, recai sobre o custo do elemento vital à civilização humana: a água. O desenvolvimento de um bom sistema de gestão dos recursos hídricos no Brasil, ainda carece de uma maior atenção por parte das políticas públicas, haja vista que a outorga de água no país não se faz presente como necessário, principalmente na região Nordeste.

O cenário que envolve a Bacia Hidrográfica do Submédio do Rio São Francisco (BHSRSF) e os municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA é caracterizado de um lado por uma grande disponibilidade de água e por outro lado um intenso crescimento urbano e principalmente agrícola (o que implica em alterações no saldo de energia em superfície), com manejo ainda inadequado da água.

Nesse ponto, a água utilizada sem rigor para irrigação de culturas, pode demarcar uma quantidade excedente àquela necessária e determinada por um balanço hídrico. Nesse contexto, a técnica nominada SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) vem sendo utilizada com êxito em diversas pesquisas para a estimativa da evapotranspiração diária e inclusive na gestão de recursos hídricos (ANDERSON *et al.*, 2012; CHANG *et al.*, 2017; COELHO *et al.*, 2017; NICÁCIO, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2015).

É nessa perspectiva que o trabalho tem por objetivo estimar a evapotranspiração em áreas irrigadas de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, com vistas a observar o impacto no uso da água para irrigação em escala regional.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na BHSRSF, entre os estados de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, em região semiárida do Brasil. A cobertura vegetal nativa é do tipo caatinga e encontram-se os perímetros irrigados de Curaçá, Maniçoba, Tourão, Mandacaru, Senador Nilo Coelho e Bebedouro, com um total de 44.145 ha em operação.

Foi utilizada uma imagem de 17/01/2017 do satélite Landsat 8, com path e row de respectivamente 217 e 67. A hora da passagem do satélite foi de 12:48:33UTC, com ângulo de elevação de 58.5° e distância terra-sol de 0.9837961 UA para este dia.

A metodologia do SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), proporciona o cálculo da evapotranspiração com base na obtenção do balanço de energia a partir da combinação de dados multiespectrais e dados obtidos através de uma estação meteorológica. Foram coletados dados meteorológicos da temperatura do ar (28,32°C), pressão atmosférica (97,10kPa), umidade relativa (42,20%), velocidade do vento (4,2 m.s⁻¹) da estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) situada em Petrolina (9° 23' 17.96" S e 40° 31' 23.74" W) no horário 13 UTM.

A Eq. 1 ilustra o cálculo do fluxo de calor latente LE (W/m²) sendo obtido como resíduo da balanço entre o saldo de radiação Rn (W/m²), fluxo de calor no solo G (W/m²) e o fluxo de calor sensível H (W/m²).

$$LE = R_n - G - H \quad (1)$$

A obtenção das variáveis da equação 1 pode ser vista em detalhes em Bastiaanssen *et al.*, 1998; Silva *et al.*, 2015 e Silva *et al.*, 2016.

A conversão do fluxo de calor latente instantâneo em evapotranspiração real diária (ET_{24h}), é possível mediante o conceito da Fração Evaporativa instantânea (FEi), que é a razão entre a energia latente e a energia disponível ao nível da superfície:

$$FE_i = \frac{LE}{Rn - G} \quad (2)$$

A FEi se conserva ao longo do dia, logo, $FE_i = FE_{24h}$. logo:

$$ET_{24h} = 0,035 \times FE_i \times Rn_{24h} \quad (3)$$

em que 0,035 é a razão entre o número de segundos de um dia (86400s) e a energia necessária para vaporizar uma unidade de água líquida ($2,45 \text{ MJkg}^{-1}$) e Rn_{24h} é o saldo de radiação diário (W/m^2), obtido como:

$$Rn_{24h} = Rs_{24h}(1 - \alpha) - 110 \times \tau w_{24h} \quad (4)$$

onde, Rs_{24h} , α e τw_{24h} são respectivamente a radiação solar diária incidente (w/m^2), albedo da superfície e transmitância atmosférica diária. O Detalhamento de cada uma das variáveis pode ser encontrado em Silva *et al.*, 2015.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação espacial da ET_{24h} na BHSRSF está apresentada na Figura 1. Observa-se que a ET_{24h} variou de 0 a 5 mmd^{-1} nas áreas em superfície terrestre e foi superior a 5 mmd^{-1} em corpos d'água. Em tons de verde encontram-se as áreas irrigadas, a mata ciliar ao longo do rio São Francisco e a vegetação nativa mais densa (regiões de savana estépica densa), com ET_{24h} entre 3.2 e 5 mmd^{-1} . Em tons de amarelo e marrom, encontram-se a caatinga de menor porte, a área urbana de Petrolina e Juazeiro e os bancos de areia ao longo do rio São Francisco, com ET_{24h} inferior a 3.2 mmd^{-1} .

Nicácio (2008) utilizou cenas do TM-Landsat 5, do ano de 2004, no intuito de inferir variáveis biofísicas como a ET_{24h} na BHSRSF. Seus resultados foram semelhantes ao desta pesquisa, no entanto a abrangência espacial nas áreas de vegetação nativa densa encontradas por Nicácio (2008), foi superior ao cenário de 2017. Acredita-se que esta variação em um período superior a 10 anos (entre 2004 e 2017), existe devido a ocorrência de chuvas no cenário de 2004, e às sucessivas secas que vêm ocorrendo no Nordeste brasileiro desde 2012, como apontado por Marengo *et al.* (2013) e Marengo *et al.* (2016).

Em hipótese, considerando a ET_{24h} nas áreas irrigadas como 4 mmd^{-1} e uma eficiência no uso da água de 80%, seria necessário uma irrigação de 5 mmd^{-1} para suprir as necessidades do cultivo. Para uma área irrigada que abrange cerca de $44.145 \times 10^3 \text{ ha}$ (aproximadamente $441,5 \times 10^3 \text{ km}^2$) na BHSRSF, são necessários um total de 2.205,7 milhões de litros em apenas um dia, o que seria equivalente a 4,25% da vazão diária da barragem do sobradinho no final de 2016 (segundo o Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco – CBHSF, BARROS, 2017).

Na projeção do Atlas de Abastecimento Urbano de Água - ANA (ANA, 2010), o cenário para demanda hídrica da cidade de Petrolina em 2015, gira em torno dos 985 l/s ou 85,1 milhões de litros por dia, logo, com os 2.205,7 milhões de litros por dia utilizados na irrigação seria possível abastecer a cidade de Petrolina-PE por 25 dias.

Segundo o CBHSF (BARROS, 2017), nos últimos anos, a defluência mínima do reservatório de Sobradinho vem sendo reduzida gradativamente, do patamar inicial, de

1.300 m³/s, para o nível de 600 m³/s, devido à forte estiagem que atinge a bacia hidrográfica do chamado rio da integração nacional.

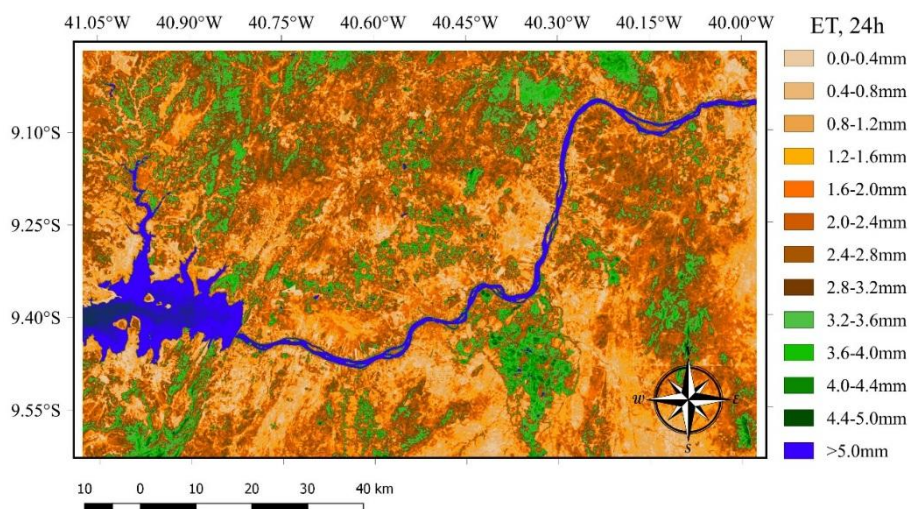


Figura 1. Evapotranspiração real diária (ET_{24h}) no dia 17/01/2017 para o Submédio do rio São Francisco, cidades de Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

CONCLUSÕES

A evapotranspiração real diária estimada na região de Petrolina/Juazeiro, mostrou estar coerente em sua distribuição espacial, com maiores valores observados nos corpos d'água (superior a 5 mm d^{-1}) seguido das áreas irrigadas e de caatinga densa (3.2 e 5 mm d^{-1}) e os outros tipos de superfície terrestre (inferiores a 3.2 mm d^{-1}).

A expansão urbana e evolução das áreas irrigadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA tendem a aumentar cada vez o consumo de água, e ao que a análise indica, com uma eficiência no uso da água de 80%, a quantidade de água empregada na irrigação dos perímetros de Petrolina/Juazeiro em um dia, seria necessária para abastecer a cidade de Petrolina por 25 dias.

Esta informação elucida a necessidade de monitorar a quantidade de água empregada nas irrigações e ponderar sobre a prioridade no uso da água, se esta seria para irrigação ou para consumo humano, uma vez que o semiárido brasileiro é castigado com secas recorrentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, pelo apoio financeiro que possibilitou a execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANA. ATLAS Brasil: Abastecimento Urbano de Água. Agência Nacional de Águas. Brasília-DF, p. 72. 2010.

ANDERSON, M. C. et al. Use of Landsat thermal imagery in monitoring evapotranspiration and managing water resources. *Remote Sensing of Environment*, v. 122, p. 50-65, 2012.

BARROS, D. Vazão de Sobradinho e Xingó é reduzida até novembro. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - CBHSF, 2017. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/vazao-de-sobradinho-e-xingo-e-reduzida-ate-novembro/>>. Acesso em: 14 Abril 2017.

BASTIAANSSEN, W. G. M. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, v.212-213, p.198-212, 1998.

CHANG, Y. et al. Remote estimation of terrestrial evapotranspiration by Landsat 5 TM and the SEBAL model in cold and high-altitude regions: a case study of the upper reach of the Shule River Basin, China. *Hydrological Processes*, v.31, n.3, p.514-524, 2017.

COELHO, V. H. R. et al. Alluvial groundwater recharge estimation in semi-arid environment using remotely sensed data. *Journal of Hydrology*, v.548, p.1-15, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Estações Automáticas. Brasília. Available in: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Access in: 09 feb. 2017

MARENGO, J. A. et al. Two Contrasting Severe Seasonal Extremes in Tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and Drought in Northeast Brazil. *American Meteorological Society*, v.26, p.9137-9154, 2013.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, v.1, p.1-12, 2016.

NICÁCIO, R. M. Evapotranspiração real e umidade do solo usando dados de sensores orbitais e a metodologia SEBAL na bacia do rio São Francisco. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p.320. 2008.

OLIVEIRA, L. M. M. D. et al. Evapotranspiração real em bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro por meio do SEBAL e produtos MODIS. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.10, p.1039–1046, 2014.

SILVA, B. B.; BRAGA, A. C.; BRAGA, C.C.; OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA JUNIOR, B. B. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. *Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental*. Campina Grande, v.20, n.1, p.3-8, Jan. 2016.

SILVA, B. B. D. et al. Changes to the energy budget and evapotranspiration following conversion of tropical savannas to agricultural lands in São Paulo State, Brazil. *ECOHYDROLOGY*, v.8, n.7, p.1272–1283, Outubro 2015.

USGS - United States Geological Survey. Landsat Update. Vol. 7 Issue 5, 2013. Disponível em: https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/about_LU_Vol_7_Issue_5.pdf. Acessado em: 12 de abril de 2017.

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÃO COM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTs) NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Josemir Araújo Neves¹, Joana D'arc Freire de Medeiros², Adelenia Gonçalves Maia³,
Tayron Juliano Souza⁴, Mauricio Tolstoi dos Santos Ferreira⁵

¹ Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte-EMPARN, Parnamirim, RN, josemiremparn@rn.gov.br; ² Prof.^a Adjunta, Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, Natal, RN, joanadarc.medeiros@gmail.com; ³ Prof.^a Adjunta, Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, Natal, RN, adelenam@gmail.com; ⁴ Bolsista CNPq, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba-AESA, João Pessoa, PB, tayron.js@hotmail.com; ⁵ Bolsista CNPq, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte-EMPARN, Parnamirim, RN, mauriciotolstoi@yahoo.com.br.

RESUMO: Este trabalho demonstra a aplicação de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) no monitoramento de cheias na bacia do rio Piancó-Piranhas-Açu, Rio Grande do Norte e Paraíba. A bacia do rio Piancó-Piranhas-Açu sofre com inundações recorrentes que trazem grandes prejuízos para as populações e para atividades econômicas da região. O mapeamento em alta resolução realizado pelo VANT alimentará a entrada de dados do software HEC-RAS na geração de modelos de previsão de cheias para a bacia. Os mapas de altitude gerados a partir do VANT auxiliarão na definição das distâncias entre as seções topobatimétricas, definição dos valores dos coeficientes de Manning, limite das margens, forma do canal e por fim na geração dos polígonos de inundação. Os resultados alcançados até o momento demonstram o alto potencial desta ferramenta para o mapeamento em alta precisão.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento de Eventos Extremos, Previsão de Cheias, Mapeamento com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs).

MAPPING OF AREAS SUBJECT TO FLOODING WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAVs) IN THE NORTHEAST SEMIARID

ABSTRACT: This work demonstrates the application of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in monitoring floods in the basin of the Piancó-Piranhas-Açu, Rio Grande do Norte and Paraíba. The basin of the Piancó-Piranhas-Açu river suffers from recurring floods that bring great harm to the population and economic activities in the region. The mapping for high resolution performed by the UAV will feed input HEC-RAS software data in the generation of flood forecasting models for the basin. Elevation maps generated from the UAV will assist in defining the distances between topo-bathymetric transect, define the values of the Manning coefficient, limit the banks, channel shape and finally the generation of the flood polygons. The results achieved to date demonstrate the high potential of this tool for mapping in high precision.

KEY-WORDS: Extreme Events Monitoring, Flood Forecast, Mapping with Unmanned Aerial Vehicles (UAVs).

INTRODUÇÃO

Os desastres naturais podem ser originados da dinâmica interna e externa da terra. Os decorrentes da dinâmica interna são terremotos, maremotos, vulcanismo e tsunamis. Os decorrentes da dinâmica externa envolvem tempestades, tornados, inundações, escorregamentos de encostas, entre outros. Esses eventos podem resultar tanto em perdas de vidas humanas como em sérios prejuízos para a infraestrutura e economia desses países, destruindo edifícios, pontes, estradas e plantações (GROSSI; KUNREUTHER, 2005; TOMINAGA et al, 2009).

No Brasil, os principais fenômenos relacionados a esses eventos são derivados da dinâmica externa da terra, tais como: inundações bruscas (enxurradas) e graduais (enchentes), escorregamentos de solos e/ou rochas, tempestades, geadas, incêndio florestal, estiagens e secas. Os dados do EM-DAT (2014) para o Brasil demonstram um aumento significativo dos desastres naturais nos últimos anos. No Rio Grande do Norte, os desastres mais recorrentes são as secas e as inundações graduais e bruscas, com percentuais de 80%, 14% e 6%, referentes a dados para o período de 1991 a 2010 (CEPED, 2011). Nesse período destacaram-se inundações graduais nos anos de 2000, 2004, 2008 e 2009. O acumulado de precipitação nos anos de 2008 e 2009, particularmente, ocasionou uma grande enchente no Rio Piancó-Piranhas-Açu inundando áreas circunvizinhas ao rio, o que causou transtornos e danos materiais para a população e a economia dos Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba (IDEMA, 2009). A bacia hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu é importantíssima para os dois Estados pois é nela onde está localizada a maior reserva hídrica.

Logo, em função da importância dessa bacia e para dar aos gestores desses Estados informações mais precisas para auxiliar no gerenciamento dos danos das enchentes nessa região, foi aprovado junto ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no ano de 2014, um projeto para o desenvolvimento de modelos de previsão de cheias para o monitoramento de eventos extremos na Bacia, partindo de um mapeamento de alta precisão com a utilização de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). O mapeamento gerado pelo VANT está sendo utilizado na modelagem hidráulica da bacia para a construção das manchas de inundação. O projeto encontra-se em fase de execução com o mapeamento já realizado e alguns desses resultados são apresentados neste trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas a serem mapeadas no âmbito do projeto foram definidas em função do relatório da enchente ocorrida no ano de 2009 na bacia do rio Piancó-Piranhas-Açu e o respectivo acervo de fotografias desse relatório (IDEMA, 2009) e dos dados bibliográficos existentes sobre a bacia. A partir dessa análise preliminar foram identificadas e selecionadas 32 áreas iniciais sujeitas a enchentes recorrentes no Rio Grande do Norte e na Paraíba. Posteriormente em função dos ajustes de ordem financeira e técnica ocorridos na execução do projeto as áreas iniciais foram redefinidas em 32 seções e 4 áreas como as exemplificadas na Figura 1, correspondendo a um total de 72 voos a realizar no Rio Grande do Norte e Paraíba.



Figura 1. Seções e área do município de Pendências programadas para mapear.

O VANT adquirido no projeto foi o ZANGÃO V da empresa SKYDRONES (Figura 2). O veículo possibilita voos de até 5000 metros de altitude com uma velocidade média de 80km/h e leva embarcado uma câmera SONY HX-50 com 20,4 megapixels. A telemetria é feita por 2 links: o primeiro por rádio controle remoto a 2,4 GHz com alcance máximo de 900 metros e o segundo por uma antena de rádio frequência de 900 MHz / 10 km, porém por medida de segurança os voos são limitados a uma distância máxima de 5 km da estação de controle. A decolagem é feita por catapulta e o pouso através de paraquedas acionado pelo rádio controle.



Figura 2. Imagem do VANT (Zangão V) em procedimento de pouso.

Para a construção do mosaico com as fotografias capturadas pelo VANT é necessário que haja uma quantidade de pontos em comum nestas fotografias, ou seja, deve haver o recobrimento frontal e lateral destas fotografias (Figura 3), devido ao fato que no processo de aquisição destas pode haver fatores não controlados que influenciem a sua aquisição, tais como: rotação e variação na altitude da aeronave, desvio de rota por influência de rajadas de vento, etc. Alguns softwares, tais como o Pix4D, recomendam o mínimo de 75% para o recobrimento frontal e 50% para o recobrimento lateral (LONGHITANO, 2010; MATTHESEN; SCHMIDT, 2014; MUNARETTO, 2015). Para os voos realizados no projeto com o Zangão V optou-se por utilizar o percentual de 75% para os dois tipos de recobrimento.

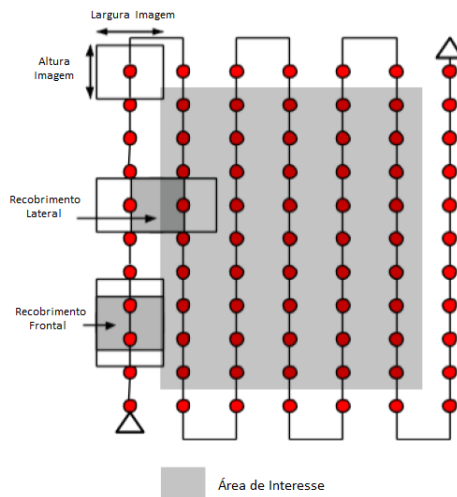


Figura 3. Detalhes do processo de aquisição de imagens pelo VANT. Fonte: Adaptado de Matthensen e Schmidt, 2014.

Para execução das missões foram estabelecidos os seguintes passos: 1) Programação da missão – onde é definido o trajeto do voo (sempre perpendicular à direção do vento) e pontos de controle onde serão tiradas as fotografias, 2) checklist de segurança – verificação se todos os procedimentos de segurança antes da decolagem foram atendidos, 3) decolagem – realizada por catapulta, 4) voo – execução pelo VANT da programação de voo pré-agendada, e, 5) pouso do VANT – retorno da aeronave ao solo (Figura 4).

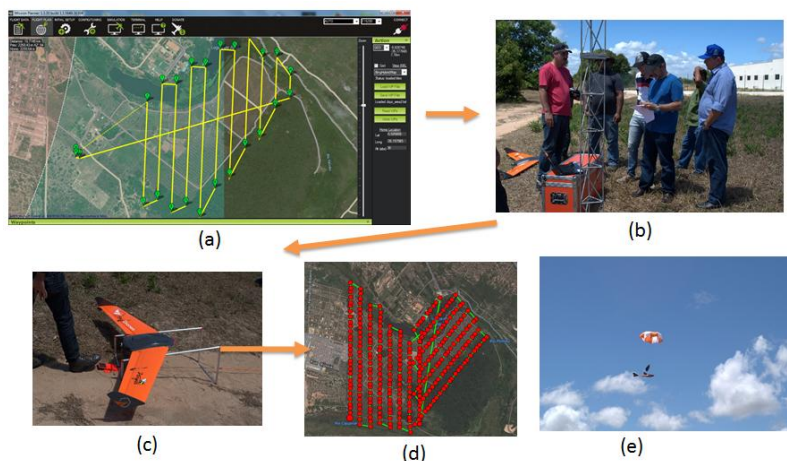


Figura 4. Preparação da missão e voo - Fases: Programação da missão (a), checklist de segurança (b), decolagem do VANT (c); voo (d), e, finalização da missão (pouso do VANT) (e).

Após a realização da missão, as fotografias individuais geradas no voo são georreferenciadas no software GeoSetter (Software livre) e processadas no software PIX4D (Figura 5), que é um software de fotogrametria avançada, adquirido no projeto, para geração de ortomosaicos, pontos de nuvens (Figura 6), Modelo Digital da Superfície (MDS) e o Modelo Digital do Terreno (MDT) com as referidas curvas de níveis. O PIX4D possui uma série de ferramentas de controle de qualidade que possibilitam a verificação da qualidade do mapeamento realizado com o VANT. A

Figura 7 apresenta o mapa de sobreposição resultado de um mapeamento processado no PIX4D. Áreas em vermelho e em amarelo indicam baixa sobreposição nos voos e consequentemente baixa qualidade dos resultados e em verde boa sobreposição e consequentemente boa qualidade dos resultados. Nota-se na figura que a área de interesse, que geralmente são as áreas centrais do voo, apresentou boa qualidade de resultados indicando que não serão necessários novos voos para corrigir distorções na área mapeada.

Os MDTs gerados no PIX4D alimentarão posteriormente o software HEC-RAS para a definição das distâncias entre as seções topobatimétricas, definição dos valores dos coeficientes de Manning, limite das margens, forma do canal e por fim na geração dos polígonos de inundação em alta resolução.



Figura 5. Processamento dos dados no PIX4D.

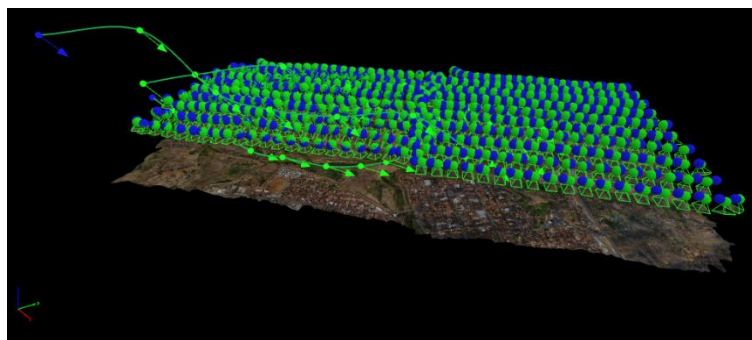


Figura 6. Nuvem de pontos geradas no software PIX4D.

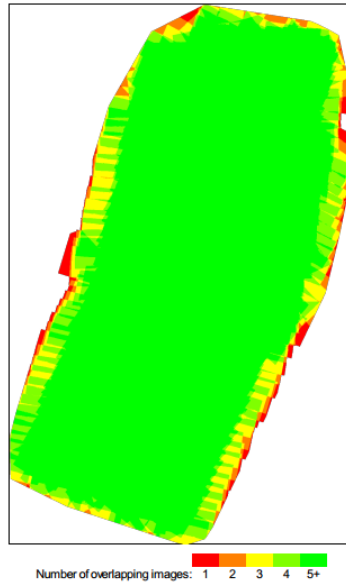


Figura 7. Mapa de sobreposição de voo – controle de qualidade do PIX4D.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas 5 viagens de campo, nos meses de abril, junho, julho e agosto de 2016, onde foram realizados um total de 45 voos, sendo 8 no município de Pendências-RN, 13 no município de Alto do Rodrigues-RN, 6 voos para Ipanguaçu-RN, 1 voo em Açu-RN, 2 voos em Jucurutu-RN, 2 voos em Jardim de Piranhas-RN, 2 voos em São Bento-PB, 2 voos em Pombal-PB, 8 voos em Souza-PB e 1 voo em Coremas-PB. A Figura 8 apresenta as cidades visitadas e algumas imagens da última viagem de campo que foi realizada em um período de 10 dias.

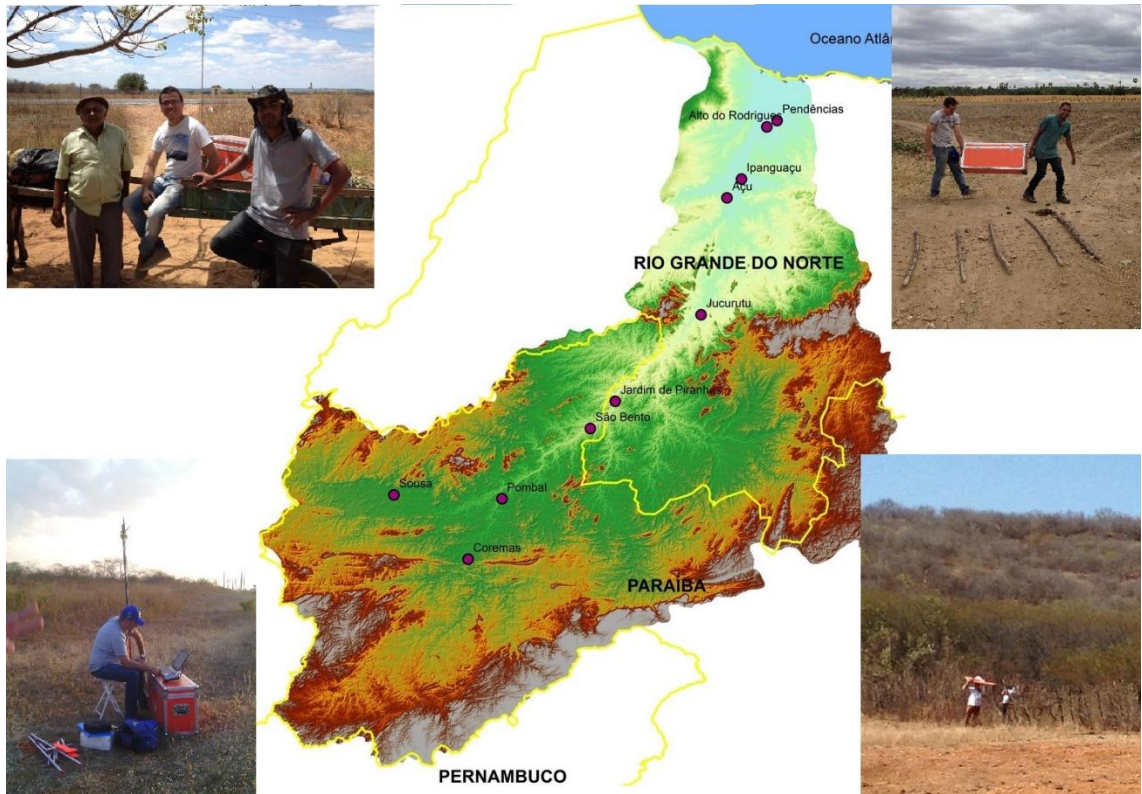


Figura 8. Detalhamento da última viagem de campo – período: 17 a 26/08/2016.

As Figuras 9, 10 e 11 apresentam o resultado do processamento dos 2 voos no município de Pombal-PB correspondendo a um mosaico de 464 fotografias obtidas pelo VANT. Nota-se que as áreas mais susceptíveis as inundações estão localizadas a margem esquerda do rio Piancó na parte central e superior da imagem onde a altimetria é mais baixa e onde há uma concentração maior de residências.



Figura 9. Ortomosaico de Pombal-PB.

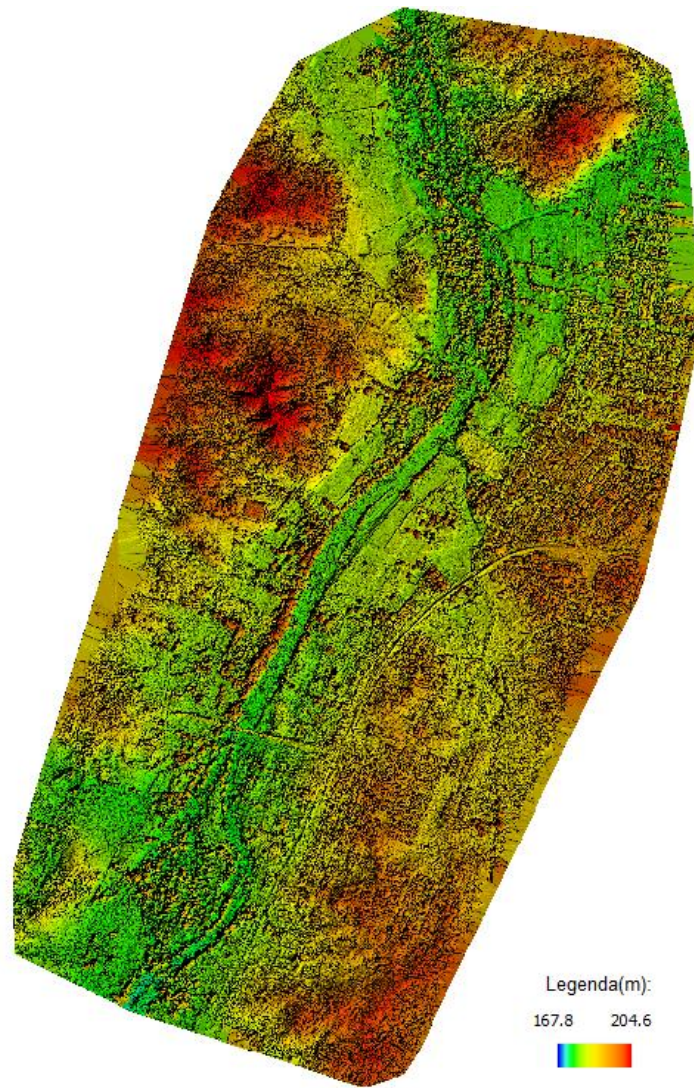


Figura 10. MDS de Pombal-PB.

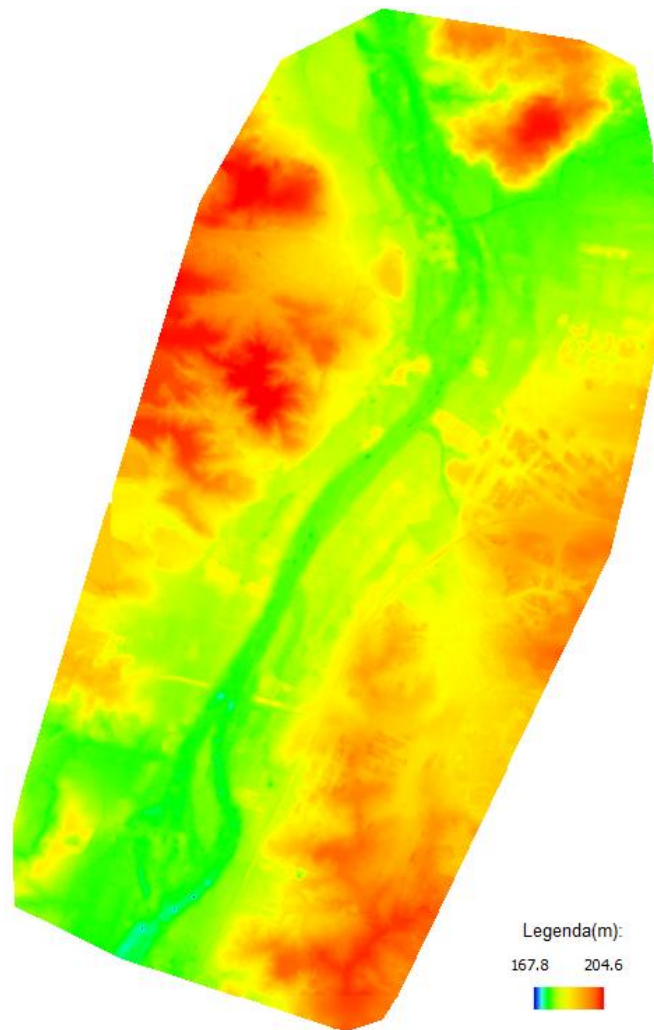


Figura 11. MDT de Pombal-PB.

Na Tabela 1, abaixo, são apresentados, por município, a área mapeada pelo VANT, a quantidade de fotografias utilizadas na construção dos mosaicos e o tempo computacional de processamento das imagens para a geração dos diversos produtos obtidos no PIX4D. O mapeamento englobou uma área total de 7525 ha, onde foram tiradas 6452 fotografias aéreas, o que exigiu um total de 7119 minutos (~119 horas) de processamento computacional em uma máquina com processador de 8 núcleos, 16GB RAM e GPU com 1024 núcleos CUDA.

Tabela 1. Detalhamento do mapeamento realizado em campo com o VANT.

Estado	Município	Área Mapeada (ha)	Quantidade Fotografias no Mosaico	Tempo de Processamento Imagens (min)
RN	Pendências	1321,38	1206	1341
	Alto do Rodrigues	1929,2	1840	2226
	Ipangaçu	1073,8	635	802
	Açu	249,88	205	227
	Jucurutu	438,63	392	485
	Jardim de Piranhas	517,9	492	404
PB	São Bento	272,74	234	286
	Pombal	511,23	464	314
	Souza	1109,92	911	915
	Coremas	100,54	73	119
Total		7525,22	6452	7119

CONCLUSÕES

Os resultados alcançados até o momento demonstram o alto potencial desta ferramenta para o mapeamento em alta precisão. Uma vez que se obtenha mapas de altimetria das planícies de inundação ao longo do rio com alta resolução e se agregue estas informações ao software de modelagem e simulação hidráulica, serão gerados polígonos de inundação com maior detalhe e precisão dos impactos e extensão das cheias na região. Isto possibilitará aos gestores públicos um planejamento mais acurado de medidas de mitigação dos impactos desses eventos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo financiamento da pesquisa e a concessão das bolsas de estudo. E a EMPARN pela viabilização da infraestrutura de locomoção para as viagens de campo.

REFERÊNCIAS

Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED) – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. (2011). **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Rio Grande do Norte**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED, UFSC, 49 p.

EM-DAT. (2014). **Emergency Database. OFDA/CRED – The Office of US Foreign Disaster Assistance/Centre for Research on the Epidemiology of Disasters** – Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Disponível em: <http://www.emdat.be/Database>. Acesso em fevereiro de 2014.

GROSSI, P.; KUNREUTHER, H. (2005). Introduction: Needs, Stakeholders, and Government Initiatives. In: **Catastrophe Modeling: A New Approach to Managing Risk**. Org. por GROSSI, P. e KUNREUTHER, H., Springer, ed., New York – EUA, pp. 3-21.

Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). (2009). Relatório de sobrevoo: Rio Piranhas-Açu (Executado em 12-05-2009). Natal, RN, 28 p.

LONGHITANO, G. A. (2010). VANTS para sensoriamento remoto: Aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2010.

MATTHESEN, A. W.; SCHMIDT, K. (2014). **Project Report: Terrain Modelling – DTM Generation using UAVs**. JENSEN, K. and JUHL, J. (Supervisors). Aalborg University, Department of Development and Planning Surveying and Mapping, 3rd semester, 2014, 162 p.

MUNARETTO, L. (2015). **VANTS e Drones: A aeronáutica ao alcance de todos**. Edição Independente, São José dos Campos, SP, 168 p.

TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (2009). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 196 p.

ZONEAMENTO TOPOCLIMÁTICO DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM MINAS GERAIS

Heitor Eduardo Ferreira Campos Morato Filpi¹, Hemlley Maria Acioli Imbuzeiro², Cibele Hummel do Amaral³, Alixandre Sanquetta Laporti Luppi⁴

¹Heitor Eduardo Ferreira Campos Morato Filpi, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, heitor.filpi@gmail.com; ²Hemlley Maria Acioli Imbuzeiro, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, hewlley@hotmail.com; ³Cibele Hummel do Amaral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, chamaral@ufv.br; ⁴Alixandre Sanquetta Laporti Luppi, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, alixandregeoinfo@gmail.com.

RESUMO: Foi realizado um zoneamento topoclimático de duas essências florestais: *Mimosa scabrella* (Benth) e *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. Ex Martius para subsidiar a tomada de decisão no que diz respeito ao aumento da eficiência dos plantios para recuperação de áreas degradadas e para fins de regularização ambiental no estado de Minas Gerais. As variáveis consideradas foram temperatura média anual, precipitação pluviométrica anual e altitude, conforme as exigências de cada espécie. Os resultados obtidos foram dois mapas de zoneamento topoclimático. Nos mapas, o território do Estado foi classificado em áreas mais favoráveis e menos favoráveis à sobrevivência de cada espécie. Os mapas de zoneamento foram sobrepostos ao mapa de uso e cobertura do solo de Minas Gerais, disponibilizado pelo IBGE. Foi verificado que 66,7% da área total ocupada por pastagens em Minas Gerais apresenta condições de temperatura, precipitação e altitude favoráveis à sobrevivência da espécie *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. Ex Martius. Já para a *Mimosa scabrella* (Benth) essa área foi equivalente à 24,5%. Os resultados observados mostraram que o zoneamento topoclimático atua como uma importante ferramenta durante o planejamento de projetos de recuperação de áreas degradadas e de regularização ambiental, uma vez que consideradas as tolerâncias topoclimáticas das espécies, seu estabelecimento e sobrevivência serão mais assegurados.

PALAVRAS-CHAVE: Regularização ambiental; Exigências topoclimáticas; Eficiência dos plantios.

TOPOCLIMATIC ZONING OF TREE SPECIES FOR RESTORING DEGRADED LANDS IN MINAS GERAIS

ABSTRACT: A topoclimatic zoning of tree species such as *Mimosa scabrella* (Benth) and *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. Ex Martius was carried out to provide strategic knowledge and improve efficiency of land restoration and environmental regulation in the State of Minas Gerais. The variables considered in the topoclimatic zoning were mean annual temperature, mean annual rainfall and altitude, according to each specie requirements. The main results were two topoclimatic maps that classified the State territory between areas more and less favorable for each specie to survive. The zoning maps were overlaid on the land use/cover map of Minas Gerais provided by IBGE. It was identified that 66,7% of the total area covered by grasslands in Minas Gerais have favorable conditions of temperature, rainfall and altitude for the survival of *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. Ex Martius, whereas for the specie *Mimosa scabrella* (Benth) this area comprises 24,5%. The results have shown that topoclimatic zoning represent an important tool during the planning stage in land restoration and environmental

regulation projects, since it considers all the topoclimatic conditions required by the species and contributes for its establishment and its survival.

KEY-WORDS: Environmental regulation; Species requirements; Efficiency of land restoration.

INTRODUÇÃO

De acordo com estudos realizados por Fernandes et al (2005), 70% da área do Estado de Minas Gerais apresenta alto índice de degradação. Na região do triângulo mineiro e Alto Paranaíba, em uma área equivalente a 5,35 milhões de hectares de pastagens, 53,2% foi classificado como altamente degradada (MAPA, 2015). A degradação do solo sob pastagem, além de comprometer o abastecimento dos lençóis freáticos, resulta na diminuição significativa da sua capacidade produtiva e da sua cobertura vegetal (Junior et al., 2013). Dessa forma, surge a necessidade de se buscar medidas que promovam a recuperação de áreas degradadas em Minas Gerais.

Dentre os diferentes métodos utilizados para a recuperação de áreas degradadas, a revegetação a partir de plantios heterogêneos de espécies florestais é uma estratégia fundamental para melhorar os atributos químicos e físicos do solo, estimular a atividade biológica e proporcionar refúgio para a biodiversidade animal (Ricci et. Al., 2006). Além disso, os plantios heterogêneos de espécies florestais também são importantes para fins de regularização ambiental. Segundo Ranieri (2012), no Brasil, o principal instrumento utilizado para a preservação ambiental é a exigência de manutenção da vegetação nativa nas Áreas de Preservação Permanente e nas áreas de Reserva Legal.

A crescente conscientização nos últimos anos e as obrigações previstas na legislação tem aumentado cada vez mais a demanda por projetos de recomposição florestal. Embora haja interesse das instituições privadas e de órgãos públicos em implantar projetos efetivos de recuperação ambiental, muitos projetos de reflorestamento heterogêneo acabam fracassando devido ao pouco conhecimento sobre a biologia e a ecofisiologia das espécies utilizadas (Carvalho, 2009).

Diante dos prejuízos que podem advir de plantios mal sucedidos, este trabalho tem como objetivo realizar um zoneamento topoclimático para delimitar regiões que sejam favoráveis à sobrevivência de duas essências florestais: *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. Ex Martius e *Mimosa scabrella* (Benth) com potencial uso na recuperação de áreas degradadas e na recomposição de flora no Estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do zoneamento, foram utilizados dados de temperatura média anual, precipitação pluviométrica anual e altitude. Os dados de temperatura e precipitação foram disponibilizados pela organização internacional WorldClim versão 1.4 (Hijmans et al, 2005), no formato “*raster*” com resolução espacial de 30 segundos de arco, equivalente a uma área de aproximadamente 0,86 km² pixel⁻¹. Os dados são referentes a uma série histórica de 50 anos (de 1950 a 2000) e foram interpolados utilizando-se como variáveis independentes, latitude, longitude e altitude.

Os valores de altitude foram provenientes do modelo digital de elevação, obtidos por meio de dados do radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Os dados altimétricos derivados do modelo digital foram disponibilizados pelo *United States Geological Survey* com resolução espacial de aproximadamente 30 metros. As imagens SRTM apresentavam-se no formato GEOTIFF (16 Bits) e foram mosaicadas para a

obtenção de uma única imagem com valores médios de altitude e suas respectivas coordenadas geográficas. As exigências de cada espécie quanto às condições de temperatura, precipitação e altitude, foram definidas a partir de revisão de literatura. Para cada variável ambiental, as classes foram estabelecidas com base nas características das regiões de ocorrência natural da espécie, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Exigências das espécies de acordo com as características de suas regiões de ocorrência natural (Carvalho, 2003; Carvalho, 2008).

Espécie	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Altitude (m)
<i>Mimosa scabrella</i>	13,2 - 21	1200 a 2300	De 350 a 2000
<i>Acrocomia aculeata</i>	20,9 – 25,6	900 a 1700	De 130 a 1740

Os procedimentos necessários para a geração dos mapas de zoneamento topoclimático foram realizados utilizando-se o software ArcGIS 10.3.1. De posse dos dados de temperatura, precipitação e altitude, aplicou-se a operação de reclassificação dos atributos através da ferramenta *Spatial analyst – Reclass*. Sequencialmente, através da ferramenta *Map algebra – Raster calculator*, foi feito o cruzamento dos mapas em função binária, seguindo-se a lógica booleana, originando-se os mapas de zoneamento topoclimático de cada espécie. As regiões que apresentavam condições de temperatura, precipitação e altitude em conformidade com as exigências da espécie foram classificadas como regiões mais favoráveis à sobrevivência da espécie, enquanto que as demais regiões foram classificadas como menos favoráveis à sobrevivência da espécie.

Após a elaboração dos mapas de zoneamento topoclimático, utilizou-se do mapa de uso e cobertura do solo de Minas Gerais, disponibilizado pelo IBGE na escala de 1:5.000.000, referente ao censo Agropecuário de 2006, para identificar a proporção de áreas no Estado, ocupadas por pastagens, que apresentam condições favoráveis à sobrevivência das espécies.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho foram mapas de zoneamento topoclimático referentes às espécies *Acrocomia aculeata* e *Mimosa scabrella*. Os mapas, apresentados nas Figuras 1 e 2, indicam regiões no estado onde as condições de temperatura, precipitação e altitude são mais favoráveis à sobrevivência de cada espécie.

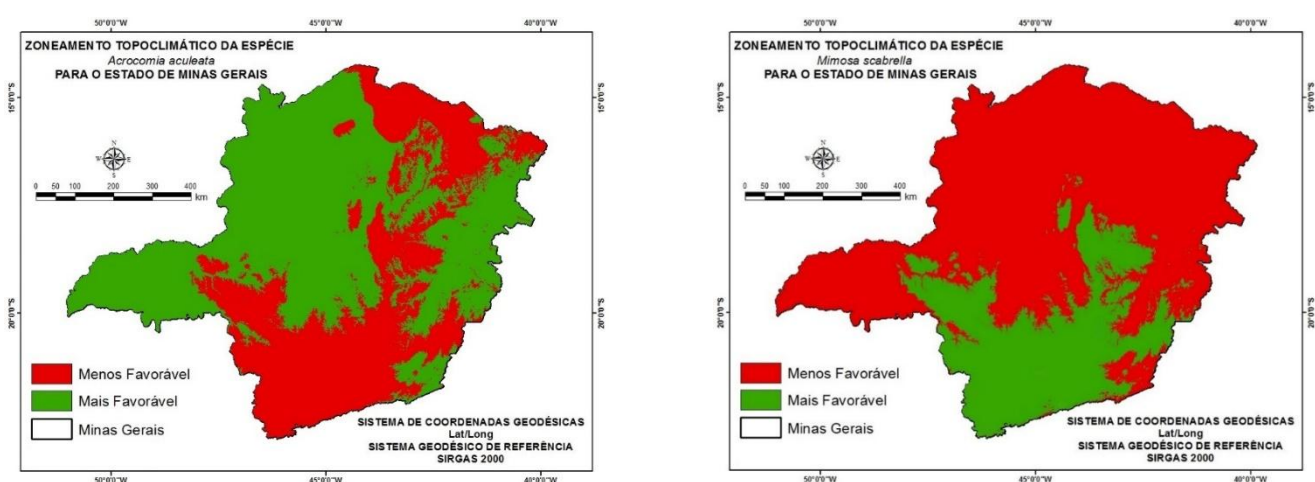


Figura 1. Zoneamento topoclimático para a espécie *Acrocomia aculeata* no Estado de Minas Gerais.

Nos mapas de zoneamento topoclimático, nota-se que apesar de ambas as espécies pertencerem à flora nativa de Minas Gerais, nem todas as regiões do Estado apresentam condições favoráveis à sobrevivência das espécies. As áreas classificadas como mais favoráveis à sobrevivência da *Mimosa scabrella*, por exemplo, ocorrem predominantemente em regiões mais ao sul do estado, onde o clima é mais frio e mais úmido. Já a *Acrocomia aculeata*, mostrou-se mais adaptada às regiões de temperaturas mais elevadas e clima mais seco. Para essa espécie, as áreas mais favoráveis à sobrevivência encontram-se nas regiões Centro-Oeste e Noroeste do estado, coincidindo diretamente em áreas onde predominam as formações de Cerrado.

Com relação à sobreposição dos mapas de zoneamento topoclimático com o mapa de uso e cobertura do solo, os resultados obtidos mostram que a proporção de áreas ocupadas por pastagens, em Minas Gerais, que apresentam condições de temperatura, precipitação e altitude favoráveis à sobrevivência da *Acrocomia aculeata* e da *Mimosa scabrella* equivale, respectivamente, a 66,7% e 24,5%. Considerando o alto índice de degradação em que boa parte das pastagens no Estado se encontra, verifica-se, portanto, que extensas áreas de pastagens degradadas em Minas Gerais apresentam condições topoclimáticas favoráveis à sobrevivência das espécies selecionadas (Fernandes et al., 2005).

CONCLUSÕES

Para ambas as espécies selecionadas foram identificadas áreas, em Minas Gerais, onde as condições de temperatura, precipitação e altitude são favoráveis à sua sobrevivência. Dessa forma, as zonas topoclimáticas podem auxiliar o planejamento de

plantios para a recuperação de áreas degradadas e para fins de regularização ambiental. No entanto, existem outras variáveis, como tipo de solo e deficiência hídrica, que também são determinantes na distribuição e sobrevivência de espécies florestais. Tais fatores devem ser considerados em futuros esforços.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. S. R. **Ecofisiologia da Germinação de Sementes de Espécies Ombrófilas e Heliófilas da Floresta Tropical Atlântica**. 2009. 72 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Vol. III Brasília: Embrapa Florestas, Colombo, 2008. 593 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Vol. I Brasília: Embrapa Florestas, Colombo, 2003. 1039 p.

FERNANDES, E. A.; CUNHA, N. R. D. S.; SILVA, R. G. D. Degradação ambiental no estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 179-198, 2005.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**: revisão 2013. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 08 Jun. 2016.

JÚNIOR, P. R. D. R.; GUIMARÃES, G. P.; SILVA, V. M. Degradação de pastagens brasileiras e práticas de recuperação. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer-Goiânia**, v. 9, n. 17, p. 952-968, 2013.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estado da Arte das Pastagens em Minas Gerais**. 2015. Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.sistemafaemg.org.br>>. Acesso em: 10 Jun. 2016.

RANIERI, V. E. L. **Reservas legais: critérios para localização e aspectos de gestão**. São Carlos, 2004. 144 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.

RICCI, M. D. S. F.; COSTA, J. R.; PINTO, A. N.; SANTOS, V. L. D. S. Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 569-575, 2006.

DIAGNÓSTICO DA AGRICULTURA IRRIGADA NO EXTREMO OESTE BAIANO

Daniel Pereira Guimarães¹, Elena Charlotte Landau², Maria Carolina Braga Santos³, Klênia Karoline de Paula Rosa⁴

¹Engenheiro Florestal, D. Sc. Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, daniel.guimaraes@embrapa.br; ² Bióloga, D. Sc. Pesquisadora, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, charlotte.landau@embrapa.br; ³Estudante graduação, UNIFEMM, Sete Lagoas, MG, maria.santos@alunos.unifemm.edu.br; ⁴Estudante graduação, UFSJ, Sete Lagoas, MG, klenia31@yahoo.com.br;

RESUMO: A mesorregião do Extremo Oeste Baiano está inserida nos Cerrados Nordestinos, constituindo a última fronteira de expansão agropecuária no Brasil. Em 2016 foram identificados 1550 pivôs centrais de irrigação e uma área potencialmente irrigável de 165655,7 hectares distribuídas por 17 municípios. São Desidério e Barreiras concentram a metade da área irrigada na região. Cerca de 10% dos pivôs centrais estão instalados em áreas formadas por Neossolos Quartzarênicos. Existe uma tendência de instalação dos equipamentos de irrigação em áreas com maiores índices pluviométricos, que correspondem às áreas de recarga do Aquífero Urucuia. O máximo consumo de água no final do período das chuvas foi observado em 2015, com uma vazão equivalente a 43,5 m³/s e, no final do período de estiagem, esse valor foi reduzido para 22,1 m³/s.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, pivôs centrais, aquífero Urucuia.

Diagnosis of irrigated agriculture in the Extreme West of Bahia region.

ABSTRACT: The mesoregion *Extremo Oeste Baiano* is in the Northeastern *Cerrados*, constituting the last frontier of agricultural expansion in Brazil. In 2016, 1550 central irrigation pivots and a potentially irrigable area of 165,655.7 hectares were identified in 17 municipalities. *São Desidério* and *Barreiras* concentrate half of the irrigated area in this region. Nearly 10% of the central pivots are installed in areas formed by Quartzarenic Neosols. There is a trend towards the installation of irrigation equipment in areas with higher rainfall indexes, which correspond to the recharge areas of the Urucuia Aquifer. The maximum water consumption at the end of the rainy seasons was observed in 2015, with a flow equivalent to 43.5 m³/s and, at the end of the dry season, this value was reduced to 22.1 m³/s.

KEY-WORDS: Irrigation, central pivots, Urucuia Aquifer.

INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro, de acordo com estimativas da Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária (CNA), representa atualmente cerca de 23% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Além da forte importância no mercado interno, o setor agropecuário desempenha papel importante no saldo comercial do comércio exterior do país. O crescimento do setor agropecuário se dá pelo avanço tecnológico e abertura de novas fronteiras agrícolas. As áreas cobertas pelos cerrados nordestinos apresentam rápida expansão da agropecuária e constituem a última fronteira de expansão agrícola no Brasil. FONTES et al. (2012) mostram o grande potencial de desenvolvimento do agronegócio na região, tendo em vista as condições climáticas e de relevo,

especialmente nos sistemas de produção relacionados com a soja e algodão. Conforme SALMONA et al. (2016), entre 2002 e 2010 o avanço da fronteira agrícola no oeste baiano foi responsável pelo desmatamento de uma área de um milhão de hectares. MOREIRA (2013) reporta os impactos ambientais ocasionados pelo avanço da fronteira agrícola sobre a qualidade e oferta de recursos hídricos em Barreiras, BA. FREITAS et al. (2014) informam que os solos ocorrentes na mesorregião do Extremo Oeste Baiano apresentam capacidades limitadas de retenção hídrica e fornecimento de nutrientes para as plantas. BUAINAIN e GARCIA (2016) chamam a atenção para a tendência da redução da população rural, das produtividades agrícolas superiores às médias nacionais e à forte expansão do cultivo da soja. A disponibilidade hídrica do aquífero Urucua é essencial para o desenvolvimento da região, desde que atenda os princípios da sustentabilidade ambiental. Este trabalho busca analisar a tendência de crescimento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Extremo Oeste Baiano tendo em vista as condições dos solos,

MATERIAL E MÉTODOS

A crescente demanda pela água de irrigação e agroindustrial vem comprometendo a disponibilidade hídrica para a outorga no Extremo Oeste Baiano, especialmente na bacia do Rio Grande, principal fonte hídrica da região (Barbosa, et al. 2014). A exploração de água de aquíferos subterrâneos apresenta enorme potencial para a agricultura irrigada mas depende de cuidados especiais para garantir a sustentabilidade ambiental. Um exemplo típico é o aquífero *Ogallala*, nas grandes planícies americanas, cuja exploração efetuada por cerca de 160 mil poços, aproximadamente um poço a cada 250 hectares, vem demandando técnicas eficientes de manejo dos recursos hídricos em função da tendência observada de redução de suas águas subterrâneas.

Projeto de pesquisa desenvolvido pela Embrapa em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA) vem efetuando o mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Brasil a partir da interpretação de imagens de satélite *Landsat 8* e *Sentinel 2* desde 2013. Levantamentos quinquenais entre 1985 e 2010 foram realizados usando as imagens de satélite do *Landsat 5*. A identificação dos pivôs instalados na área de estudo foi efetuada pela interseção entre as *shapefiles* correspondentes ao levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais para o Estado da Bahia e a Mesorregião do Extremo Oeste Baiano conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O diagnóstico da agricultura irrigada na região envolveu os seguintes procedimentos:

- Análise da tendência de crescimento da agricultura irrigada por pivôs centrais entre 1985 e 2016 a partir de mosaicos de imagens de satélite da região. O cálculo da área dos pivôs centrais envolveu a transformação dos arquivos vetoriais para o formato UTM (*Universal Transverse Mercator*) e *Datum* WGS-84, para o uso do aplicativo *Calculate Polygon Areas* do software MapWindow (www.mapwindow.org).

- Relacionamento entre as áreas irrigadas e a rede hidrográfica da região, tendo em vista os cursos d'água permanentes e temporários disponibilizados no formato vetorial pelo Instituto de Geologia da Universidade Federal da Bahia (<http://www.twiki.ufba.br>) a partir dos levantamentos do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.

- Localização das áreas irrigadas em relação ao tipo de solo. Empregou-se o mapa de solos da Bahia disponibilizado no formato pdf (*Portable Document Format* da Adobe) pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA -

<http://www.inema.ba.gov.br>) na escala de 1:1250000. O procedimento envolveu a conversão para o formato *raster*, georreferenciamento e imputação de atributos dos solos na camada vetorial correspondente às áreas irrigadas.

- Relacionamento das áreas irrigadas com a precipitação média anual. A espacialização das chuvas no Extremo Oeste Baiano foi realizada a partir da base de dados pluviométricos CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station*), série histórica semi-global de 35 anos contendo dados diários com resolução espacial de 5 km combinando informações obtidas de estações meteorológicas e satélites (FUNK et al. 2015).

- Identificação dos pivôs ativos (plantados) no final dos meses de abril (final da estação chuvosa) e setembro (final do período de estiagem) e teve como base o Índice de Vegetação Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index – NDVI*) conforme ROUSE et al. (1973), sendo obtido através da análise da relação de refletividade envolvendo as bandas do infra-vermelho próximo (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V) a partir da fórmula 1:

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad 1$$

As análises envolveram imagens do sensor *Modis* (MOD13Q1 disponibilizado em <https://earthexplorer.usgs.gov/>) instalado no satélite TERRA, obtidas entre 2001 e 2016. As imagens selecionadas correspondem às datas de aquisição referentes aos dias 23 de abril e 30 de setembro. Foram considerados ativos os pivôs centrais com índices de vegetação (NDVI) superiores a 0,60, e a extração de valores das imagens para as áreas delimitadas pelos pivôs centrais foi efetuada pelo *plugin Zonal Statistics* do software livre *Quantum Gis* (QGIS).

- Análise comparativa entre o consumo de água pela agricultura irrigada por pivôs centrais e a disponibilidade hídrica da rede hidrográfica da região. O consumo de água nos meses de abril e setembro foi determinado pela área plantada dos pivôs previamente identificados em relação à demanda de água definida pela evapotranspiração potencial determinada pelo método Penman-Monteith-FAO (PM-FAO). A base de dados empregada para a determinação da evapotranspiração refere-se à GDAS, *Global Data Assimilation System*, disponibilizada pelo NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration* desde 2001. Essa base de dados é usada como *input* do modelo de previsão de tempo (*Global Forecast System - GFS*) do NCEP - *National Center for Environmental Prediction*.

A disponibilidade hídrica foi determinada a partir das vazões dos principais rios que compõem a rede hidrográfica da região: Carinhanha, Corrente, Grande e Preto. As bases de dados das estações fluviométricas foram obtidas do sistema HidroWeb da Agência Nacional de Águas – ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br>).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a distribuição das áreas irrigadas por pivôs centrais no Extremo Oeste Baiano em 2016, onde foram identificados 1.550 equipamentos de irrigação e uma área irrigável de 165.655,7 hectares, distribuídas por 17 municípios.

Tabela 1. Estatísticas da agricultura irrigada por pivôs centrais nos municípios do Extremo Oeste Baiano em 2016.

Município	Área	N	%
São Desidério	43462,9	408	26,2
Barreiras	39421,1	377	23,8
Jaborandi	22584,6	199	13,6
Luís Eduardo Magalhães	17887,7	199	10,8
Riachão das Neves	13826,0	66	8,3
Côcos	10984,5	102	6,6
Correntina	8729,8	86	5,3
São Félix do Coribe	2592,1	38	1,6
Santana	2516,6	30	1,5
Formosa do Rio Preto	1624,9	15	1,0
Outros*	2025,5	30	1,2
Total	165655,7	1550	100

* Coribe, Cotegipe, Santa Maria da Vitória, Santa Rita de Cássia, Wanderley, Baianópolis e Catolândia.

Verifica-se que a metade da área irrigada por pivôs centrais no Extremo Oeste Baiano localiza-se em apenas 2 municípios: São Desidério e Barreiras. A Figura 1 mostra a tendência de crescimento da agricultura irrigada por pivôs centrais na região. A tendência crescente da atividade na região reflete o bom desempenho da agricultura brasileira, tanto no mercado interno quanto na geração de *commodities* para exportação, especialmente relacionadas às culturas da soja, milho e café. A concentração dos equipamentos de irrigação em áreas com altitudes superiores a 750 metros contribui para condições mais amenas de temperatura, menores perdas por transpiração das plantas e redução nas taxas de evapotranspiração. O acesso à água superficial e subterrânea também contribui para a expansão da agricultura irrigada na região.

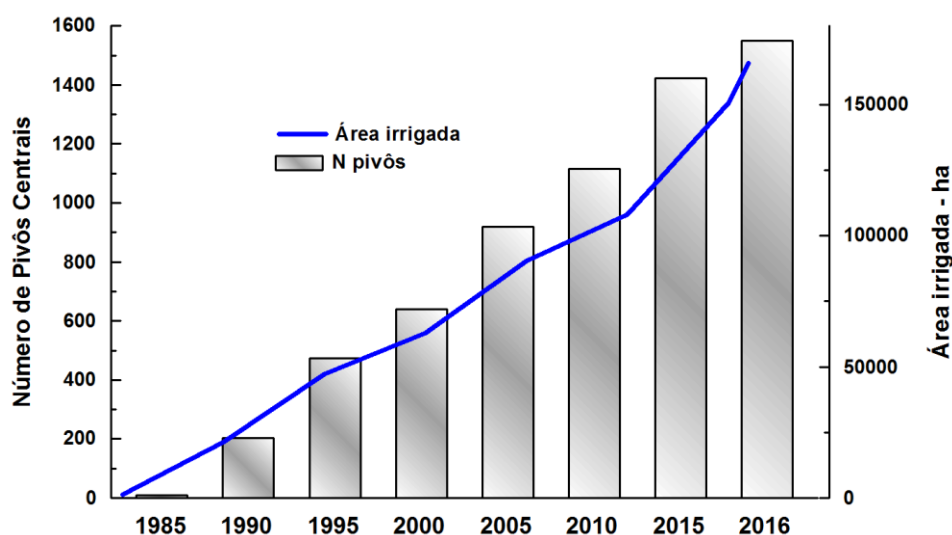


Figura 1. Tendência de crescimento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Extremo Oeste Baiano.

A Figura 2 mostra a localização dos pivôs centrais no Extremo Oeste Baiano em 2016 em relação à rede hidrográfica da região. Observa-se que a maioria dos pivôs

centrais está localizada próxima das nascentes e das áreas de recarga do Aquífero Urucuia. O grande número de cursos d'água intermitentes evidencia a importância da pluviometria e do nível do lençol freático para a manutenção da rede hidrológica local.

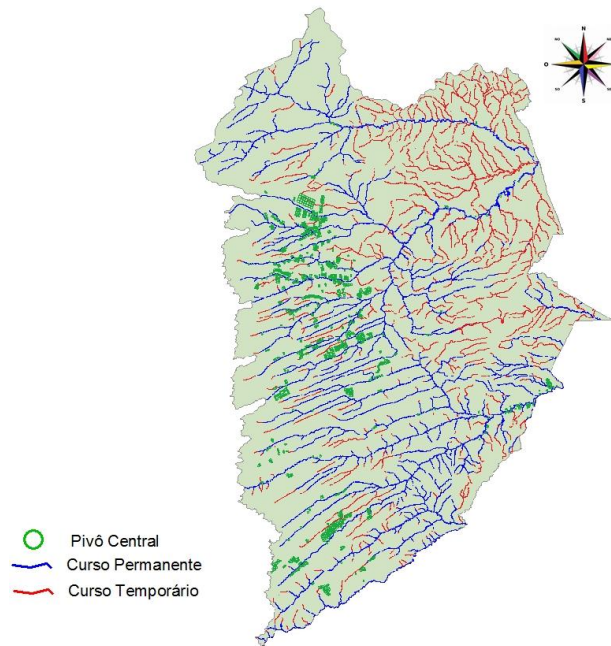


Figura 2. Distribuição espacial dos pivôs centrais de irrigação no Extremo Oeste Baiano em relação à rede hidrográfica local.

A associação entre as áreas irrigadas por pivôs centrais e os solos predominantes no Extremo Oeste Baiano é apresentada na Figura 3.

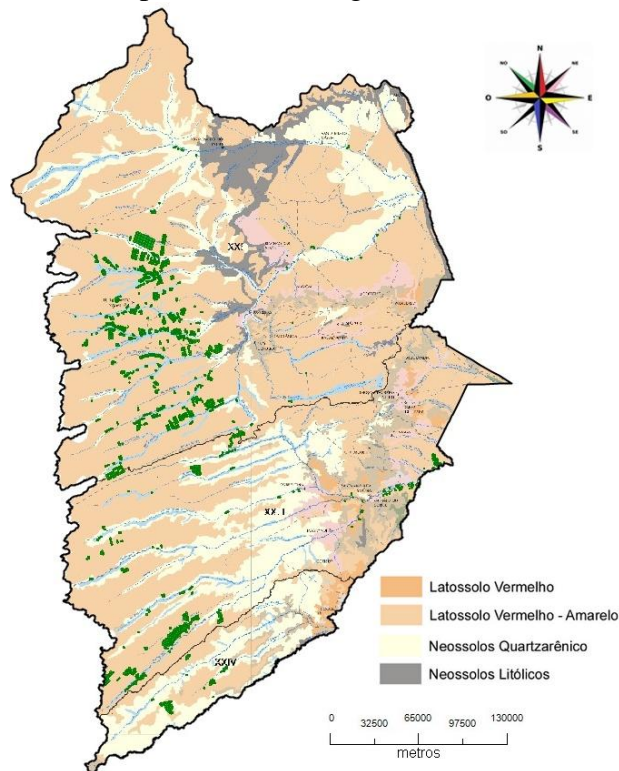


Figura 3. Distribuição espacial dos pivôs centrais de irrigação no Extremo Oeste Baiano em 2016 em função das classes de solos.

A Figura 4 mostra a tendência de crescimento dos pivôs centrais em áreas de latossolos e de Neossolos Quartzarênicos (Areia Quartzosa). Verifica-se que aproximadamente 10% dos equipamentos de irrigação estão localizados sobre áreas formadas por Neossolos Quartzarênicos caracterizados pela textura altamente arenosa, ocorrentes próximos aos cursos d'água e sujeitos à poluição por agrotóxicos e lixiviação de nitratos. Verifica-se a tendência de aumento das áreas irrigadas em áreas com ocorrência de latossolos, também caracterizados pelo alto teor de areia e altamente afetados pelas práticas agrícolas com tendência à compactação superficial (FONTANA et al. 2016).

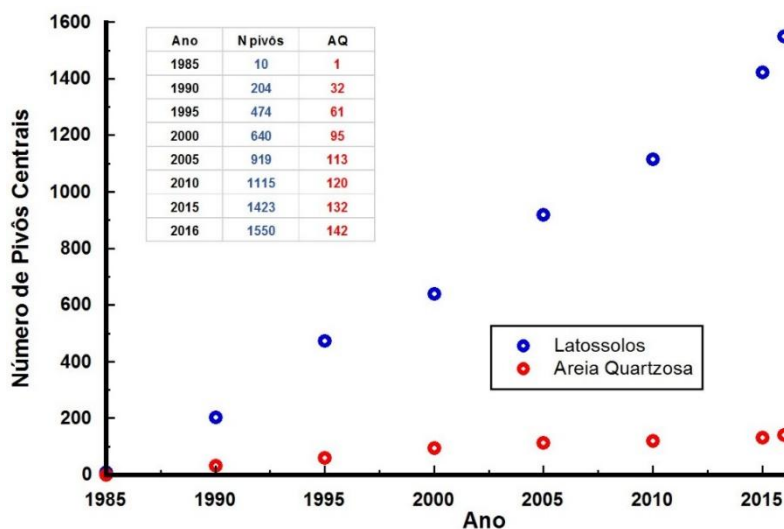


Figura 4. Tendência de crescimento dos pivôs centrais no Extremo Oeste Baiano e ocorrência de equipamentos instalados em Latossolos e Neossolos Quartzarênicos.

A Figura 5 apresenta a distribuição espacial da agricultura irrigada na região em função da precipitação média anual. Verifica-se que as áreas irrigadas ocorrem nas regiões com maiores índices pluviométricos.

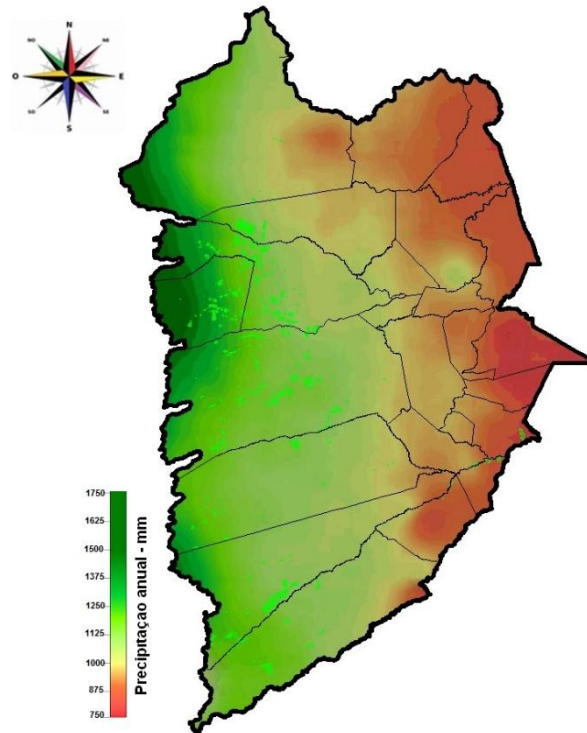


Figura 5. Distribuição espacial dos pivôs centrais no Extremo Oeste Baiano em função da precipitação média anual.

A Figura 6 mostra a tendência de distribuição dos pivôs centrais em áreas com precipitações pluviométricas acima de 1000 mm/ano. Ao longo do tempo, as áreas irrigadas localizadas em zonas de baixa precipitação anual se encontram nas proximidades de cursos d'água perenes com a tomada de água para irrigação feita diretamente nos corpos hídricos como no Rio Corrente. Esses resultados reforçam a indicação de pressão das áreas irrigadas sobre as áreas de recarga do Aquífero Urucuia.

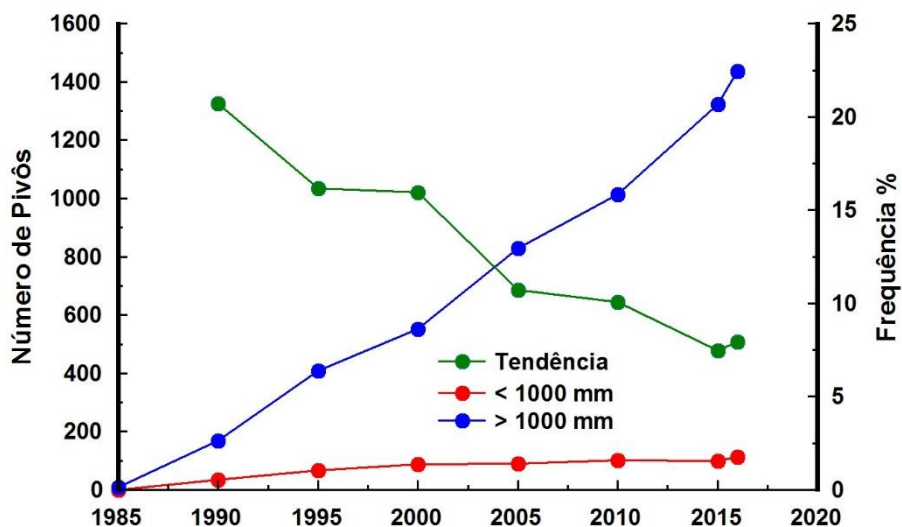


Figura 6. Tendência de crescimento da agricultura irrigada no Extremo Oeste Baiano em função da precipitação média anual.

A Tabela 2 mostra as áreas ocupadas por pivôs centrais entre os anos de 2000 e 2016, o percentual das áreas efetivamente plantadas nos meses de abril e setembro (Índice de Vegetação NDVI > 0,6) e o consumo de água necessário para repor as perdas determinadas pela evapotranspiração potencial no Extremo Oeste Baiano.

Tabela 2. Crescimento da agricultura irrigada, percentual das áreas efetivamente plantadas e demanda hídrica pelos pivôs centrais no Extremo Oeste Baiano.

Ano	Área Irrigada	Abril %	Setembro %	Água Abril	Água Setembro
2000	62943	48,7	18,8	14,3	7,6
2005	90399	57,3	24,5	24,2	14,2
2010	108226	52,4	16,2	26,5	11,2
2015	150751	61,8	13,4	43,5	12,9
2016	165656	48,5	20,9	37,5	22,1

Os resultados evidenciam o manejo da irrigação visando aumentar as áreas irrigadas nas épocas de maior oferta hídrica (final do período chuvoso – mês de abril) e redução das áreas plantadas nas épocas de maiores déficits hídricos (final do período de estiagem – mês de setembro). O máximo consumo de água para o mês de abril ocorreu em 2015 com uma vazão correspondente de 43,5 m³/s e para o mês de fevereiro este se deu no ano de 2016 com um consumo da ordem de 22,1 m³/s. Estes resultados indicam uma maior conscientização dos produtores irrigantes em limitar o uso da água nos períodos críticos, o que poderá indicar maiores facilidades de gestão do uso da água em função da disponibilidade sazonal dos recursos hídricos.

A Tabela 3 mostra a vazão média mensal dos principais cursos d'água do Extremo Oeste Baiano sendo o Rio Grande é o principal curso d'água da região. MOREIRA & SILVA (2010) relatam que a disponibilidade hídrica para fins de outorga do rio Grande no município de Barreiras é de apenas 28,6 m³/s em Barreiras, segundo município com maior concentração de área irrigada na região.

Tabela 3. Vazões médias mensais dos principais rios do Extremo Oeste Baiano.

Mês	Carinhanha	Corrente	Grande	Preto	Total
1	85,8	247,9	332,2	8,7	675
2	81,8	238,7	342,7	8,7	672
3	82,6	231,6	332,9	8,6	656
4	69,9	217,9	313,6	10,1	612
5	56,1	189,1	257,6	10,2	513
6	52	174,7	221,7	12,8	461
7	49,6	168,1	208	15,4	441
8	47,1	162,3	198,4	15	423
9	46,2	158,4	190,9	12,3	408
10	50,8	171,6	204,2	10,2	437
11	70,6	208,8	248,8	10,4	539
12	89,5	248,2	304,2	10,6	653

Embora o uso da água para irrigação seja considerado baixo em comparação com a oferta hídrica da região sob condições normais, verifica-se que esta pode ser bastante expressiva em períodos de estiagem. De acordo com o monitoramento do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS - <http://www.ons.org.br>), o volume de água afluente na represa de Sobradinho no início de junho de 2017 era de apenas 450 m³/s com tendência de agravamento durante o período de estiagem na região do Alto São Francisco cujo período das chuvas tem início apenas no início do mês de outubro.

CONCLUSÕES

- A agricultura irrigada por pivôs centrais na mesorregião do Extremo Oeste Baiano apresenta tendência de crescimento e, em 2016, foram identificados 1550 equipamentos de irrigação, com potencial de irrigação de 165.656 hectares.

- Os municípios de São Desidério e Barreiras concentram a metade da área irrigada na região.

- Cerca de 10% dos pivôs centrais estão instalados em áreas formadas por Neossolos Quartzarênicos, caracterizados pela textura altamente arenosa, ocorrentes próximos aos cursos d'água e sujeitos à poluição por agrotóxicos e lixiviação de nitratos.

- Existe a tendência de instalação dos equipamentos de irrigação em áreas com maiores índices de precipitação, localizadas nas áreas de recarga do Aquífero Urucuia.

- Os produtores irrigantes procuram concentrar suas atividades nos períodos de maior oferta hídrica e muitos equipamentos ficam inativos durante a estiagem na região.

- O máximo consumo de água no final do período das chuvas foi observado em 2015 com uma vazão equivalente de 43,5 m³/s e no final do período de estiagem esse valor foi reduzido para 22,1 m³/s.

- A sustentabilidade da agricultura irrigada na região do Extremo Oeste Baiano depende da garantia de recarga do Aquífero Urucuia, manejo racional da irrigação e de procedimentos que minimizem os riscos de poluição dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, N. S.; LEAL, L. R. B.; SANTOS, R. L. S.; MELLO, J. C. Caracterização Hidro-Litoestratigráfica do Sistema Aquífero Urucuia com base em perfis geofísicos de poços. In: XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2014, Belo Horizonte-MG. XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2014.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Crescimento da agricultura no cerrado nordestino: fatores condicionantes, limites e resultados socioeconômicos. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade. Brasília, DF: Ipea, 2016. cap. 4, p. 109-139. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160725_agricultura_trasmformacao_produtiva.pdf>. Acesso em: 5 de maio 2017.

FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.; BALIEIRO, F. C.; MOURA, T. P. A.; MENEZES, A. R.; SANTANA, C. I. Características e atributos de Latossolos sob diferentes usos na região Oeste do Estado da Bahia. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.51, n.9, p.1457-1465, set. 2016.

FONTES, E. O.; GÓES, L. M.; PEREZ FILHO, A.; MOREAU, A. M. S. S.

Potencialidades do sistema físico ambiental do território da soja e do algodão, Extremo Oeste da Bahia – Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.2, N.4, p.607 – 621, 2012.

FREITAS, P. L.; POLIDORO, J. C.; SANTOS, H. G.; PRADO, R. B.; CALDERANO, S. B.; GREGORIS, G.; MANZATTO, C. V.; DOWICH, I.; BERNARDI, A. C. C. Identificação e caracterização físico-química de latossolos de textura arenosa e média da Região Oeste da Bahia. **Cadernos de Geociências**, v. 11, n. 1-2, nov. 2014.

FUNK, C., PETERSON, P., LANDSFELD, M., PEDREROS, D., VERDIN, J., SHUKLA, S.; MICHAELSEN, J. The climate hazards infrared precipitation with stations - a new environmental record for monitoring extremes. **Scientific data**, v.2, p.150066, 2015.

MOREIRA, M. C.; SILVA, D. D. Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande. Barreiras, BA: Editora Gazeta Santa Cruz. 2010. 77p.

MOREIRA, Tiago de Almeida. Riscos ambientais e modernização agrícola: o caso da depleção dos recursos hídricos em Barreiras, BA. 2013. 103 f., il. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

OLIVEIRA, L. T.; VILLAR, P. C. Análise de agrotóxicos na Região Oeste da Bahia e breve reflexão sobre a mobilidade de resíduos. In: XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2014, Belo Horizonte-MG. XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2014.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Proceedings of III ERTS Symposium, NASA SP - 351, NASA, Washington, DC, vol. 1, p. 309- 317. 1973.

SALMONA, Y. B.; PAIVA, A. O.; MATRICARDI, E. A. T. Estimativas futuras de desmatamento e emissões de CO₂ equivalente no Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, nº 68/7, p. 1385-1395, 2016.

IDENTIFICAÇÃO DAS MUDANÇAS NA COBERTURA VEGETAL NO MUNICÍPIO DE ARCOVERDE-PE POR MEIO DE IMAGENS ORBITAIS

Jhon Lennon Bezerra da Silva ¹, José Diorgenes Alves Oliveira ², Geber Barbosa de Albuquerque Moura ³, Pedro Henrique Dias Batista ⁴, Bruno Eduardo Alves Barros ⁵

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola – PGEA/UFRPE, Recife, Pernambuco, E-mail: jhonlennoigt@hotmail.com; ² Doutorando em Engenharia Agrícola – PGEA/UFRPE, Recife, Pernambuco, E-mail: josediorgenes@gmail.com; ³ Doutor, Professor, Departamento de Agronomia – DEPA/UFRPE, Recife, Pernambuco, E-mail: geber@depa.ufrpe.br; ⁴ Mestrando em Engenharia Agrícola – PGEA/UFRPE, Recife, Pernambuco, E-mail: giga_pedro@hotmail.com; ⁵ Mestrando em Engenharia Agrícola – PGEA/UFRPE, Recife, Pernambuco, E-mail: beduardo@outlook.com.

RESUMO: Nos últimos anos com o avanço do sensoriamento remoto baseado em imagens de satélite ou de outras plataformas, tornou-se possível o monitoramento de diferentes e grandes áreas dos diversos biomas existentes no mundo. O objetivo do trabalho foi identificar mudanças nas condições da cobertura vegetal do município de Arcoverde-PE, a partir de análises espectrais de imagens do satélite Landsat-8 OLI/TIRS, por meio de técnicas de sensoriamento remoto. Foram utilizadas as respectivas datas 10/12/2013, 14/01/2015 e 12/08/2016 onde foram processadas a partir do software ERDAS imagine, versão 9.1. Os mapas temáticos do albedo da superfície, índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e índice de vegetação ajustado aos efeitos do solo (SAVI), foram processadas pelo software ArcGis 10.2.2. O albedo da superfície e os índices de vegetação identificaram satisfatoriamente o comportamento da vegetação circundante no município de Arcoverde, destacando-se como indicadores de áreas com solo exposto.

PALAVRAS-CHAVE: Albedo da superfície, índices de vegetação, semiárido.

IDENTIFICATION OF CHANGES IN PLANT COVERAGE IN ARCOVERDE-PE TOWN BY ORBITAL IMAGES

ABSTRACT: In recent years with the advancement of remote sensing based on satellite imagery or other platforms, it has become possible to monitor different and large areas of the various biomes in the world. The objective of this work was to identify changes in the vegetation cover conditions of the Arcoverde-PE town, using spectral analyzes of Landsat-8 OLI / TIRS satellite images using remote sensing techniques. The respective dates 10/12/2013, 01/14/2015 and 12/08/2016 were used where they were processed from the software ERDAS imagine, version 9.1. The surface albedo themed maps, normalized difference vegetation index (NDVI) and soil-adjusted vegetation index (SAVI) were processed by ArcGis 10.2.2 software. The surface albedo and vegetation indexes satisfactorily identified the behavior of the surrounding vegetation in the municipality of Arcoverde, highlighting as indicators of areas with exposed soil.

KEYWORDS: Surface Albedo, vegetation index, semi-arid.

INTRODUÇÃO

As evidentes alterações no clima local das regiões semiáridas estão cada vez mais preocupantes. São contínuos os períodos de estiagem e seca, a escassez de água se

faz cada vez mais presente, todavia têm-se à preocupação diante do monitoramento dos recursos naturais, devido, principalmente, ao aspecto hídrico. As mudanças causadas nos cenários da vegetação natural dessas regiões estão atreladas a vários fatores, principalmente aos antrópicos.

O homem desenvolveu ferramentas capazes de auxiliar na análise da dinâmica da superfície terrestre, como o uso das imagens de satélite por meio do sensoriamento remoto, na perspectiva de se obter maior controle sobre o meio (ARAÚJO; FONSECA, 2016). Diante disso, nos últimos anos com o avanço dessa ferramenta, tornou-se possível o monitoramento de diferentes e grandes áreas dos diversos biomas existentes no mundo, principalmente o bioma Caatinga, observado continuamente por diversos estudiosos (ARRAES; ANDRADE; SILVA, 2012; BEZERRA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015) na necessidade de mitigar ações degradadoras de acordo com os resultados obtidos.

Por se tratar de produtos de baixo custo, o uso de imagens orbitais vem sendo aplicado com diversas finalidades, dentre elas, mapeamento da evolução do uso e ocupação do solo (SANTANA et al., 2014), diante da determinação de parâmetros biofísicos, destacando-se o albedo da superfície, Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) (HUETE, 1988; ALLEN et al., 1998; SILVA et al., 2005; SILVA et al., 2011).

Os estudos da cobertura florestal ou da cobertura e do uso da terra, sua dinâmica e seus impactos cresceram com os trabalhos sobre as mudanças ambientais na última década, os quais vêm sendo desenvolvidos em larga escala no semiárido da Região Nordeste do Brasil (SILVA et al., 2011; CUNHA et al., 2012; SILVA et al., 2013; SILVA et al., 2014).

Este trabalho teve como objetivo identificar mudanças da cobertura vegetal do município de Arcoverde-PE, a partir de análises espectrais de imagens do satélite Landsat-8 OLI/TIRS, por meio de técnicas de sensoriamento remoto, associada à metodologia de cálculos de índices de vegetação (NDVI e SAVI) e albedo da superfície para a caracterização da vegetação da região.

MATERIAL E MÉTODOS

A Figura 1 ilustra a área de estudo, município de Arcoverde, com imagem em cor natural de composição RGB – 432 do satélite Landsat 8 OLI no dia 12 de agosto de 2016. O município ocupa uma área de 379 km², representando 0,38% do Estado de Pernambuco. Inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, Arcoverde possui altitudes variando entre 650 e 1.000 m. Recortado por rios perenes, de pequena vazão, este município tem um baixo potencial de água subterrânea. Sua vegetação, característica das áreas de agreste e sertão, é formada por florestas sub-caducifólia e caducifólia (BELTRÃO et al., 2005).

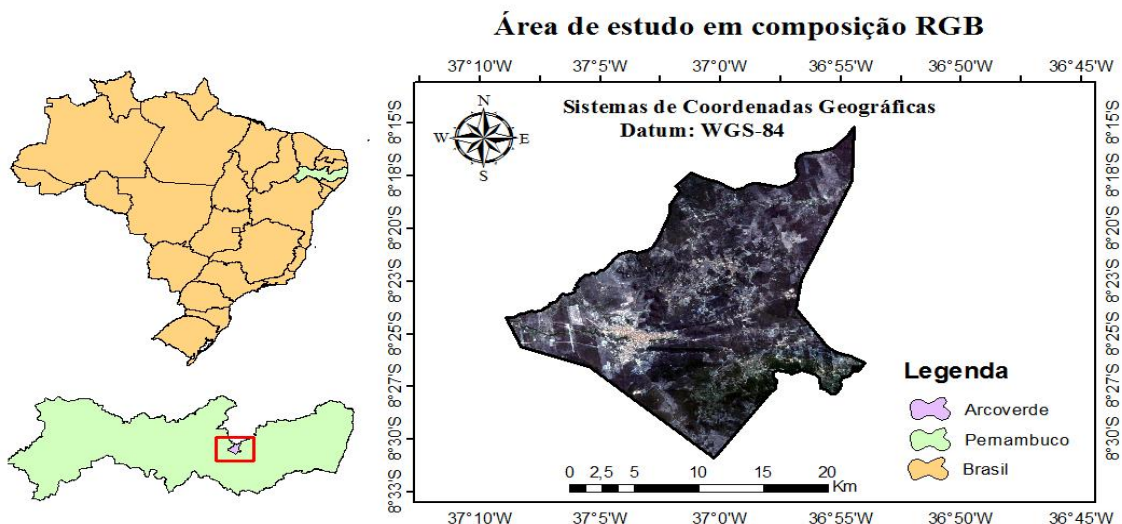


Figura 1. Mapa espacial de localização da área de estudo: município de Arcoverde-PE.

Foram utilizadas imagens do Landsat 8 com as respectivas datas 10/12/2013, 14/01/2015 e 12/08/2016, as quais foram adquiridas junto ao site americano *United States Geological Survey* – USGS. As imagens em estudo foram processadas a partir do software ERDAS imagine na versão 9.1, mediante a complementação de dados de superfície de uma estação meteorológica automática pertencente ao INMET, localizada na própria área de estudo. Inicialmente foram realizados o pré-processamento das imagens como: empilhamento das bandas, reamostragem a Sul, seguindo com o recorte das imagens empilhadas para a região estudada. Após o pré-processamento, foi gerado a radiância, refletância, albedo planetário, albedo da superfície e os índices de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e índice de vegetação ajustado aos efeitos do solo (SAVI) com o algoritmo SEBAL através da ferramenta model maker, pela qual possibilitou o desenvolvimento das operações matemáticas para determinação dos parâmetros biofísicos citados. Os mapas temáticos desses parâmetros foram todos processadas pelo software ArcGis 10.2.2.

Fez-se necessário converter os valores quantizados e calibrados do nível de cinza de cada banda do OLI, onde determinou-se a primeira equação, a radiância espectral ($L_{b \text{ Land } 8}$), com base nos termos aditivo e multiplicativo. Foram utilizados coeficientes radiométricos referentes à radiância, disponibilizados nos arquivos de metadados das imagens utilizadas na pesquisa. Para determinar a radiância espectral em cada banda foi utilizada a Equação 1 (CHANDER; MARKHAM, 2003; SILVA et al., 2016).

$$L_{b \text{ Land } 8} = \text{Add}_{\text{rad } b} + \text{Mult}_{\text{rad } b} \cdot \text{ND}_b \quad (1)$$

em que, $\text{Add}_{\text{rad } b}$ é o termo aditivo e $\text{Mult}_{\text{rad } b}$ o multiplicativo, relativos à radiância, estes foram extraídos do metadados de cada imagem do OLI e ND_b é a intensidade de cada pixel e banda (valor entre 0 e 65365), que também foram observados a partir das imagens em estudo.

Novamente converteu-se os valores quantizados e calibrados do nível de cinza de cada banda do OLI, dessa vez para à refletância. Assim, foram utilizados os coeficientes radiométricos referentes à refletância, disponibilizados nos metadados das

imagens (CHANDER; MARKHAM, 2003; SILVA et al., 2016). A refletância foi determinada pela Equação 2.

$$r_{b \text{ Land } 8} = \frac{(\text{Add}_{\text{ref } b} + \text{Mult}_{\text{ref } b} \cdot \text{ND}_b)}{\cos \theta \cdot d_r} \quad (2)$$

em que, $r_{b \text{ Land } 8}$ ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$) é a refletância monocromática de cada pixel em cada banda; $\text{Add}_{\text{ref } b}$ é o termo aditivo e $\text{Mult}_{\text{ref } b}$ o multiplicativo, relativos à refletância. Estes foram extraídos dos metadados de cada imagem utilizada e d_r obtido conforme a Equação 3 (IQBAL, 1983).

$$d_r = 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{\text{DSA} \cdot 2 \cdot \pi}{365}\right) \quad (3)$$

em que, DSA é o dia sequencial do ano e o argumento da função cos está em radianos. O valor médio anual de d_r é igual a 1,00, variando entre 0,97 e 1,03, aproximadamente.

O cosseno do ângulo zenital solar (θ , adimensional) foi obtido a partir do ângulo de elevação do Sol (E , graus), disponibilizado nos metadados das imagens, conforme Equação 4.

$$\cos \theta = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) = \text{sen}(E) \quad (4)$$

Seguiu-se com o albedo sem correção atmosférica, onde foi estimado de modo semelhante ao feito por Silva et al. (2005) de acordo com a Equação 5.

$$\alpha_{\text{toa}} = p_2 \cdot r_2 + p_3 \cdot r_3 + p_4 \cdot r_4 + p_5 \cdot r_5 + p_6 \cdot r_6 + p_7 \cdot r_7 \quad (5)$$

em que, α_{toa} é o albedo planetário de cada pixel ou albedo sem correção atmosférica; p_2, p_3, p_4, p_5, p_6 e p_7 $\text{Land } 8$, respectivamente, são os pesos de cada uma das bandas e r_2, r_3, r_4, r_5, r_6 e r_7 $\text{Land } 8$, respectivamente, são as refletâncias de cada uma das bandas utilizadas.

No algoritmo SEBAL o albedo da superfície (Equação 6) é calculado considerando através do modelo da transmissividade atmosférica (τ_{sw}), conforme a equação 6 proposta por ASCE-EWRI (2005).

$$\alpha_{\text{sup}} = \frac{\alpha_{\text{toa}} - \alpha_{\text{atm}}}{\tau_{\text{sw}}^2} \quad (6)$$

em que, α_{sup} é o albedo planetário de cada pixel, ou albedo sem correção atmosférica; α_{atm} é a refletância da própria atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04, porém, para o modelo SEBAL tem sido recomendado o valor de 0,03, com base em estudos realizados por (BASTIAANSEN, 2000; SILVA; BRAGA; BRAGA, 2011).

A transmissividade atmosférica no domínio da radiação solar, para dias de céu claro, foi obtida de acordo com a Equação 7 (ASCE-ERWI, 2005).

$$\tau_{sw} = 0,35 + 0,627 \cdot \exp \left[\frac{-0,00146 \cdot P_o}{K_t \cdot \cos \theta} - 0,075 \left(\frac{W}{\cos \theta} \right)^{0,4} \right] \quad (7)$$

em que, P_o (kPa) é a pressão atmosférica instantânea; K_t é o coeficiente de turbidez do ar ($K_t = 1,0$ para ar limpo e $K_t = 0,5$ para ar extremamente túrbido ou poluído, conforme ALLEN et al., 2002), sendo que para este trabalho foi utilizado $K_t = 1,0$); W (mm) é a água precipitável, obtida em função da umidade relativa do ar instantânea (%).

Dentre os índices de vegetação, determinou-se inicialmente o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI, foi proposto por Tucker (1979), de acordo com Tasumi, Allen e Trezza (2003) é um indicativo das condições, da densidade e porte da vegetação, sendo obtido pela razão entre a diferença das bandas refletidas do infravermelho próximo e do vermelho, e a soma das mesmas bandas, conforme equação 8 (ALLEN et al., 2002).

$$NDVI = \frac{r_{bIV} - r_{bV}}{r_{bIV} + r_{bV}} \quad (8)$$

em que, r_{bIV} e r_{bV} correspondem, respectivamente, às bandas refletivas 4 e 5 do Landsat 8 OLI.

A determinação final dos parâmetros biofísicos ficou por parte do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), esse que é um índice que busca amenizar os efeitos antecedentes do solo, conforme Equação 9 (HUETE, 1988).

$$SAVI = \frac{(1 + L) \cdot (r_{bIV} - r_{bV})}{(L + r_{bIV} + r_{bV})} \quad (9)$$

em que: L é a constante de ajuste ao solo, que depende do tipo de solo. Para esta pesquisa utilizou-se 0,1 devido à estudos mais recentes, como proposto por (SILVA et al., 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de Albedo (Figura 2) das áreas com os pixels em tons azul escuro e verde é onde encontraram-se os menores valores, que correspondem aos corpos hídricos e vegetação respectivamente. Os pixels em tons avermelhado corresponderam aos valores maiores de albedo, esses na ordem $> 0,50$, observado na área como solo exposto. Em 2016 foi onde ocorreu a maior faixa de 0,1 a 0,2 que corresponde a vegetação mais densa, onde corroboram com os resultados encontrados por Cunha et al. (2012), na ordem de 0,12 a 0,21.

Segundo Cunha et al. (2012) as mudanças no albedo ocorrem devido às diferenças nas propriedades ópticas da folha entre a vegetação natural da caatinga. Os valores são maiores durante a estação seca, devido à diminuição de folhas verdes em função do baixo índice pluviométrico e baixa umidade do solo. De acordo com Silva, Braga e Braga (2011) o período seco contribui significativamente para elevar os valores de albedo, assim como as áreas de baixa disponibilidade hídrica.

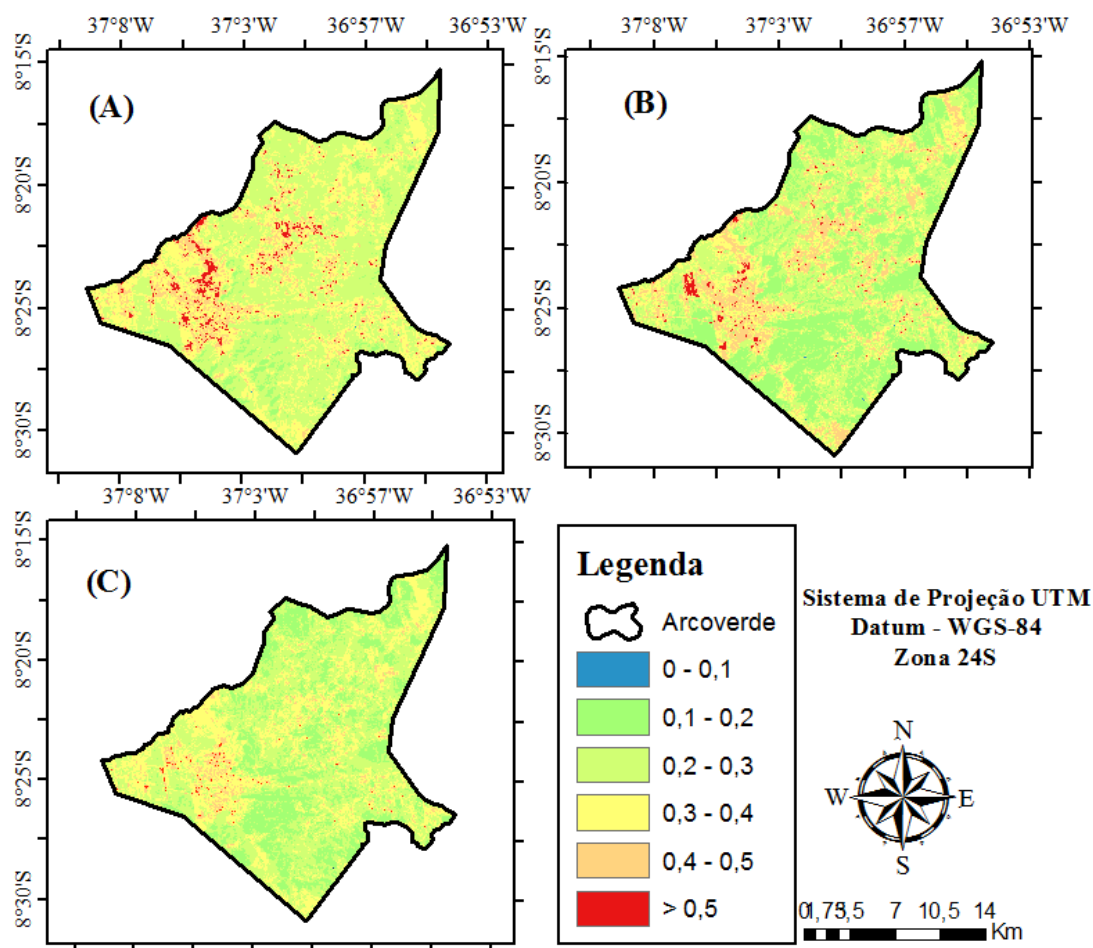


Figura 2. Mapa temático da distribuição espacial e temporal do albedo da superfície nas datas de imageamento: 10/12/2013 (A), 14/01/2015 (B), 12/08/2016 (C).

Na Tabela 1 estão representados os valores dos parâmetros estatísticos obtidos na análise dos mapas do albedo corrigido da superfície. Observou-se de modo geral, que o albedo mínimo e máximo variou de 0,030 a 0,825 para as datas estudadas. Observa-se que as médias entre os períodos estudados decresceram, mas isso ocorreu porque o ano mais seco, o de 2013 em relação aos dois outros anos estudados segundo os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Caatinga é conhecida pelo seu alto poder de resiliência, que se confirma pela formação da biomassa imediata em resposta aos eventos de chuva (RODRIGUES et al., 2009).

Tabela 1. Valores dos parâmetros estatísticos, máximo (Máx.), mínimo (Mín.), médio, mediano, moda, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), obtidos na análise estatística dos mapas do albedo corrigido da superfície.

Datas das Imagens	Albedo corrigido da superfície - α_{sup}						
	Máx.	Mín.	Médio	Mediano	Moda	DP	CV
10/12/2013	0,825	0,032	0,195	0,178	0,140	0,056	0,28
14/01/2015	0,810	0,030	0,184	0,167	0,136	0,054	0,29
12/08/2016	0,663	0,057	0,179	0,166	0,142	0,041	0,23

A Figura 3 ilustra o mapa das imagens processadas referente aos cálculos do NDVI para os períodos estudados. Os intervalos das classes adotados foram: < 0 (Corpos Hídricos); 0 – 0,2 (Solo Exposto); 0,2 – 0,35 (Vegetação Rala); 0,35 – 0,5 (Vegetação Esparsa); 0,5 – 0,65 (Vegetação de Transição); > 0,65 (Vegetação Densa). Gusmão et al. (2013) encontraram valores de NDVI nas áreas antropizadas, que variaram de 0,10 a 0,30.

Verifica-se que no ano de 2016 houve uma menor quantidade de solo exposto em relação aos outros anos, isso ocorre pelo fato da imagem utilizada ser próximo ao período de transição entre o chuvoso e o seco na região, que segundo os dados pluviométricos do INMET o mês de maio choveu 197,2 mm no município. Segundo Arraes, Andrade e Silva (2012), a presença expressiva da vegetação (dossel foliar), em virtude da rápida resposta da Caatinga mediante as precipitações antecedentes, passa diretamente a influenciar o NDVI.

O ano de 2013 é possível observar uma maior quantidade de solo exposto no município por causa da pouca ocorrência de chuva. Rodrigues et al. (2009) ressalta que no período mais seco a vegetação formada por caatinga caracteriza-se pela queda das folhas e, com isso, o NDVI é afetado significativamente.

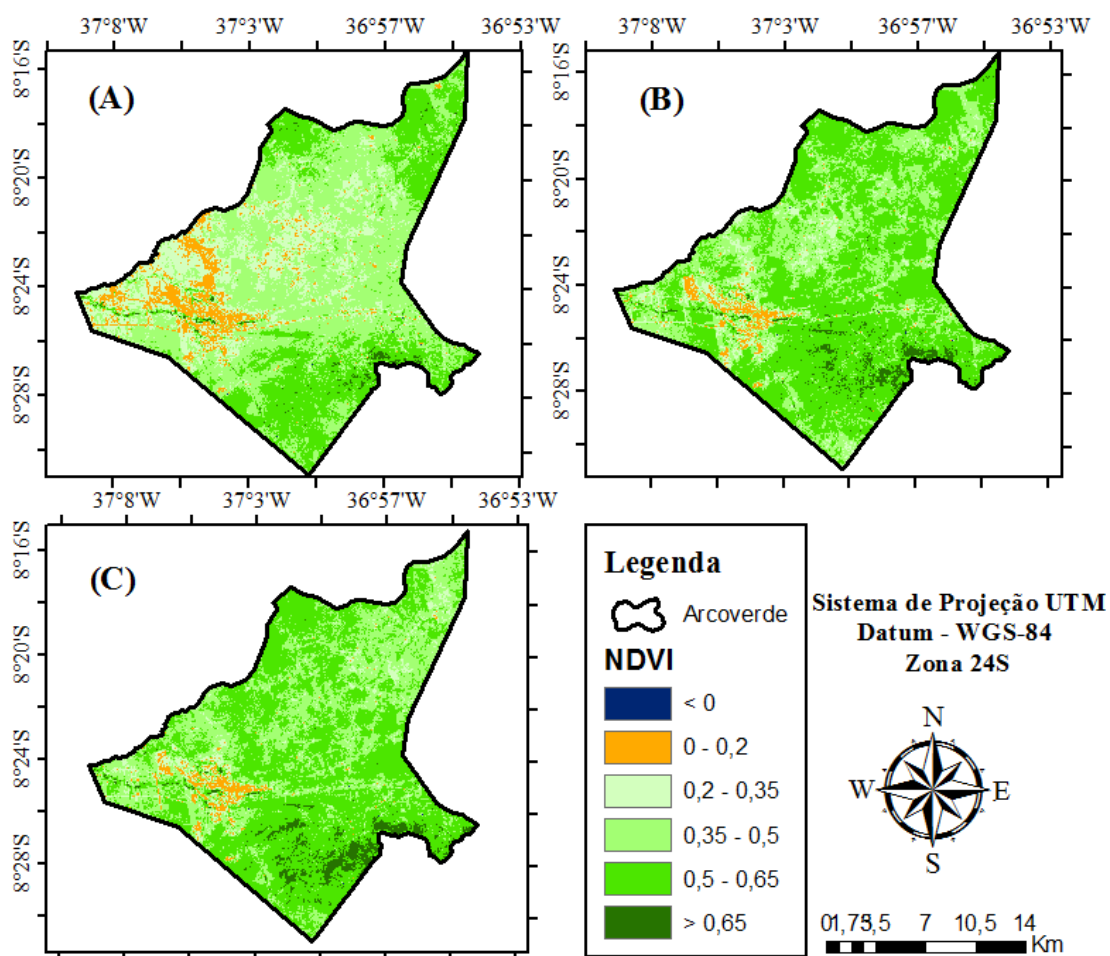


Figura 3. Mapa temático da distribuição espacial e temporal do NDVI nas datas de imageamento: 10/12/2013 (A), 14/01/2015 (B), 12/08/2016 (C).

Na Tabela 2 estão representados os valores dos parâmetros estatísticos, obtidos na análise estatística dos mapas do índice de vegetação: NDVI. Os respectivos valores máximos e mínimos variaram de 0,854 a -0,616 que foi encontrado na data 14/01/2015. Bezerra et al. (2014) observaram valores mínimos e máximos de NDVI na ordem de 0,02 a 0,8. Os valores médios e desvio padrão do NDVI apresentou uma variação entre as datas analisadas, destacando o dia 10/12/2013 com o menor valor de média (0,311) e o dia 12/08/2016 com maior valor médio (0,391), indicando valores mais expressivos na vegetação circundante da região.

Tabela 2. Valores dos parâmetros estatísticos, máximo (Máx.), mínimo (Mín.), médio, mediano, moda, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), obtidos na análise estatística das cartas do índice de vegetação NDVI.

Datas das Imagens	Índice de vegetação – NDVI						
	Máx.	Mín.	Médio	Mediano	Moda	DP	CV
10/12/2013	0,848	-0,554	0,323	0,311	0,289	0,084	0,26
14/01/2015	0,854	-0,616	0,385	0,377	0,383	0,095	0,25
12/08/2016	0,826	-0,375	0,391	0,375	0,356	0,097	0,25

Para o SAVI (Figura 4) foi empregado os mesmos intervalos do NDVI. Os resultados do SAVI expressaram similaridades em relação aos resultados obtidos com os valores NDVI, visto que este índice faz uma correção do NDVI, onde temos que os valores menores que zero estão representando excepcionalmente à água (cor azul). Para a quantidade de solo exposto (0 – 0,20), fica evidente que o ano de 2013 teve quantidade de solo exposto em relação aos mesmos períodos pelas mesmas justificativas encontradas no albedo da superfície e no NDVI. Os valores mais altos do SAVI são áreas com uma vegetação mais densa, mesmo comportamento observado para o NDVI.

Para Almeida (2012) com os valores obtidos a partir do SAVI, é possível verificar de forma mais confiável o nível de degradação da cobertura vegetal em áreas semiáridas, tendo em vista a contribuição que o fator de ajuste de solo proporciona. Miranda e Nascimento (2013) destacam que o SAVI quando comparado ao NDVI, separa áreas de solo de áreas de vegetação e pondera pesos diferentes para cada uma dessas classes, tornando mais evidente e menos expressivo o efeito do solo.

Silva e Galvêncio (2012) comparando a variação nos índices NDVI e SAVI no Sítio PELD – 22, no município de Petrolina – PE, destacam a eficiência do SAVI, principalmente em as áreas mais densamente vegetadas, comprovando que este parâmetro possui confiabilidade para os períodos secos do semiárido.

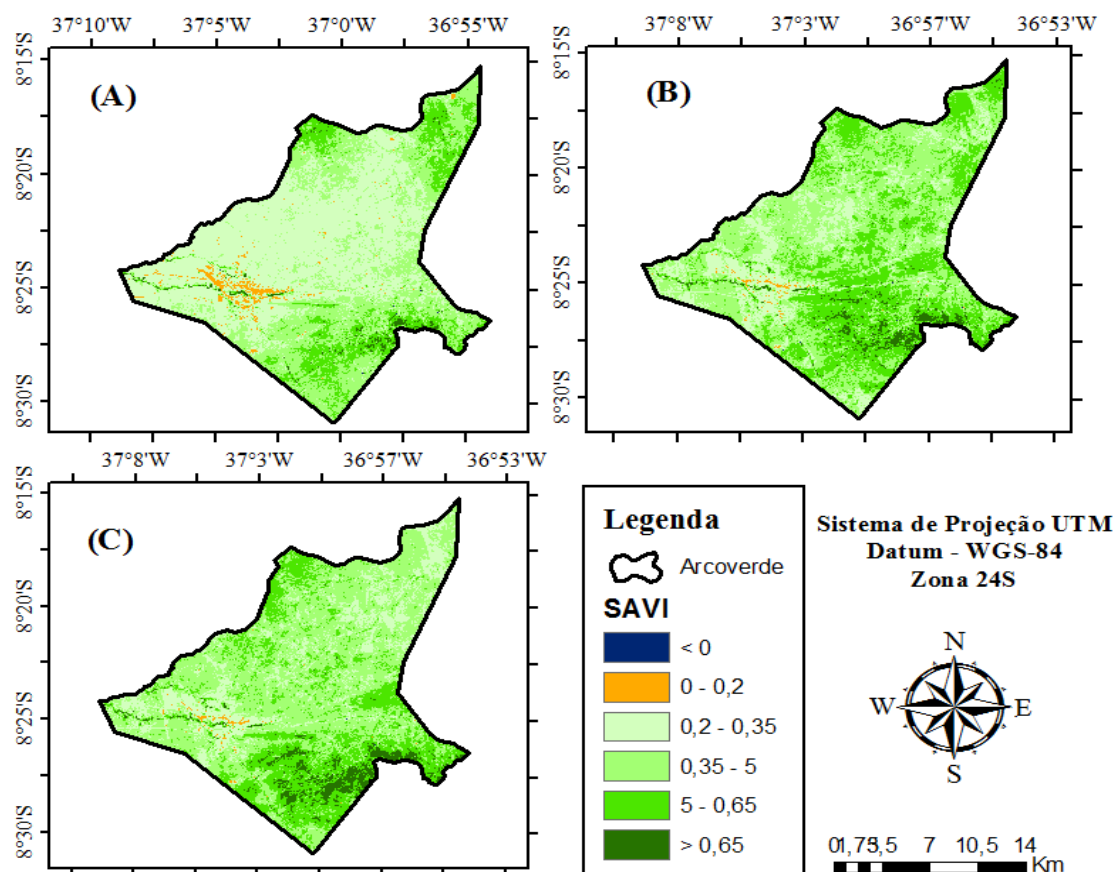


Figura 4. Mapa temático da distribuição espacial e temporal do SAVI nas datas de imageamento: 10/12/2013 (A), 14/01/2015 (B), 12/08/2016 (C).

Na Tabela 3 estão representados os valores dos parâmetros estatísticos obtidos na análise estatística dos mapas do índice de vegetação: SAVI. Os valores tiveram

similaridade com os do NDVI, onde as menor média e desvio padrão ficaram para o ano de 2013 e a maior média e desvio padrão para 2016.

Rocha, Borges e Viganó (2011) realizaram um estudo de comparação dos índices de vegetação aplicados no Bioma Caatinga, localizada em Petrolina (Pernambuco), chegando a conclusão de que o SAVI discrimina melhor os alvos na superfície terrestre, apresentando um maior número de classes.

Tabela 3. Parâmetros estatísticos, máximo (Máx.), mínimo (Mín.), médio, mediano, moda, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), obtidos na análise estatística das cartas do índice de vegetação SAVI.

Datas das Imagens	Índice de vegetação – SAVI						
	Máx.	Mín.	Médio	Mediano	Moda	DP	CV
10/12/2013	0,815	-0,267	0,275	0,261	0,240	0,068	0,25
14/01/2015	0,814	-0,245	0,324	0,317	0,313	0,074	0,23
12/08/2016	0,786	-0,287	0,329	0,312	0,296	0,080	0,24

De acordo com os respectivos resultados dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) permitiu-se observar alterações dos usos e ocupações do solo no município de Arcoverde – PE, acrescentando-se diante da análise espaço-temporal, que as estimativas de ambos índices foram relevantes e interpretativos de maneira semelhante para a vegetação do município, visto que observou-se baixos valores nos períodos de estiagem, mostrando-se deste modo, o efeito negativo trazido pela seca na região, tal fato permitiu identificar mais concisamente possíveis áreas em processo de degradação, ou já degradadas, com o possível aumento do solo exposto da região.

CONCLUSÕES

A análise dos parâmetros estimados no SEBAL permitiu de modo consistente, concluir que nas áreas, quando observados altos valores de albedo, baixos valores de NDVI e SAVI são indícios de áreas com solo exposto que podem está em processo de degradação ou já degradadas.

Os índices quando relacionados com as precipitações pluviométricas nos dias antecedentes ao imageamento foram mais expressivos em seus resultados, devido a rápida resposta da caatinga predominante na região analisada.

Contudo, a determinação por meio de sensores orbitais dos parâmetros biofísicos, albedo da superfície e dos dois índices de vegetação (NDVI e SAVI) são extremamente importantes, mostrando-se como parte efetiva na identificação de alterações na cobertura vegetal em larga escala.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão da bolsa dos alunos de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE, ao próprio Programa em conjunto com a UFRPE pelo apoio e incentivo de modo geral. Agradecemos também ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilidade e repasso dos dados meteorológicos, essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa científica.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and Drainage paper 56. **FAO, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.
- ALLEN, R. G. et al. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual–Idaho Implementation**, v. 1, p. 97, 2002.
- ALMEIDA, N. V. **Ordenamento territorial geoambiental da bacia hidrográfica do rio Taperoá, semiárido paraibano**. Tese de Doutorado em Geografia – UFF. Niterói-RJ, 2012.
- ARAÚJO, T. D.; FONSECA, E. L.; Análise multitemporal dos Lençóis Maranhenses entre 1984 a 2014 utilizando sensoriamento remoto orbital. **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 09, n. 01, p. 280-295, 2016.
- ARRAES, F. D. D.; ANDRADE, E. M.; SILVA, B. B. Dinâmica do balanço de energia sobre o açude Orós e suas adjacências. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 119-127, 2012.
- ASCE-EWRI - American Society of Civil Engineers - Environmental and Water Resources Institute. ASCE-EWRI Standardization of Reference Evapotranspiration Task Committee Report, ASCE, 2005.
- BASTIAANSEN, W. G. M. SEBAL – Based Sensible and Latent Heat Fluxes in the Irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 229, n. 1, p. 87-100, 2000.
- BELTRÃO, B. A. et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado de Pernambuco - Diagnóstico do Município de Arcoverde**. Recife, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), 2005. 11 p.
- BEZERRA, J. M. et al. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.73-84, 2014.
- CHANDER, G.; MARKHAN, B. Revised Landsat 5 - TM radiometric calibration procedures and post calibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing**, v.41, n.11, p.2674-2677, 2003.
- CUNHA, J. E. B. L. et al. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 539- 548, 2012.
- GUSMÃO, A. C. V. L. et al. Índice de vegetação e temperatura da superfície no ecótono Ilha do Bananal por sensoriamento remoto. **Revista de Geografia**, v. 30, n. 3, p. 209-225, 2013.
- HUETE, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.
- IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. London: Academic Press., 1983, 390 p.

MIRANDA, J. R.; NASCIMENTO, C. R. Análise de índices espectrais na avaliação de terraceamento em pastagem cultivadas no norte de Minas Gerais. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17; p. 2013-128, 2013.

OLIVEIRA, L. M. M. et al. Balanço de radiação por sensoriamento remoto em bacia hidrográfica da zona da mata nordestina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, p. 16-28, 2015.

ROCHA, W. J. S. F.; BORGES, E. F.; VIGANÓ, H. A. Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba-PR, PR**, p. 1828, 2011.

RODRIGUES, J. D. et al. Sazonalidade de variáveis biofísicas em regiões semiáridas pelo emprego do sensoriamento remoto. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.3, p.452-465, 2009.

SANTANA, E. F. et al. Multispectral Image Unsupervised Segmentation Using Watershed Transformation and Cross-Entropy Minimization in Different Land Use. **GIScience and Remote Sensing**, v. 51, n. 7, p. 613-629, 2014.

SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n. 2, p. 201-211. 2005.

SILVA, B. B.; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C. Balanço de radiação no perímetro irrigado São Gonçalo – PB mediante imagens orbitais. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 145-152, 2011.

SILVA, L. G.; GALVÍNCIO, J. D. Análise Comparativa da Variação nos Índices NDVI e SAVI no Sítio PELD – 22, em Petrolina – PE, na Primeira Década do Século XXI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 6, p. 1446-1456, 2012.

SILVA, E. A. et al. Dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Floresta - PE. **Floresta**. v. 43, n. 4, p. 611-620, 2013.

SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Alteração da cobertura vegetal na Sub-Bacia do Rio Espinharas de 2000 a 2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 202-209, 2014.

SILVA, B. B. D. et al. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 3-8, 2016.

TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; TREZZA, R. At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of land surface balance. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 13, n. 2, p. 51-63, 2008.

DADOS ERA INTERIM E IMAGENS MODIS PARA CONTRUÇÃO DE SÉRIE DE BALANÇO DE ENERGIA

Juliano Schirmbeck ¹, Denise Cybis Fontana ², Lucimara Wolfarth Schirmbeck ¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia – CEP SRM, Porto Alegre – RS, schirmbeck.j@gmail.com; lucimaraws@gmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia – Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Porto Alegre – RS, dfontana@ufrgs.br

RESUMO: Tendo em vista a relevância do conhecimento dos componentes do balanço de energia (BE) em escala regional e as limitações para sua adequada representação espacial decorrentes das bases de dados disponíveis, o objetivo deste trabalho foi analisar o uso conjugado de dados de reanálise Era Interim e de imagens MODIS para construção de uma série temporal dos componentes de BE no sul do Brasil. Para tanto, foi utilizado o modelo OSEB (*One-Source Energy Balance*), num período de 3 anos, com periodicidade de 8 dias. Os resultados mostraram que a série histórica construída com o Modelo OSEB mostra padrões sazonais dos componentes de BE coerentes para a região e similares aos observados em medições micrometeorológicas.

PALAVRAS-CHAVE: Fluxo de calor latente, torre micrometeorológica, dados de reanálise

ERAINTERIM DATA AND MODIS IMAGENS FOR BUILD A ENERGY BALANCE TIME SERIES

ABSTRACT: Given the relevance of the knowledge of the components of the energy balance (BE) in a regional scale and the limitations to its adequate spatial representation due to the available data bases, the objective of this work was to analyze the combined use of the Interim reanalysis data and Of MODIS images for the construction of a time series of BE components in southern Brazil. For that, the OSEB (One-Source Energy Balance) model was used, in a period of 3 years, with periodicity of 8 days. The results showed that the historical series constructed with the OSEB Model shows seasonal patterns of BE components coherent for the region and similar to those observed in micrometeorological measurements.

KEY-WORDS: Latent heat flux, micrometeorological tower, reanalysis data.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a dinâmica do setor agrícola, quer seja decorrente da escolha do tipo de cultivo a ser implantado ou mesmo das técnicas de manejo adotadas pelo agricultor, proporciona alterações de uso do solo, que por sua vez, determina grandemente as condições hídricas locais (TIMMERMANS et al., 2007). Sabe-se, ainda, que o balanço de energia (BE) é uma das mais eficientes ferramentas para caracterizar as condições hídricas da vegetação e que existe a possibilidade de obtenção dos componentes do BE por técnicas de sensoriamento remoto (BOEGH; SOEGAARD; THOMSEN, 2002, CAMMALLERI; ANDERSON; KUSTAS, 2014). Assim, ao utilizar séries históricas de imagens das mais distintas resoluções, temporais, espaciais e espectrais, se torna possível a análise dos padrões de distribuição espacial e temporal dos componentes de BE em escala regional, contribuindo de forma relevante para o reconhecimento do

padrão hídrico das regiões de produção agrícola. Esta informação ainda não se encontra disponível para a maior parte das regiões e, portanto, necessita ser averiguada. (BRUTSAERT, 1984, FRIEDL, 2002; KUSTAS et al., 2004).

Neste contexto o objetivo deste trabalho foi analisar o uso conjugado de dados de reanálise Era Interim e de imagens MODIS para construção de uma série temporal dos componentes de BE no sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção da série de estimativa de BE foi utilizado o modelo OSEB (*One-Source Energy Balance* ou modelos de uma camada) e, como a grande maioria dos modelos, foram utilizados dados meteorológicos medidos na superfície em escala local. O período de estudo abrangeu três anos, de 2009 a 2011, sendo utilizados dados provenientes de três fontes distintas: a) produtos MODIS (LP DAAC, 2016): temperatura de superfície, albedo, índice de vegetação e índice de área foliar; b) dados climáticos de reanálise Era Interim (ERA INTERIM, 2016): temperatura do ar, radiação global e velocidade do vento; c) dados de torre micrometeorológica localizada no município de Cruz Alta - RS: temperatura do ar, radiação global, velocidade do vento e os componentes do BE, RN (saldo de radiação), LE (fluxo de calor latente), H (fluxo de calor sensível no ar) e G (fluxo de calor sensível no solo).

As medidas na torre micrometeorológica localizada no município de Cruz Alta (Lat: -28,6036; Long: -53,6736; Alt: 432 m), em região que se caracteriza pela agricultura intensiva com destaque para os cultivos de soja no verão e trigo no inverno, serviram como valor de referência de campo para verificação das estimativas dos componentes do BE através do modelo OSEB. Para tanto, foram extraídos os dados de BE usando uma janela de 3x3 pixels centrada nas coordenadas da torre micrometeorológica de Cruz Alta.

A resolução temporal adotada no processamento foi de 8 dias, tomando como base a resolução temporal do produto MODIS de temperatura de superfície, totalizando 138 datas analisadas ao longo dos 3 anos. Também os dados de reanálise, antes de sua utilização na estimativa dos componentes do balanço de energia, passaram por um processo de recorte da área de interesse, a partir da matriz global de dados, reamostragem para resolução espacial compatível com as imagens MODIS e cálculo de médias das variáveis para o período dos 8 dias equivalentes ao produto de temperatura de superfície.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na série construída dos componentes do BE usando modelo OSEB, para todo o conjunto das 138 datas de imagens disponíveis, foi possível observar um evidente padrão de distribuição temporal. Verifica-se que RN (Figura 1a) apresenta forte influência sazonal, com altos valores nos períodos de verão e baixos no inverno, o que corresponde a variabilidade de disponibilidade de energia de regiões subtropicais, característica da região sul do Brasil. Este padrão se assemelha ao padrão observado na torre micrometeorológica, o que era esperado, visto que RN, em geral é o componente de mais fácil obtenção a partir de imagens (TIMMERMANS et al., 2007; Tang et al., 2013).

Já a variabilidade dos componentes H e LE (Figura 1b) mostrou a influência, além da disponibilidade de energia, também da característica da cobertura da vegetação. Pode-se observar que no início do ciclo de verão, quando as culturas encontram-se com alto vigor vegetativo, que em média LE supera fortemente H. Isto se observa

principalmente nos ciclos de 2009 e 2010, já no início de 2011 tal padrão não ficou tão evidenciado devido em parte a escassez de dados.

No restante do período analisado, quando o solo encontra-se com cobertura parcial de vegetação ou com culturas de inverno, os componentes LE e H mostram alternância de valores, sendo por vezes LE maior do que H e em outras vezes o contrário é observado (Figura 1b).

Este padrão de alternância de valores de LE e H, também foi observado na torre micrometeorológica de Cruz Alta. Em média, durante os cultivos de inverno, observa-se a superação do valor de LE frente a H, em ambos OSEB e torre (Tabela1). Entretanto, os valores de LE e H apresentados pelo modelo se aproximam mais ($LE = 112 \text{ Wm}^{-2}$, $H = 86 \text{ Wm}^{-2}$) frente aos da torre ($LE = 182 \text{ Wm}^{-2}$, $H = 41 \text{ Wm}^{-2}$). Durante os períodos de cobertura parcial de vegetação os valores médios de H obtidos pelo modelo superam LE. Isto não foi observado na torre, onde H e LE foram bastante semelhantes, com uma leve superioridade LE em relação a H.

Tabela 1 – Valores médios dos componentes do balanço de energia, obtidos a partir do modelo OSEB e medidas de referência obtidas na torre micrometeorológica de Cruz Alta-RS. Período 2009 a 2011.

Período	OSEB				Torre			
	RN	G	H	LE	RN	G	H	LE
Verão	399	50	120	224	429	25	130	278
Inverno	224	31	86	112	257	21	41	182
Parcial	275	60	103	84	357	35	151	166

Legenda: Rn – saldo de radiação, G – Fluxo de calor no solo H – Fluxo de calor latente, LE – fluxo de calor sensível

Importante salientar que os dados medidos na torre foram tomados somente como uma referência, visto que há restrições importantes nesta comparação direta. Os dados da torre representam uma condição local, pontual, influenciada pelas condições da vegetação no local da instalação da mesma. Em contrapartida o modelo OSEB gera dados com abrangência regional, visto que é obtido a partir de imagens MODIS, com resolução espacial de 1km, e dados climáticos com grade ainda maior, de 25km.

Uma das principais limitações observadas foi a significativa diminuição na disponibilidade de dados da Figura 1a (107 dias) para a Figura 2b (80 dias). Isto se dá pelo fato da estimativa de H ser muito dependente da qualidade dos dados de temperatura do ar, tendo sido descartados alguns dias. Os dados descartados foram aqueles em que os valores médios de temperatura do ar (T_a) e da temperatura da superfície (T_s) apresentaram um alto gradiente, maior do que o razoável. Estas diferenças possivelmente sejam decorrentes da forma como foram compatibilizadas temporalmente as séries de dados de superfície e as das imagens. Os dados meteorológicos de superfície corresponderam a médias de 8 dias consecutivos, enquanto os dados de T_s correspondem a um dia deste período de composição em que não havia nebulosidade. Esta situação pode determinar uma T_a acima da T_s no período diurno, o que gera discrepâncias em H.

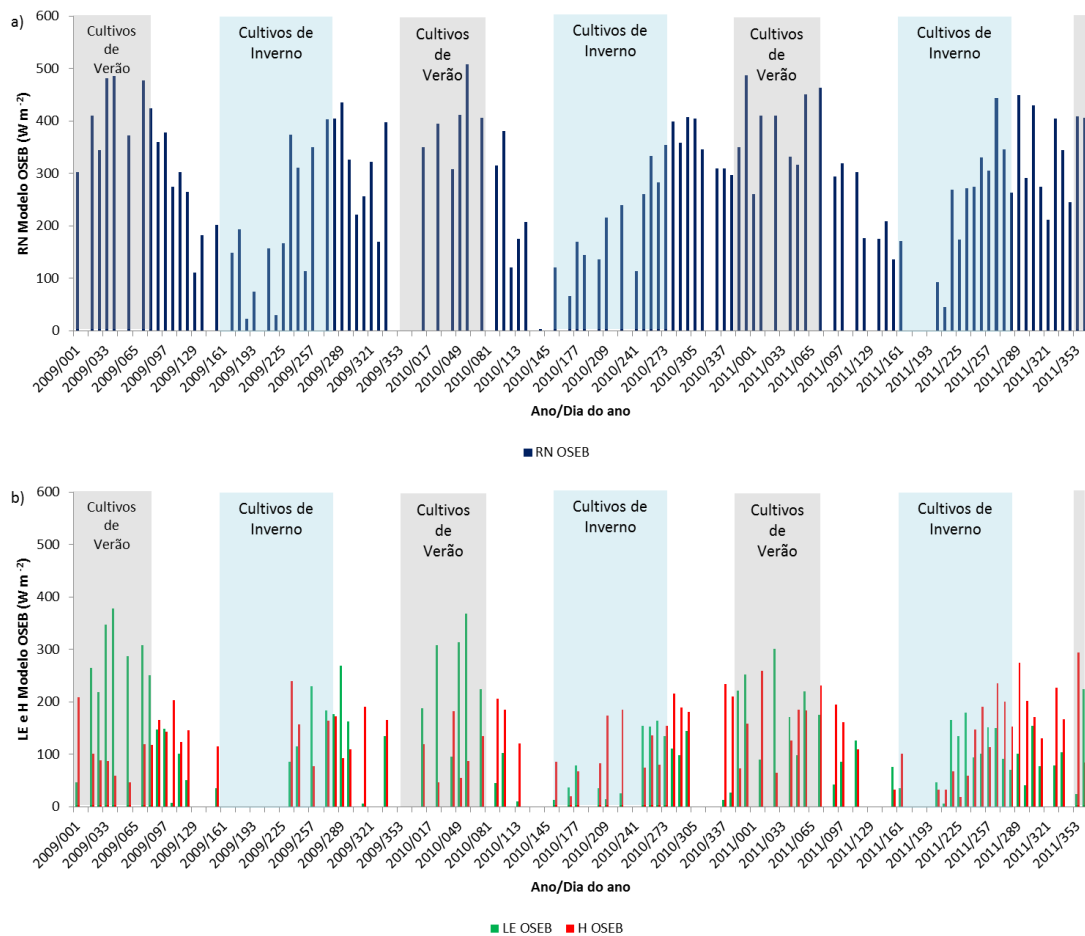


Figura 1. Padrão de distribuição temporal dos componentes do BE obtidos a partir de imagens com os modelos OSEB em Cruz Alta-RS. Período 2009 a 2011. A) Saldo de radiação (Rn) e b) os Fluxos de calor latente de evaporação (LE) e o Fluxo de calor sensível no ar (H). Os quadros cinza e azul demarcam, respectivamente, os períodos de cultivos de verão e inverno.

A construção de séries temporais contínuas sempre é um grande desafio, de como lidar com as falhas na disponibilidades e na compatibilização de dados de distintas resoluções espaciais. Porém, apesar das incertezas inevitáveis, elas trazem a grande vantagem de permitir a análise de padrões regionais e temporais dos componentes do BE.

CONCLUSÕES

O uso conjugado de dados e imagens MODIS e de dados meteorológicos de reanálise ERA Interim possibilita a modelagem dos componentes de BE;

A série histórica construída com o Modelo OSEB mostra padrões sazonais dos componentes de BE coerentes para a região e similares aos observados em medições micrometeorológicas.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de auxílio financeiro à pesquisa, projeto 456.585/2014-1.

REFERÊNCIAS

- BOEGH, E.; SOEGAARD, H.; THOMSEN, A. Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance. **Remote Sensing of Environment**, v. 79, p. 329-343, 2002.
- BRUTSAERT, W. **Evaporation into the atmosphere**. Theory, history, and applications. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 299 p. 1984.
- CAMMALLERI, C.; ANDERSON, M.C.; KUSTAS, W.P. Upscaling of evapotranspiration fluxes from instantaneous to daytime scales for thermal remote sensing applications. **Hydrology Earth System Sciences**, v. 18, p. 1885–1894, 2014.
- FRIEDL, M.A. Forward and inverse modeling of land surface energy balance using surface temperature measurements. **Remote Sensing of Environment**, v. 79, p. 344-354, 2002.
- KUSTAS, W.P.; Li, F.; JACKSON, T.J.; PRUEGER, J.H.; MACPHERSON, J.L.; WOLDE, M. Effects of remote sensing pixel resolution on modelled energy flux variability of croplands in Iowa. **Remote Sensing of Environment**, v. 92, p. 535-547, 2004.
- TIMMERMANS, W.J.; KUSTAS, W.P.; ANDERSON, M.C.; FRENCH, A.N. An intercomparison of the Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) and the Two-Source Energy Balance (TSEB) modeling schemes. **Remote Sensing of Environment**, v. 108, p. 369-384, 2007.
- LP DAAC - Land Processes Distributed Active Archive Center. [Banco de dados] Disponível em: <<https://lpdaac.usgs.gov>> Acesso em: 20 set. 2014.
- ERAInterim [Banco de dados] Disponível em: <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily>> Acesso em: 20/04/2017.

VARIABILIDADE DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NO MUNICÍPIO DE CARUARU – PE, BRASIL

Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena¹, Raimundo Mainar de Medeiros², Vicente de Paulo Silva³, Romildo Morant de Holanda⁴.

¹ Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE-Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: emmanuelle@lorenas.com.br; ² Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; ³ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPR, e-mail: vicenteufrpe@yahoo.com.br; ⁴ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail: romildomorant@gmail.com.

RESUMO

O objetivo é demonstrar que os elementos meteorológicos como: temperatura, umidade relativa do ar, intensidade e direção predominante do vento, insolação, precipitação e cobertura de nuvem têm suas contribuições para o desenvolvimento sustentável no município de Caruaru. A climatologia foi elaborada a partir das séries de dados de precipitação, desvio padrão da precipitação, coeficiente de variância, máximos e mínimos valores absolutos. A temperatura, umidade relativa do ar, insolação total, nebulosidade, intensidade e direção predominante do vento adquiridos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para o período de 1962-2000. Os horários das 9 h às 15h, horário de máxima ocorrência de insolação. As coberturas de nuvens são máximas nos períodos chuvosos e mínimas no período seco. Com aumento na temperatura e redução na precipitação as deficiências hídricas sem ampliam e provocam desastres maiores desgastes nos níveis de represas, açudes, agronegócios, agropecuária entra tantas outras áreas.

Palavra chaves: Flutuações hidroclimáticas, elementos meteorológicos, conforto térmico, agricultura.

VARIABILITY OF METEOROLOGICAL ELEMENTS IN THE CARUARU - PE MUNICIPALITY, PE, BRAZIL

SUMMARY

The objective is to demonstrate that the meteorological elements such as: temperature, relative air humidity, intensity and predominant direction of the wind, insolation, precipitation and cloud cover have their contribution to sustainable development in the municipality of Caruaru. The climatology was elaborated from the series of data of precipitation, standard deviation of the precipitation, coefficient of variance, maxima and minimum absolute values. The temperature (maximum, minimum, average and thermal amplitude), relative air humidity, total sunshine, cloudiness, intensity and predominant direction of the wind acquired from INMET for the period 1962-2000. The hours from 9:00 a.m. to 3:00 p.m., the maximum time of occurrence of insolation. Cloud coverages are highest in the rainy season and minimum in the dry season. With an increase in temperature and a reduction in rainfall, water deficiencies do not widen and cause greater losses in the levels of dams, dams, agribusiness, agriculture and livestock.

Keywords: Hydroclimatic fluctuations, meteorological elements, thermal comfort, agriculture.

INTRODUÇÃO

O clima é um conjunto de elementos físicos, químicos e biológicos que caracterizam a atmosfera de determinado local e influenciam nos seres que nele se encontram conforme afirma Pereira et al. (2001). Por isso, considera-se uma das variáveis mais importantes do ambiente. No entanto, as atividades humanas, podem contribuir de maneiras negativas, pois mudam gradativamente as condições de vida tanto humana quanto animal, causando assim alterações na qualidade de vida da sociedade em geral. A diferença de resposta térmica entre o ambiente

urbano e rural é principalmente marcada pelo desenvolvimento de ilhas de calor nas áreas urbanas em conformidade com Rocha (2011). Parker (2010) esclarece que as ilhas de calor são resultadas das propriedades físicas dos edifícios e de outras estruturas. Além disso, ocorre a emissão de calor pelas atividades humanas.

A informação climática é importante atualmente nas atividades do homem, tanto para se precaver de fenômenos atmosféricos adversos, e para auxiliar e otimizar a produção agropecuária, hidrológica. A busca pela otimização da prática agrícola e dos controles hídricos é uma questão estrategicamente fundamental diante da necessidade de produzir alimentos e no armazenamento de água potável para uma população cada vez maior em conformidade com Brasil (2005).

O objetivo desse trabalho consiste em analisar os elementos meteorológicos como: temperatura, umidade relativa do ar, intensidade e direção predominante do vento, insolação, precipitação e cobertura de nuvem têm suas contribuições para o desenvolvimento sustentável no município de Caruaru.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Caruaru está localizado na mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco. A área municipal ocupa 928,1 km² e representa 0,94% do Estado de Pernambuco, sendo que 16,6 km² estão em perímetro urbano e os 903,9 km² restantes formam a zona rural. A sede do município tem coordenadas geográficas 08°17'S latitude, 35°58'W longitude, altitude de 554 metros, distando 140,7 km da capital.

Os dados pluviométricos foram adquiridos da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC) compreendido entre os anos de 1913 a 2016. Utilizou-se de cálculos simplificados estatisticamente para definir, média, desvio padrão, coeficiente de variância, máximos e mínimos valores absolutos ocorridos, definiu-se a quadra chuvosa e seca, o trimestre seco e chuvoso além do mês seco e chuvoso. A climatologia foi elaborada a partir das séries de dados de precipitação, desvio padrão da precipitação, coeficiente de variância, máximos e mínimos valores absolutos. A temperatura (máxima, mínima, média e amplitude térmica), umidade relativa do ar, insolação total, nebulosidade, intensidade e direção predominante do vento adquiridos do INMET para o período de 1962-2000.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura máxima anual é de 28 °C, o pico máximo ocorre em dezembro com 30,4 °C e com temperatura máxima da mínima em julho com 24,4 °C, o quadrimestre quente ocorre nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro oscilando entre 29,7 °C a 30,4 °C. Com temperatura mínima anual de 19 °C e suas variabilidades mensais fluindo entre 17,3 °C no mês de julho a 20,1 °C em março, o quadrimestre quente ocorre entre os meses de janeiro, fevereiro, março e abril fluando entre 19,7 °C a 20,1 °C (Figura 1).

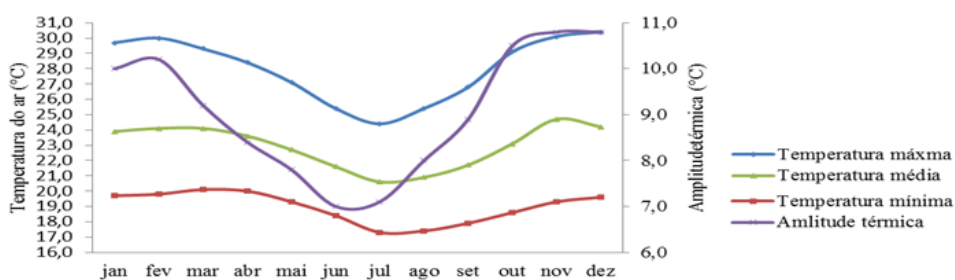


Figura 1. Temperatura máxima, mínima, média e amplitude térmica do ar para Caruaru.

O quadrimestre frio registra-se entre os meses de junho, julho, agosto e setembro oscilando entre 17,3 °C a 18,4 °C. A temperatura média anual é de 22,9 °C e suas oscilações mensais ocorrem entre 20,6 °C no mês de julho a 24,7 °C em novembro, o quadrimestre quente

ocorre entre os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro e o quadrimestre frio registra-se nos meses de junho, julho, agosto e setembro. A amplitude térmica oscila entre 7 °C no mês de junho a 10,8 °C nos meses de novembro e dezembro, a anual é de 9,1 °C.

As variabilidades da insolação total e cobertura nuvem (Figura 2).

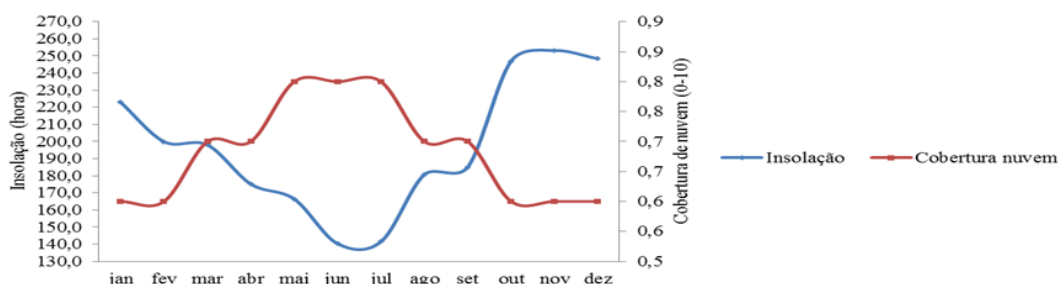


Figura 2. Comportamento da Insolação total e cobertura nuvem para o município de Caruaru – PE.

Destaca-se aumento na cobertura de nuvem entre os meses de março a setembro e reduções entre outubro a fevereiro, os meses de maio, junho, julho tem-se cobertura de 0,8 décimos e os meses de outubro a janeiro a cobertura de nuvem é de 0,6 décimos. A cobertura de nuvem anual é 0,7 décimos. Na curva da insolação total ocorre o inverso da cobertura de nuvem. A insolação anual é de 2.358,5 horas, o mês de maior insolação é novembro e junho o de menor. O quadrimestre de maior incidência solar corresponde os meses de outubro a janeiro, e o mês de abril a junho registra-se as menores incidências de insolação.

O município de Caruaru registra climatologicamente índice pluviométrico de 573,4 mm ano⁻¹. Os meses de março a julho onde ocorrem as maiores incidências de precipitações contribuem com 68% do índice anual. Entre agosto a fevereiro meses onde os índices pluviais são baixos tem a contribuição de 32% do valor anual.

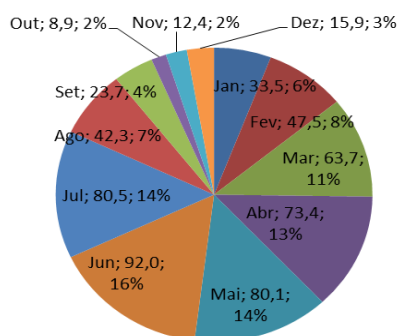


Figura 3. Distribuição mensal da precipitação e seus percentuais para o município de Caruaru.

A variabilidade do comportamento da precipitação histórica e da umidade relativa do ar para Caruaru – PE, referente ao período de 1962-2015 está representada na figura 4.

A umidade relativa do ar oscila entre 50% no mês de novembro a 85,8% no mês de julho, com 77,2% de umidade anual. O trimestre de baixa umidade do ar compreende os meses de outubro a dezembro com oscilações entre 50 a 74,5%. Os meses de junho a agosto compreende o trimestre de alta umidade e suas flutuações ocorrem entre 83,8 a 85,8%. O mês de baixa umidade e novembro (50% e o de alta umidade é o mês de julho 85,8%).

Na figura 5 observa-se aumento gradativo da umidade entre janeiro a agosto seguidamente de redução até o mês de novembro que registra o menor índice de umidade.

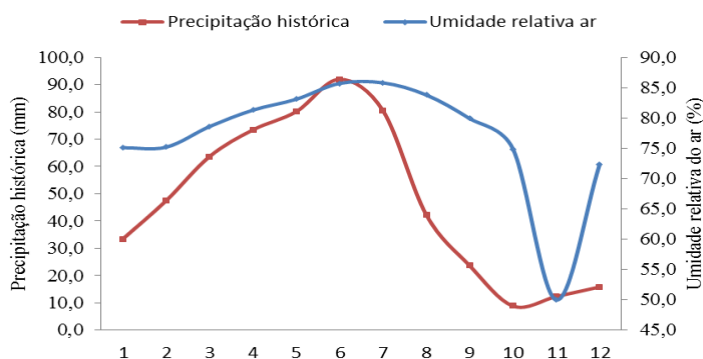


Figura 5. Comportamento da precipitação histórica e da umidade relativa do ar para o município.

A variabilidade histórica da precipitação pode ser destacada na figura 5, nos meses de outubro, novembro e dezembro ocorrem baixos índices de precipitações, nos meses de maio, junho e julho tem-se o trimestre chuvoso, além de destacarmos acréscimos gradativos de precipitações nos meses de janeiro a maio.

Na figura 6 tem-se o comportamento da intensidade média do vento para o município de Caruaru – PE.

Destacam-se os meses de fevereiro, março, abril e junho com menores intensidades ($1,8 \text{ ms}^{-1}$). O mês de novembro com $2,3 \text{ ms}^{-1}$. A intensidade anual do vento é de 2 ms^{-1} . Salienta-se que as baixas intensidades estão ligadas nos meses chuvosos e as altas intensidades nos meses secos. Destaca-se que não foram utilizadas as rajadas de ventos para serem geradas as climatologias acima.

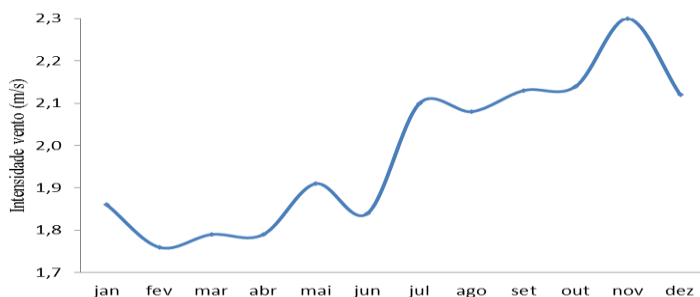


Figura 6. Comportamento da intensidade média do vento para o município de Caruaru – PE.

A direção do vento é o ponto cardinal de onde vem o vento. A partir da rosa dos ventos obtêm-se a direção do vento predominante para determinado local e período. O demonstrativo da direção do vento predominante no município é da seguinte forma conforme descrição. A direção predominante do vento anual no município é de SE, assim como todas as flutuações mensais registradas são de sudeste (SE).

CONCLUSÕES

Os elementos meteorológicos demonstrados têm contribuição para a desenvolvimento sustentável no município de Caruaru, na qual a alta insolação pode provocar ressecamento e câncer de pele, evitar esforços físicos entre os horários das 9 h às 15h, horário de máxima ocorrência de insolação.

Ainda, as coberturas de nuvens são máximas nos períodos chuvosos e mínimas no período seco. Com aumento na temperatura e redução na precipitação as deficiências hídricas sem ampliam e provocam desates maiores desgastes nos níveis de represas, açudes, agronegócios, agropecuária entra tantas outras áreas.

Como também, as flutuações dos índices de chuvas podem estar sendo causadas por fatores de grande escala, como Zona de Convergência Intertropical e dos eventos climáticos extremos como movimentos convectivos, linhas de instabilidades que ocorreram nos períodos estudados; e por fatores de microescala, como os efeitos locais e o crescimento urbano desordenado, provocando aquecimento da superfície, e a formação de nuvens na área de estudo.

Os aumentos dos índices pluviométricos podem ser justificados, porque os grandes centros urbanos, devido ao desmatamento e a expansão do crescimento urbano desordenado, se tornam mais quentes e isso causa aumento de temperatura do ar, podendo causar tempestades mais severas e na época menos chuvosa, essas tempestades podem ocorrer com rajadas de vento fortes, chuvas isoladas e de alta magnitude e de curta duração, seguidos de descargas elétricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELLOS, C. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*. v. 18, n. 3, p. 285- 304, 2009.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Participação das atividades econômicas no valor adicionado bruto, por Unidade da Federação - 2001-2004. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2012/default_ods_2002_2012.shtm Acesso em janeiro de 2017.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Dados da rede do Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/> Acesso em: janeiro 2017.

PARKER, D. Urban Heat Island Effects on Estimates of Observed Climate Change. *Interdisciplinary Review*, 1, 123-133. CrossRef. 2010.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCIL, L.R.; CENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária. 2001.

ROCHA, L.M.V.; SOUZA, L.C.L.; CASTILHO, F.J.V. Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. *Ambiente Cosntruído*, v.11, n.3, 2011.

THORNTHWAITE, C.W. Na approach toward a rotational classification of climate. *The Geogr. Ver.* 38(1). 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance climatology. *Caterton*. New Jersey, 8(1). 1-104 pp. 1955.

VULNERABILIDADE A DESERTIFICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA, PE, BRASIL

Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena¹, Raimundo Mainar de Medeiros², Vicente de Paulo Silva³, Romildo Morant de Holanda⁴.

¹ Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE-Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: emmanuelle@lorenas.com.br; ² Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; ³ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPR, e-mail: vicenteufrpe@yahoo.com.br; ⁴ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail: romildomorant@gmail.com.

RESUMO: Foram estudadas as flutuações no índice de aridez interanual e sua vulnerabilidade à desertificação para a área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca. Utilizaram-se dos cálculos do balanço hídrico, índice de aridez, classificação climática e nível de susceptibilidade, gerando-se o gráfico do índice e variabilidade de clima da área estudada. Os climas registrados na área de estudo foram do tipo Árido, Semiárido seco com níveis de susceptibilidade oscilando entre muito alta e alta. Áreas identificadas com vulnerabilidade à desertificação em razão do índice de menor aridez podem não estar localizadas em áreas degradadas. Esta variação poderá ocorrer devido ao uso inadequado do solo e do ambiente em estudo. Quanto maior a precipitação, maior será o índice de aridez, e diante a desertificação, menor será a susceptibilidade. A temperatura influencia na evapotranspiração, pois quanto maior a temperatura, maior a evapotranspiração e, conseqüentemente, menor o índice de aridez e, portanto maior a susceptibilidade à desertificação.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico climatológico, classificação climática, temperatura

VULNERABILITY OF DESERTIFICATION IN THE HYDROGRAPHIC BOWL OF RIO IPOJUCA, PE, BRAZIL

ABSTRACT: They studied fluctuations in the interannual dryness index and their vulnerability to desertification for the area of the Ipojuca river basin. The calculations of the water balance, dryness index, climatic classification and susceptibility level were used, generating the index graph and climate variability of the studied area. The climates recorded in the study area were of the Arid, Semi-arid dry type with levels of susceptibility oscillating between very high and high. Areas identified with vulnerability to desertification due to the lowest aridity index may not be located in degraded areas. The areas that have a higher aridity index and are not allocated as vulnerability processes may be degraded to the point of being considered as desertified areas. This variation may occur due to the inadequate use of the soil and the study environment. The higher the precipitation, the higher the dryness index, and the lower the desertification, the less susceptibility. The temperature influences evapotranspiration, because the higher the temperature, the greater the evapotranspiration and, consequently, the lower the dryness index, and therefore the greater the susceptibility to desertification.

KEY-WORDS: Climatological water balance, climatic classification, temperature.

INTRODUÇÃO

Na Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação foi aprovada a utilização do índice de aridez (IA) que é a razão entre precipitação e evapotranspiração anual, sendo que as terras áridas a subúmidas secas possuem um IA entre 0,03 e 0,65 com exceção para as regiões polares e subpolares conforme Nicholson et al. (1998). Das

consequências que poderão ocorrer nas características do clima atual, as graves seriam a elevação dos IA e das áreas de desertificação devido à elevação da deficiência hídrica, além de eventos extremos que estariam associados prioritariamente, nas regiões que já são áridas ou semiáridas, a exemplo do semiárido brasileiro (MMA, 2007).

As causas da desertificação no mundo incluem sobrepastoreio (680 milhões de hectares), desmatamento (580 milhões de hectares), gestão inadequada da agricultura (550 milhões de hectares), consumo de lenha como combustível (137 milhões de hectares) e indústria e urbanização (19.5 milhões de hectares). Objetiva-se a realização de estudo nos dados médios das séries pluviométricas e a análise para o índice de aridez, através do método do balanço hídrico climatológico segundo Thornthwaite para a capacidade de campo de 100 mm na área da bacia hidrográfica do Rio Ipojuca.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se dados de precipitações médias mensais e anuais adquiridos da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Agência de Tempo e Clima do Estado do Pernambuco (APAC) para o período de 1962 a 2015 (APAC, 2015).

O balanço hídrico utilizado calcula a disponibilidade de água no solo para os diversos tipos de cultivo. Contabiliza a precipitação perante evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de campo de armazenamento de água no solo (CAD). O modelo utilizado para determinar o balanço hídrico foi o proposto por Thornthwaite (1948; 1955) e efetivado a sua estrutura de cálculo por planilhas eletrônicas em conformidade com Medeiros (2016). O cálculo do BHC foi realizado apenas com dados de precipitação média e temperatura média mensal do ar com capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm.

CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ET_p)

A estimativa da evapotranspiração potencial (ET_p) utilizada na metodologia requer apenas dados de temperatura média mensal do ar e da insolação máxima expresso em mm/mês. Define-se a ETP da seguinte forma, de acordo com Thornthwaite e Mather (1948; 1953).

$$(ETP)_j = F_j \cdot E_j$$

Onde: E_j representa a evapotranspiração potencial (mm/dia) não ajustada e resumida da seguinte forma:

$$E_j = 0,553 \left(\frac{10 \cdot T_j}{I} \right)^a$$

Por fim, o expoente “a” é uma função cúbica desse índice anual de calor, expresso da seguinte forma: $a = 6,75 \times 10^{-7} - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49$

ÍNDICE DE ARIDEZ

O índice de aridez (IA) foi calculado usando a fórmula sugerida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 1992), que tem sido utilizado para classificação de terras susceptíveis aos processos de desertificação, cuja equação é dada por:

$$IA = \frac{Pr}{ETP}$$

Onde: Pr é a precipitação média anual (mm ano^{-1}) e ETP é evapotranspiração potencial média anual (mm ano^{-1}).

Dessa forma, o IA foi calculado para o município em estudo com os dados de precipitação mensal e anual e os dados de temperatura média do ar, sendo calculada a ETP média mensal, pelo método do balanço hídrico climático em conformidade com Thornthwaite (1948,1953). A classificação climática de uma determinada localidade tem que estar de acordo com os valores do IA demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação climática conforme valores do índice de aridez (IA)

Tipos de Clima	Índice de aridez (IA)
Hiperárido (H)	$IA \leq 0,03$
Árido (A)	$0,03 < IA \leq 0,2$
Semiárido (SA)	$0,2 < IA \leq 0,5$
Subúmido seco (SUS)	$0,5 < IA \leq 0,65$
Subúmido (SU)	$0,65 < IA \leq 1,0$
Úmido (U)	$IA > 1,0$

Conhecendo-se as séries históricas meteorológicas de precipitação e de temperatura média e do IA, pode-se caracterizar a disponibilidade da água e o planejamento para o uso. É possível também destacar os períodos anuais que serão críticos, com perdas ou excedentes hídricos em conformidade com Souza et al. (2014).

Tabela 2. Classificação quanto ao nível de susceptibilidade à desertificação com o auxílio do uso do Índice de Aridez, adaptada da metodologia de Matallo Júnior (2001).

Nível de susceptibilidade à desertificação	Índice de Aridez
Superior à moderada (SM)	$IA > 0,65$
Moderada (M)	$0,51 < IA < 0,65$
Alta (AL)	$0,21 < IA < 0,50$
Muito alta (MA)	$0,05 < IA < 0,20$
Inferior a muito alta (IMA)	$IA < 0,05$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 3. Representatividade Anual; Índices de aridez (IA); Classificação climática (CC); Nível de Susceptibilidade (NS) para a área da bacia hidrográfica do Rio Ipojuca.

Município	Latitude	Longitude	Alt.	IA	NS	CC
Arcoverde	-8,4336	-37,0556	794	0,358	M	AS
Belo Jardim	-8,3333	-36,4208	727	0,347	M	AS
Bezerros	-8,2433	-35,7528	553	0,385	M	AS
Caruaru	-8,2383	-35,9158	539	0,492	M	AS
Chã Grande	-7,7211	-39,2361	466	0,259	AL	AS
Escada	-8,3667	-35,2333	145	0,216	AL	AS
Gravatá	-8,2006	-35,5431	460	0,316	M	AS
Ipojuca	-8,5144	-35,0058	62	0,178	MA	A
Pombos	-8,1386	-35,3961	341	0,259	AL	AS
Porção	-8,1836	-36,7053	904	0,295	AL	AS
Primavera	-8,3483	-35,3475	367	0,193	MA	A
Sanharó	-8,3639	-36,5664	726	0,316	M	AS
São Caetano	-8,3283	-36,1375	639	0,467	AL	AS
Alagoinha	-8,4661	-36,7739	717	0,392	AL	AS
Altinho	-8,4906	-36,0597	530	0,409	AL	AS
Amaraji	-8,3778	-35,4472	386	0,190	MA	A
Cachoeirinha	-8,4839	-36,2375	572	0,439	AL	AS

Pesqueira	-8,3531	-36,6972	791	0,309	AL	AS
Sairé	-8,3267	-35,7089	628	0,274	AL	AS
S. Bento Una	-8,5281	-36,46	662	0,361	AL	AS
Venturosa	-7,9286	-38,9694	638	0,447	AL	AS
Vitória S. Antão	-8,8383	-35,6347	253	0,254	AL	AS
Riacho Almas	-8,1381	-35,8592	443	0,478	AL	AS
Agrestina	-8,4578	-35,9536	458	0,341	AL	AS
Tacaimbó	-9,1089	-38,1533	621	0,426	AL	AS

Legenda: MA = Muito alta; AL = Alta; M = Moderada; IMA = Inferior a muito alta; SM = Superior à moderada; H = Hiperárido; A = Árido; AS = Semiárido; SUS = Subúmido seco; SU = Subúmido; U = úmido

A tabela 3 demonstra nível Susceptibilidade moderado a alto em classificação climática hiperárido a árido para os municípios que entorna a bacia.

Na figura 1 tem-se a distribuição da temperatura média anual e da temperatura média histórica do período de 1962-2015 para a área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca. Observa-se a flutuabilidade interanual com irregularidade e a oscilação que flue entre 20,6 a 25,6 °C. Destaca-se ainda que entre os anos de 1962 a 2015 as temperaturas anuais ficaram abaixo da normal nos seguintes municípios: Arcoverde, Alagoinha, Belo Jardim, Poção, Sairé, Sanharó, São Caitano, São Bento do Uno, Tacaimbó e Ventura. Os municípios Bezerros, Cachoeirinha e Caruaru mantiveram-se com temperatura próximo a média.

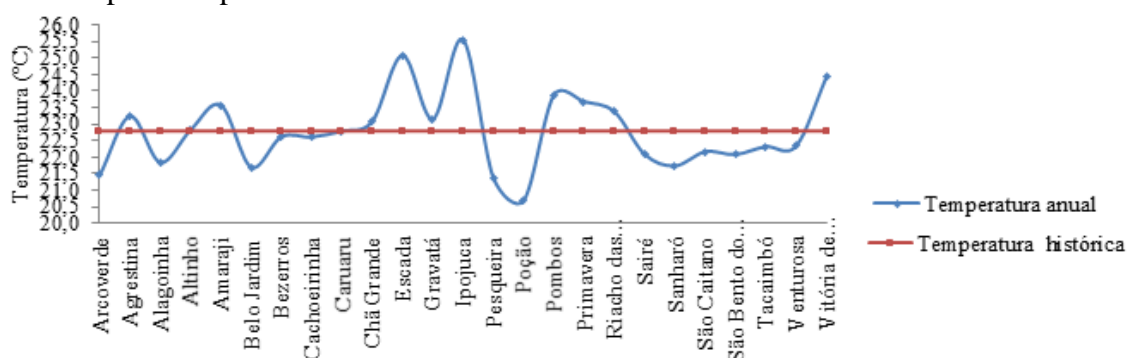


Figura 1. Distribuição da temp para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca no período de 1962-2015.

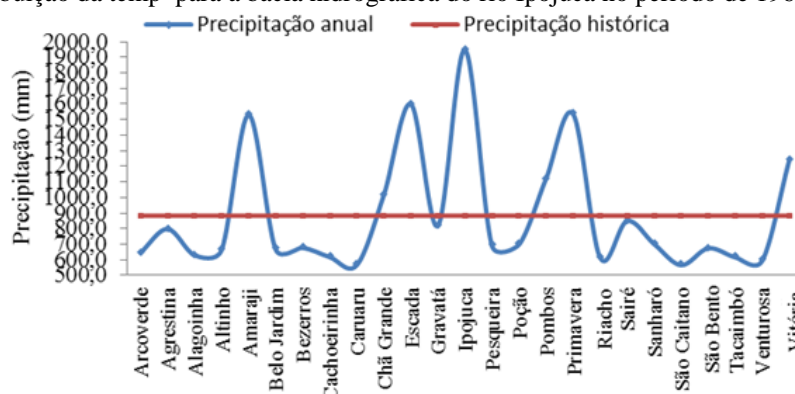


Figura 2. Distribuição da precipitação média anual e histórica da bacia hidrográfica do rio Ipojuca no período de 1962-2015.

Observa-se na figura 3 a ocorrência do clima árido (A) nos municípios de Ipojuca, com nível de suscetibilidade muito alto Primavera e Amaraji. O clima

semiárido (AS) registrou-se nos demais municípios da área estudada com nível de suscetibilidade oscilando entre alto a moderado.

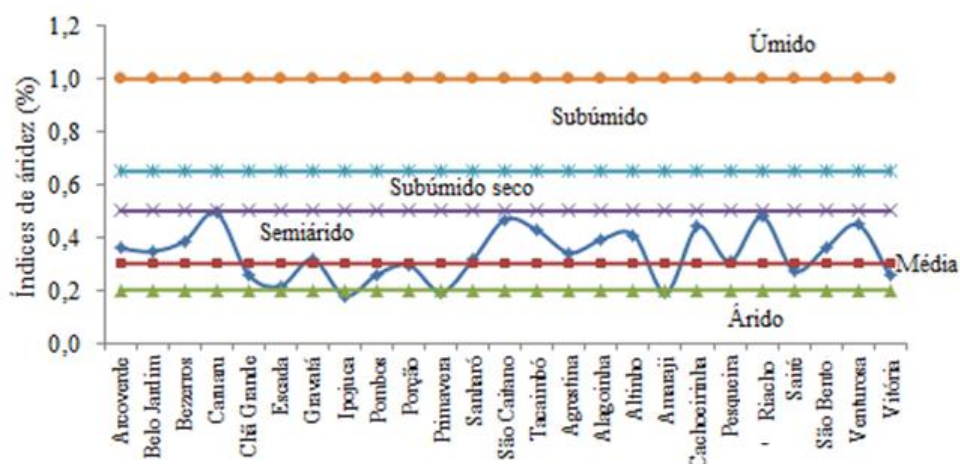


Figura 3. Variabilidade anual dos índices de aridez da bacia hidrográfica do rio Ipojuca no período de 1962-2015.

CONCLUSÕES

O índice de aridez calculado no balanço hídrico mostra ampla oscilação espacial interanual e intermunicipal, entretanto estão acima dos valores estabelecidos para a desertificação. A temperatura influencia na evapotranspiração, ou seja, na perda de água para a atmosfera, pois quanto maior a temperatura, maior será a evapotranspiração e, conseqüentemente, menor o índice de aridez e, portanto maior a suscetibilidade à desertificação.

As informações das condições climáticas de uma determinada região são necessárias para que se possam instituir estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, planejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável para implementação de práticas agrícolas viáveis e seguras para o meio ambiente e a produtividade agropecuária da área estudada.

REFERÊNCIAS

APAC. Agência Pernambucana de águas e Clima do Estado de Pernambuco. Recife, 2015.

MEDEIROS, R.M. Elaboração de programa computacional em planilhas eletrônicas do Balanço hídrico. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília: MMA, 2007.

NICHOLSON, S.E.; TUCKER, C.J.; BA, M.B. Desertification, Drought, and Surface Vegetation: An Example from the West African Sahel. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.79, n.5, p.815-829, 1998.

SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Paraíba. (Série Pluviometria, 2). Recife. 1990.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographic Review*, 38, p.55-94. 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. *Publications in Climatology*. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p.1955.

UNEP. United Nations Environment Programme. Disponível:
http://www.unep.org/sgb/prev_docs/78_05_G_C6_report_k7803325.pdf. Acesso: 28 de setembro de 2013.

OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO EXTREMAS EM CABACEIRAS - PB

Romildo Morant de Holanda¹, Raimundo Mainar de Medeiros², Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena³, Vicente de Paulo Silva⁴

¹ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail: romildomorant@gmail.com.; ² Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; ³ Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE-Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: emmanuelle@lorenas.com.br; ⁴ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPR, e-mail: vicenteufrpe@yahoo.com.br

RESUMO: Os eventos extremos de precipitação, como as chuvas fortes e as secas prolongadas, têm sido a causa de vários desastres naturais que provocam mortes e prejuízos para economia de uma localidade. Procurou-se analisar a variabilidade das ocorrências de eventos extremos de precipitação em Cabaceira - PB. Dados diários de precipitação pluviométrica que compreende os anos de 1970 – 2013 foram fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). As análises dos dados de precipitação de cada ano foram realizadas com a utilização do aplicativo Excel. Os eventos extremos analisados foram os de maior intensidade de precipitação diária para cada ano de estudo. Os resultados mostraram que houve mudança no comportamento das ocorrências de precipitação a partir do início da década de 90 na área de estudo. Ocorreu intensificação na precipitação máxima anual apresentando maior número de eventos com valores de precipitação superior a 50 mm/dia. Não ocorreu relação direta entre a intensificação na precipitação e ocorrências com eventos de ENOS. Porém, alguns anos apresentaram influência desses eventos. Eventos extremos de precipitação foram mais evidentes entre os meses da estação chuvosa com 68% das ocorrências e apenas 32% foram observados na estação seca.

Palavras-chave: ENOS; desastre análise e variabilidade climática.

OCCURRENCE OF EXTREME PRECIPITATION IN CABACEIRAS - PB

ABSTRACT: The extreme precipitation events, such as heavy rains and prolonged droughts have been the cause of several natural disasters that cause deaths and damage to the economy of a locality. We sought to analyze the variability of occurrences of extreme precipitation events in Cabaceira - PB. Daily rainfall data comprising the years 1970 - 2013 were provided by the Executive Agency of Water Management in the State of Paraíba (EFSA). The analysis of rainfall data for each year were performed using the Excel application. Extreme events analyzed were the most intense daily rainfall for each year of study. The results showed that there was a change in the behavior of occurrences of rainfall from the beginning of the 90 in the study area. Intensification occurred in the maximum annual rainfall presenting greater number of events with values higher rainfall 50 mm/day. There was no direct relationship between intensification and precipitation occurrences with ENSO events. However, some years had influence these events. Extreme precipitation events were more evident among the months of the rainy season, with 68% of cases and only 32% were observed in the dry season. Keywords: ENSO, climate variability and disaster analysis.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das condições climáticas de uma determinada região é necessário para que se possa estabelecer estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, almejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agropecuárias viáveis e seguras para os diversos biomas da região (Sousa et al., 2010).

Os eventos extremos são os principais causadores da maioria dos desastres naturais ocorridos nos últimos anos e têm afetado diretamente a população. Como consequências destes desastres ocorrem perdas de vidas humanas e animal, prejuízos na economia, agricultura, transporte, saúde e moradia além de causar impactos graves aos mais variados ecossistemas.

Medeiros et al. (2014) analisaram as ocorrências de eventos extremos de precipitação em Campina Grande, com dados diários de precipitação que compreende os anos de 1970–2010, Os eventos extremos analisados foram os de maior intensidade de precipitação diária para os anos estudados. Os resultados mostraram que houve mudança no comportamento das ocorrências de precipitação a partir da década de 70 na área de estudo. Ocorreu intensificação na precipitação máxima apresentando maior número de eventos com valores de precipitação superior a 80 mm. Não houve, de modo geral, relação direta entre a intensificação na precipitação e ocorrências com eventos de ENOS. Eventos extremos foram evidentes entre os meses da estação chuvosa, com 88% das ocorrências e 12% na estação seca.

O monitoramento do regime pluviométrico da região nos últimos anos tem mostrado que a escassez de recursos hídricos acentua os problemas socioeconômicos, em particular ao final de cada ano, com os totais pluviométricos em torno ou abaixo da média da região em conformidade com Marengo e Silva Dias (2006).

Secas prolongadas tornam a água um recurso indisponível e até escasso provocando a migração da população para outras regiões em busca de melhores condições de sobrevivência. A falta de precipitação bloqueia o desenvolvimento da agrícola e a agropecuária trazendo consequências negativas para a economia da região. Nas plantas, a falta de água prejudica o seu desenvolvimento em suas diversas fases de crescimento, principalmente, quando este problema ocorre durante fases fenológicas nas quais elas necessitam de maiores quantidades de água, como, por exemplo, durante a floração e frutificação conforme Fietz et al. (1998).

De maneira geral, pode-se dizer que o aquecimento global, em um futuro próximo, tende a apresentar um cenário de clima mais extremo, com maiores ocorrências de estiagens e inundações. Logo, é importante saber a frequência e a intensidade com que esse fenômeno meteorológico vem ocorrendo nas últimas décadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Cabaceiras localiza-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, limitando-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2014). Situado nas coordenadas geográficas latitude de 7°30' ao sul e longitude 36°17' a oeste de Greenwich, com altitude média em relação ao nível do mar de 390 metros, localizada na área mais baixa do Planalto da Borborema (CPRM, 2005).

O regime pluviométrico municipal possui uma distribuição irregular espacial e temporal, que é uma característica do Nordeste brasileiro, em função disto a sua sazonalidade de precipitação concentra quase todo o seu volume durante os cinco meses no período chuvoso (SILVA, 2014).

Os fatores provocadores da precipitação na área de estudo são: As contribuições das formações dos ciclones de altos níveis quando o seu centro está sobre o Oceano Atlântico, o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical, as formações de linha de instabilidade auxiliadas pelos vórtices ciclone do Atlântico sul, a troca de calor e seus efeitos locais com auxílio do vento alísio de sudeste as contribuições das ondas de leste e Maddem e Juliem e atuação do fenômeno de larga escala La Niña que aumentam a nebulosidade e provocam chuva acima da normalidade conforme Medeiros (2013).

De acordo com a classificação de Köppen o clima da área de estudo é considerado do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente abaixo de 400 mm ano⁻¹, e temperatura mais baixa da área estudada, devido ao efeito da altitude (400 a 700 m), e temperatura média de 24 °C, mais ameno devido o efeito da altitude de 400 metros. As chuvas da região sofrem influência das massas Atlânticas de sudeste e do norte, além de possuir uma distribuição pluviométrica anual muito irregular (336,6 mm) e com umidade relativa média do ar de 64,1% Medeiros, (2013).

Dados diários de precipitação pluviométrica que compreende os anos de 1970 – 2013 foram fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). As análises estatísticas dos dados foram desenvolvidas pelo software Excel. Avaliou-se a ocorrência dos eventos extremos de precipitação de maior intensidade em cada ano, como também o dia de sua ocorrência.

A análise das características de eventos extremos com os eventos de ENOS – El Niño Oscilação Sul (Tabela 2) foi realizado pela classificação dos anos, em anos de ocorrência de um evento de El Niño e anos de ocorrência de um evento de La Niña, da série de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise das ocorrências de eventos extremos de precipitação do período de 1970-2013 (Figura 1) demonstram que na década de 90 e 2000 vem ocorrendo maior variabilidade nos índices de precipitação variando, na sua maioria, entre 50 e 218 mm, com destaque para os anos de 1971, 1975, 1977, 1978, 1981, 1985, 1988, 1989, 1991, 1994, 1995, 1996, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 e 2011 que os índices pluviométricos foram maiores que 50 mm, exceto os anos de 2002 (172 mm) e 2008 com 218,2 mm). A década de 70 e 80 ocorreu variabilidade na intensificação da precipitação máxima mensal apresentando menores números de eventos com índices pluviométricos inferiores aos 50 mm. Nos últimos anos (2000 a 2010) os eventos extremos oscilaram na sua flutuação espaço-temporal com precipitação máxima diária bem acima do padrão normal.

Notou-se também que não houve relação direta entre a intensificação na precipitação e ocorrências com eventos de ENOS (Figura 1). Porém, em alguns anos a relação foi constatada. Em geral, no nordeste os ENOS alteram os totais pluviométricos da região e também a ocorrência de períodos secos (Carvalho, 2009). Eventos extremos de precipitação são mais evidentes entre os meses da estação chuvosa que se estende de fevereiro a julho, (Tabela 1), com 24 ocorrências, de um total de 40, representando 60% de chances de ocorrência. Nesse período foram registrados os eventos mais intensos com valores superiores a 50 mm. A estação seca (setembro – dezembro) exibiu pequenas ocorrências de eventos extremos de precipitação representando cerca de 5% de chances de ocorrência. Porém, a maioria desses eventos possuiu valores de precipitação pouco menor que 50 mm. Esses eventos apesar de não serem tão frequentes possuem grande quantidade de água que é suficiente para proporcionar grandes estragos e prejuízos locais à fruticultura local.

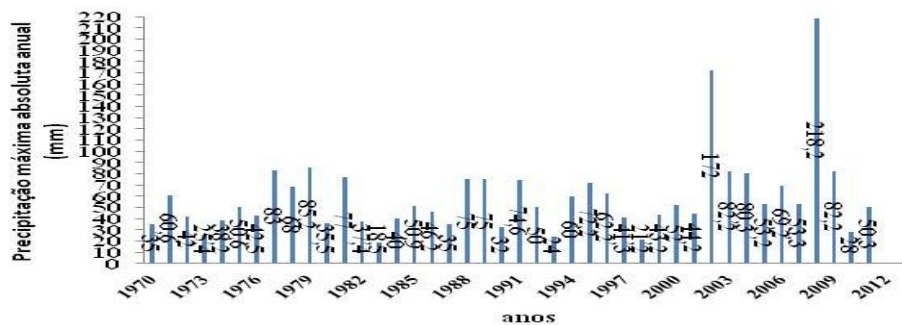


Figura 1. Precipitação absoluta máxima anual (mm) durante o período de 1970 a 2010 em Cabaceiras, PB. FONTE: Medeiros, (2013).

Tabela 1. Dia da ocorrência da máxima precipitação anual durante o período de 1970 a 2010 em Campina Grande, PB.

ANO	DIA/MÊS/ÍNDICE	ANO	DIA/MÊS/ÍNDICE	ANO	DIA/MÊS/ÍNDICE	ANO	DIA/MÊS/ÍNDICE
1970	25/04 – 35,0	1981	27//01 – 77,0	1992	04/04 – 50,0	2003	04/05 – 82,2
1971	08/04 – 60,0	1982	01/06 – 37,4	1993	13/07 – 24,0	2004	04/02 - 80,3
1972	12/02 – 42,0	1983	15/06 – 18,5	1994	20/02 – 60,0	2005	19/03 – 53,2
1973	02/05 – 25,4	1984	19/05 – 40,0	1995	26/03 – 72,2	2006	16/02 – 69,2
1974	30/05 – 38,2	1985	22/03 – 50,9	1996	07/04 – 62,2	2007	01/03 – 53,3
1975	01/03 – 50,6	1986	02/02 – 46,2	1997	23/03 – 41,3	2008	18/03 – 218,2
1976	12/02 – 42,5	1987	21/03 – 35,0	1998	29/03 – 21,2	2009	24/02 – 82,2
1977	04/04 – 83,0	1988	25/02 – 75,0	1999	15/03 – 43,2	2010	26/03 – 28,0
1978	09/04 – 68,0	1989	18/04 – 75,0	2000	14/02 – 52,0	2011	02/03 – 50,3
1979	25/04 – 85,2	1990	25/02 – 32,0	2001	27/06 – 44,2	2012	
1980	13/02 – 35,5	1991	29/03 – 74,6	2002	15/02 – 172,0	2013	

FONTE: Medeiros, 2013.

Tabela 2. Classificação e Intensidade do El Niño – Oscilação Sul no período de 1970-2010.

Período	Classificação	Intensidade	Período	Classificação	Intensidade	Período	Classificação	Intensidade
1972-1973	El Niño	Forte	1973-1976	La Niña	Forte	1976-1977	El Niño	Fraco
1977-1978	El Niño	Fraco	1979-1980	El Niño	Fraco	1982-1983	El Niño	Forte
1983-1984	La Niña	Fraco	1984-1985	La Niña	Fraco	1986-1988	El Niño	Moderado
1988-1989	La Niña	Forte	1990-1993	El Niño	Forte	1990-1993	El Niño	Forte
1994-1995	El Niño	Moderado	1995-1996	La Niña	Fraco	1997-1998	El Niño	Forte
1998-2001	La Niña	Moderado	2002-2003	El Niño	Moderado	2004-2007	El Niño	Forte
2008	La Niña	Forte	2009-2010	El Niño	Fraco	2011	La Niña	Moderada

FONTE: CPTEC

CONCLUSÃO

Não ocorreu relação direta entre a intensificação na precipitação e ocorrências com eventos de ENOS. Ressaltando que em alguns anos perceberam-se as influências da La Niña. Eventos extremos de precipitação foram mais evidentes entre os meses da estação chuvosa com 68% das ocorrências e apenas 32% foram observados na estação seca.

REFERÊNCIAS

AESA-Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.2014.

CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; PORFIRIO, A. C. S.; FERREIRA JUNIOR, R. A.; SANTOS, M. A.; WANDERLEY, H. S. Probabilidade de ocorrência de períodos secos para a região de Rio Largo, Alagoas. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XVI, Belo Horizonte, MG, Anais....(CD-Rom), 2009. CPTEC/INPE.

FIETZ, C. R.; FRIZZONE, F. A.; FOLEGATTI, M. V. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos na região de Dourados, MS. Irriga (Botucatu), Botucatu, v.3, n.1, p. 16-22, 1998.

MARENGO, J.; SILVA DIAS, P. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. Capítulo 3, Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação, 2006, pp.63-109, Eds. A. Rebouças, B., Braga e J. Tundisi. Editoras Escrituras, SP.

MEDEIROS, R. M.; SOUSA, E. P.; GOMES FILHO, M. F. Ocorrência de eventos extremos de precipitação em Campina Grande – Paraíba, Brasil. Capítulo 3.2: Riscos Climáticos e Hidrológicos. p.437-440. 2014.

MEDEIROS, R. M. Estudo agrometeorológico para o estado da Paraíba. P.128, 2013.

SILVA, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. Journal of Arid Environments n.58, p.575-596, 2004.

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM CABACEIRAS, EM ANOS DE OCORRÊNCIA DE “EL NIÑO”

Romildo Morant de Holanda¹, Raimundo Mainar de Medeiros², Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena³, Vicente de Paulo Silva⁴

¹ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail: romildomorant@gmail.com.; ² Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; ³ Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE-Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: emmanuelle@lorenas.com.br; ⁴ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPR, e-mail: vicenteufrpe@yahoo.com.br

RESUMO: A finalidade é avaliar o comportamento da precipitação em Cabaceiras, PB, em anos de ocorrência do El Niño, visando à captação de água de chuva. Os dados diários da precipitação da série 1976-2010 foram cedidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Nos dados pluviométricos realizou-se tratamentos de consistência e organizados em planilhas eletrônicas, onde se utilizou-se dos parâmetros estatísticos. O total acumulado de precipitação mensal da série 1976-2010 foi calculado para definir a quadra mais chuvosa levando em consideração os índices de classificação, que corresponde aos meses de janeiro a agosto, onde se verifica uma equiparação e uma redução na quantidade de precipitação. Observou-se que os anos com ocorrências de chuvas entre a normalidade foram 1991 e 2010. As temperaturas igualmente tiveram um significativo acréscimo em todos os anos estudados, com valores acima da média, destacando-se os anos de 1990, 1993, 1998 e 2010, com as maiores temperaturas registradas. Nos anos estudados, considerados os mais secos do período, os desvios percentuais da precipitação em relação à média foram negativos e corresponderam a 51,5% (1980), 85% (1993), 63,2% (1998) e 43,3 em 1999 respectivamente, demonstrando com isto que em anos de ocorrências de El Niño, é possível realizar armazenamento de água de chuvas.

Palavras-chave: Classificação, variabilidade pluvial, armazenamento de água.

ANALYSIS OF PLUVIOMETRIC PRECIPITATION IN CABACEIRAS, IN YEARS OF OCCURRENCE OF "EL NIÑO"

ABSTRACT: The purpose is to evaluate the precipitation behavior in Cabaceiras, PB, in years of El Niño occurrence, aiming at the abstraction of rainwater. The daily precipitation data for the 1976-2010 series were provided by the Paraíba State Water Management Executive Agency (AESAs). In the pluviometric data, we performed consistency treatments and organized in electronic spreadsheets, where statistical parameters were used. The cumulative total of the monthly rainfall of the 1976-2010 series was calculated to define the rainy season, taking into account the classification indexes, which correspond to the months of January to August, where there is an equalization and a reduction in the amount of precipitation. It was observed that the years with rainfall occurrences between normality were 1991 and 2010. The temperatures also had a significant increase in all the years studied, with values above the average, being the years of 1990, 1993, 1998 and 2010, with the highest temperatures recorded. In the studied years, the driest variables of the period were negative, corresponding to 51.5% (1980), 85% (1993), 63.2% (1998) and 43.3% In 1999 respectively, demonstrating that in years of El Niño occurrences, it is possible to store rainwater.

Keywords: Classification, rain water, storage variability

INTRODUÇÃO

A variabilidade espaço-temporal das chuvas no Nordeste brasileiro principalmente no semiárido torna a agricultura, uma de suas principais atividades econômicas, muito dependente das condições climáticas. Para fornecer um suporte maior à análise pluviométrica é fundamental realizar um balanço hídrico da área em estudo na região Baracho et al, 2011.

Segundo Santana e Silva & Oliveira (1980) o balanço hídrico de uma região permite identificar as variações climáticas e fornecer a base para o planejamento do calendário agrícola, bem como dar suporte aos projetos de irrigação. A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos de grande importância para o planejamento das atividades agrícolas, porém períodos secos ocorrem devidos estarem associados à ocorrência do fenômeno “El Niño” que quando se configura compromete a produção agropecuária da região, principalmente a de sequeiro. O fenômeno El Niño é conhecido como o maior causador de condições meteorológicas anômalas (secas e chuvas extremas) afetando a circulação atmosférica em escala global (Katz, 2002).

O objetivo refere-se à realização de levantamento pluviométrico da série 1976-2010 e seu comparativo com os anos de 1990, 1991, 1993, 1998, 1999 e 2010 nos anos de incidência dos fenômenos El Niño com a finalidade de sua comparação e influencia pluvial.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados pluviométricos foram adquiridos da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A). compreendido entre os anos de 1976 a 2010 os quais se trabalhou com anos isolados de ocorrências de El Niño(a). Utilizou-se de cálculos simplificados estatisticamente para definir, média e seus comparativos.

Realizaram-se preenchimentos de falhas pelo método de Thichenn, seguidamente de sua consistência e homogeneização. No comparativo dos anos ENOS utilizou-se da variabilidade $\pm 25\%$, com este percentual consideraram-se anos normais em conformidade a utilização dos núcleos de meteorologias estaduais em operações no Nordeste do Brasil.

De acordo com a classificação de Köppen o clima da área de estudo é considerado do tipo Bsh - semiárido quente, precipitação predominantemente abaixo de 400 mm/ano, e temperatura média de 24 °C, mais ameno devido o efeito da altitude de 400 metros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total acumulado de precipitação mensal da série 1976-2010 foi calculado para definir a quadra mais chuvosa levando em consideração os índices de classificação, conforme Tabela 1, correspondente aos meses de janeiro a agosto onde se verifica redução nos índices de precipitação. Nos anos que ocorreram o El Niño, veja a tabela 3 dos anos e seus respectivos períodos chuvosos com seus índices, demonstrando desta forma é possível realizar captação e armazenamento de água de chuvas.

Tabela 1. Critérios de classificação.

Desvio Percentual	CLASSIFICAÇÃO
$\pm 0,0$ A 25,0%	Normal
$\pm 25,1$ A 45,0%	Seco/chuvoso
$\pm 45,1$ A 70,0%	Muito seco/Muito chuvoso
$\pm 70,1$ A 100,0%	Extremamente seco/Extremamente chuvoso

Tabela 2. Demonstrativo dos anos com seus cálculos dos desvios percentuais e sua respectiva classificação em relação à série de 1976-2010.

Anos	Desvio percentual	Classificação
1990	-28,8	Seco
1991	-17,8	Normal
1993	-85,0	Extremamente Seco
1998	-63,2	Muito seco
1999	-43,2	Seco
2010	-9,6	Normal

Tabela 3. Anos de El Niño e os valores mensais dos índices de precipitação do período da quadra chuvosa e seus respectivos cálculos dos desvios percentuais.

Meses/anos	1993	1998	2010	1976-2010	Desvio 93	Desvio 98	Desvio 10
Jan	0,0	1,2	55,5	33,4	-100,0	-96,4	66,4
Fev	0,0	0,0	9,3	53,8	-100,0	-100,0	-82,7
Mar	0,0	22,5	32,4	76,4	-100,0	-70,5	-57,6
Abr	6,8	16,9	38,6	65,0	-89,5	-74,0	-40,6
Mai	9,6	34,6	5,8	47,8	-79,9	-27,5	-87,9
Jun	17,8	13,2	124,9	51,5	-65,4	-74,4	142,7
Jul	28,7	29,7	21,0	44,5	-35,5	-33,2	-52,8
ago	0,0	36,4	12,9	21,1	-100,0	72,1	-39,0

Figura 1 representa a precipitação média da série de 1976-2010 e a precipitação ocorrida no ano de 1990, onde ressaltamos os meses de fevereiro, maio e julho com chuvas próximo a normal e o mês de setembro com chuva acima da normalidade, sendo a média climatológica do mês de setembro muito pequena, deste modo qualquer chuva anômala supera as climáticas. O ano de 1990 foi classificado como um ano seco.

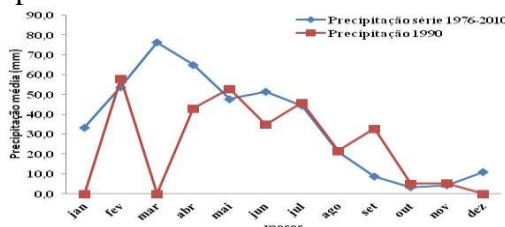


Figura 1: Precipitação média mensal da série 1976-2010 e a precipitação ocorrida no ano de 1990 (ano de El Niño) no município de Cabaceiras, PB.

Na figura 2, os meses de março, maio e agosto ocorreu chuva acima dos valores da série estudada, portanto o ano de 1991 foi classificado como ano de precipitações normais.

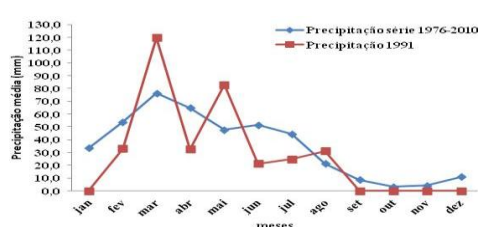


Figura 2: Precipitação média mensal da série 1976-2010 e a precipitação ocorrida no ano de 1991 (ano El Niño) no município de Cabaceiras, PB.

Conforme gráfico abaixo o ano de 1993, apresentou-se com chuvas abaixo da normal, sendo classificado como ano extremamente seco.

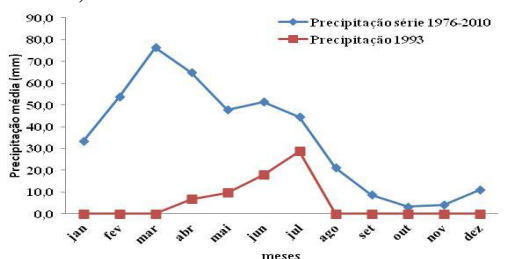


Figura 3: Precipitação média mensal da série 1976-2010 e a precipitação ocorrida no ano de 1993 (ano de El Niño) no muni-

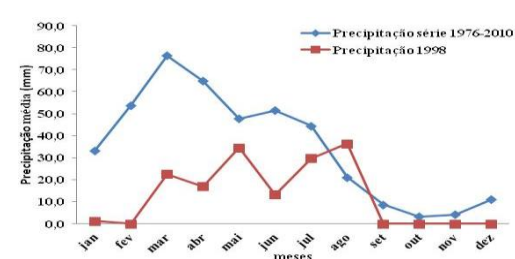


Figura 4: Precipitação média mensal da série 1976-2010 e a precipitação ocorrida no ano de 1998 (ano de El Niño) no município de

No decorrer da quadra chuvosa para o ano de 1998, ocorreu chuva acima da normal no mês de agosto o que nos levou a classificar o referido ano como muito seco pela variabilidade espaço-temporal da distribuição das chuvas que ocorreram em curto intervalo de tempo e em oitos dias de chuvas, veja figura 4.

O ano de 1999, considerado como seco para o período da quadra chuvosa quando comparada a série estudada.

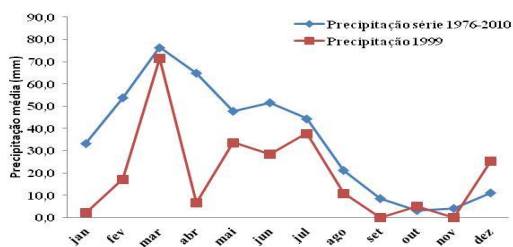


Figura 5: Precipitação média mensal da série 1976-2010 e a precipitação ocorrida no ano de 1999 (ano de El Niño) no município de Cabaceiras, PB.

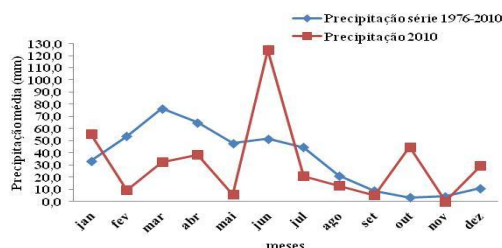


Figura 6: Precipitação média mensal da série 1976-2010 e a precipitação ocorrida no ano de 2010 (ano de El Niño) no município de Cabaceiras, PB

O ano de 2010 teve uma quadra chuvosa normal quando comparado ao da série de 1976-2010, pois se teve um El Niño moderado.

CONCLUSÕES

Concluimos que os anos estudados mesmo com El Niño em atividade suas flutuações foram de normal a extremamente seco. Salienta-se que o período chuvoso inicia-se no mês de janeiro com chuvas de pré-estação e prolonga-se até o mês de maio. Neste período os cultivos necessitam de maiores cuidados com relação ao consumo hídrico e, portanto o manejo de água através da irrigação suplementar, principalmente as frutíferas. Conseqüentemente, ao se configurar o fenômeno El Niño é importante que o produtor tome as devidas precauções a fim de minimizar as perdas em sua lavoura, para isto o agricultor tem que realizar o plantio direto e utilizar sementes classificadas e seguir as regras do zoneamento agrícola. Em anos de El Niño forte outros sofrimentos para a população rural e urbana é a falta ou o racionamento de água, portanto deve-se economizar e evitar os desperdícios tais como: lavar calçadas, carros, aguar jardim, limpar rede de esgotos com mangueiras ligadas em tempos contínuos. Em anos de El Niño é possível realizarmos captação e armazenamento de água de chuvas em diversos reservatórios, para isto o referido reservatório deverá estar limpo e com as suas calhas todas interligadas para a realização das capturas, salienta-se ainda que as chuvas ocorridas em eventos de El Niño sempre acontecem em grandes volumes e em espaço de tempo moderados, ou seja, chove com sua distribuição espacial e temporal irregulares.

REFERÊNCIAS

BARACHO, D. C.; COSTA FILHO, J. F. da; COSTA, T. S. A. da; SANTOS, T. S. dos; MARINHO, E. C. S. Análise da precipitação pluvial em Areia - PB, em anos de ocorrência de “El Niño”. Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

KATZ, R. W. Sir Gilbert Walker and a connection between El Niño and Statistics. Statistical Science, v. 17, n. 1,

p. 97-112, 2002.

MEDEIROS, R. M., SANTOS, D. C., BRITO, J. I. B Variabilidade de índices climáticos para o Estado do Piauí. I Colóquio Tecnologia Ambiental e Biodiversidade e III Encontro de Pós-Graduação do ITEP. Recife - PE: ITEP, 2013.

MEDEIROS, R. M. Estudo agrometeorológico para o Estado da Paraíba. p. 120. 2013.

OLIVEIRA, M. C. F. Variabilidade interanual da precipitação associada ao fenômeno El Niño em Belém-Pará, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8., Belo Horizonte, MG, Anais..., Belo Horizonte, MG: SBMET. 1 CD-ROM.

SANTANA E SILVA, J. J.; OLIVEIRA, F. A. Balanço hídrico do projeto de irrigação de São Desidério. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 9, Campina Grande, 1980, Anais... Campina Grande: SBEA, 1980, V. 1, P. 80-84.

BALANÇO HÍDRICO EM CENÁRIOS CLIMÁTICOS NO MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ – PE, BRASIL

Vicente de Paulo Silva¹, Raimundo Mainar de Medeiros², Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena³, Romildo Morant de Holanda⁴

¹ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail: vicenteufrpe@yahoo.com.br; ² Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com; ³ Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPR, e-mail: romildomorant@gmail.com

RESUMO: O clima global vem sendo modificado ao longo dos anos, o que leva a se pensar nas ações do homem, quando altera o ambiente, e através de novas tecnologias que buscam atender às pressões dos padrões de consumo, cada vez mais exigentes. Objetiva-se avaliar as condições hídricas por meio do panorama climático futuro de precipitação e temperatura do ar com intuito de mostrar os efeitos de um possível aquecimento global sobre o balanço hídrico climatológico visando obter um panorama climático futuro, o qual é de suma importância. Os dados foram trabalhados para cenários de precipitação (P) e temperatura do ar (T) mensal média considerando o caso de um cenário otimista = B2, redução de 10% para P e 1°C para T e o caso de um cenário pessimista = A2, redução de 20% para P e 4°C para T, segundo metodologia do IV Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC AR4). A aplicação do método do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1948; 1955), verificou-se que os índices pluviométricos não serão suficientes para sustentar o desenvolvimento de práticas agrícolas de sequeiro de várias culturas no município de Tacaimbó, principalmente considerando no caso da ocorrência do cenário pessimista. Ou seja, os resultados indicam que a ocorrência do cenário pessimista, tornará crítica à condição do armazenamento de água de chuvas para o consumo humano e animal em Tacaimbó. Portanto, faz-se necessário um planejamento para construções de cisternas e outras ações similares, visando melhorar o armazenamento de água e minimização dos impactos.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidades e fatores climáticos, elementos meteorológicos, disponibilidade hídrica.

WATER BALANCE IN CLIMATE SCENARIOS IN THE MUNICIPALITY OF TACAIMBÓ - PE, BRAZIL

ABSTRACT: The global climate has been modified over the years, which leads to thinking about the actions of man, when he changes the environment, and through new technologies that seek to meet the pressures of increasingly demanding consumption patterns. The objective of this study is to evaluate the water conditions through the future climate scenario of precipitation and air temperature in order to show the effects of possible global warming on the climatological water balance in order to obtain a future climatic scenario, which is of the utmost importance. The data were worked for precipitation scenarios (P) and average monthly air temperature (T) considering the case of an optimistic scenario = B2, 10% reduction for P and 1°C for T and the case of a pessimistic scenario = A2, Reduction of 20% for P and 4°C for T, according to the methodology of the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC AR4). The application of the water balance method of Thornthwaite and Mather (1948, 1955), it was verified that the rainfall indices will not

be enough to sustain the development of agricultural practices of several crops in the municipality of Tacaimbó, mainly considering in the case of occurrence Of the pessimistic scenario. Either, the results indicate that the occurrence of the pessimistic scenario, will make critical to the condition of rainwater storage for human and animal consumption in Tacaimbó. Therefore, it is necessary to plan for cistern constructions and other similar actions to improve water storage and minimize impacts.

KEY-WORDS: Variables and climatic factors, meteorological elements, water availability.

INTRODUÇÃO

A problemática das mudanças climáticas é um dos maiores desafios socioeconômicos e científicos que a humanidade terá que enfrentar ao longo deste século. De acordo com Jenkins et al. (2005) todo o planeta sofrerá com esses impactos, mas as populações mais pobres, dos países mais vulneráveis, certamente serão as mais susceptíveis aos seus impactos negativos. Santos et al. (1998) demonstraram que o déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas poderão ser afetados pelas previsões de mudanças climáticas.

De acordo com Bezerra et al. (2012) a evapotranspiração das culturas é variável fundamental no planejamento e execução de manejo na irrigação. O método proposto pela FAO-56 (Allen et al., 1998) baseado no produto entre a evapotranspiração de referência (ET_0) e o coeficiente de cultura, característico de cada fase fenológica da cultura.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as condições hídricas por meio do panorama climático futuro de precipitação e temperatura do ar, com intuito de mostrar os efeitos de um possível aquecimento global no balanço hídrico climático para o município de Tacaimbó-PE.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se séries de dados mensais e anuais de precipitação e temperatura do ar fornecido pela Agencia pernambucana de água e clima do Estado do Pernambuco (APAC) referente ao período de 1960-2015. Os dados foram trabalhados para cenários de precipitação e temperatura do ar mensal média, o primeiro considerando-se uma redução de 10% e 1°C (cenário otimista = B2) e o segundo considerando-se uma redução de 20% e 4°C (cenário pessimista = A2), conforme metodologia do IV Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC AR4). Aplicou-se o método do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1948; 1955), desenvolvido por Medeiros (2014) em planilhas eletrônicas seguindo as formulações de Thornthwaite e Mather (1948, 1955).

A Capacidade de Água Disponível (CAD) definida como o armazenamento máximo de água no solo adotou-se em todos os cenários o valor de referência de 100 mm, conforme Thornthwaite e Mather (1955).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média do ar no município de Tacaimbó oscila entre 19,9 °C em julho a 24 °C em janeiro, com valor anual médio de 22,3 °C. Na área municipal foram detectados excedentes nos meses de março e abril.

Em contraste com os moderados excessos de água do período chuvoso, o período seco, além de relativamente longo, possui normalmente grandes déficits de água, prolongando-se de agosto a março e maio, com exceção os meses de abril, junho e julho que apresenta com valor zero. A deficiência anual é 458,6 mm.

Tabela 1. Balanço hídrico climatológico para o município de Tacaimbó – PE, considerando a capacidade de armazenamento de 100 mm.

Meses	T(°C)	P(mm)	ETP(mm)	EVR(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Jan	24,0	36,5	110,5	37,2	73,3	0,0
Fev	23,8	54,4	99,9	54,6	45,4	0,0
Mar	23,7	99,0	107,0	99,0	8,0	0,0
Abr	22,8	108,2	92,0	92,0	0,0	0,0
Mai	21,7	70,7	82,3	72,6	9,8	0,0
Jun	20,5	68,9	67,0	67,0	0,0	0,0
Jul	19,9	76,9	64,2	64,2	0,0	0,0
Ago	20,1	27,1	66,4	36,6	29,8	0,0
Set	21,5	21,0	78,4	29,7	48,7	0,0
Out	22,7	11,3	95,3	17,6	77,7	0,0
Nov	23,4	16,2	101,8	19,0	82,8	0,0
Dez	23,8	26,3	110,6	27,5	83,2	0,0
Anual	22,3	616,4	1075,5	616,8	458,6	0,0

Legenda: T= Temperatura média(°C); P=Precipitação histórica (mm); ETP=Evapotranspiração (mm); EVR= Evaporação (mm); DEF= Deficiência hídrica (mm); EXC= Excedente hídrico (mm).

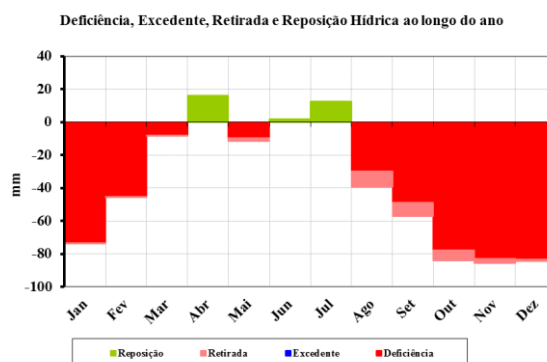


Figura 1. Gráfico do balanço hídrico climatológico (CAD 100 mm) para o município de Tacaimbó – PE, referente ao período de 1962-2015.

Tabela 2. Balanço hídrico climatológico para o município de Tacaimbó – PE, considerando a capacidade de armazenamento de 100 mm, aumento de temperatura de +1 °C e redução precipitação em 10%.

Meses	T(°C)	P(mm)	ETP(mm)	EVR(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
-------	-------	-------	---------	---------	---------	---------

Jan	25,0	32,9	121,3	32,9	88,5	0,0
Fev	24,8	48,9	109,7	48,9	60,8	0,0
Mar	24,7	89,1	117,4	89,1	28,3	0,0
Abr	23,8	97,4	100,5	97,4	3,1	0,0
Mai	22,7	63,7	89,4	63,7	25,8	0,0
Jun	21,5	62,0	72,3	62,0	10,3	0,0
Jul	20,9	69,2	69,2	69,2	0,0	0,0
Ago	21,1	24,4	71,6	24,4	47,2	0,0
Set	22,5	18,9	85,1	18,9	66,1	0,0
Out	23,7	10,1	104,1	10,1	93,9	0,0
Nov	24,4	14,6	111,5	14,6	96,9	0,0
Dez	24,8	23,7	121,4	23,7	97,7	0,0
anual	23,3	554,8	1173,4	554,8	618,6	0,0

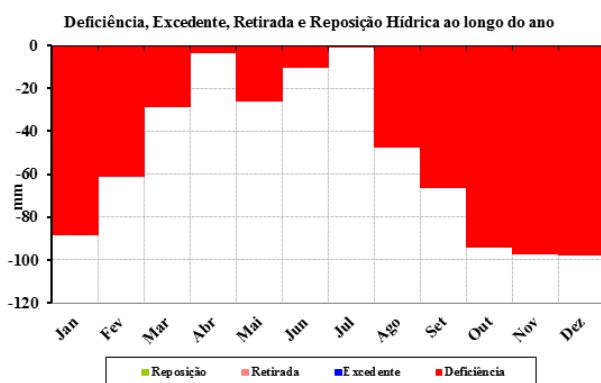


Figura 2. Gráfico do balanço hídrico climatológico (CAD 100 mm) com aumento de temperatura de +1 °C e redução de chuva em 10%, para o município de Tacaimbó – PE, referente ao período de 1962-2015.

Tabela 3. Balanço hídrico climatológico para o município de Tacaimbó – PE, considerando a capacidade de armazenamento de 100 mm, aumento de temperatura de +4 °C e redução da precipitação em 20%.

Meses	T(°C)	P(mm)	ETP(mm)	EVR(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Jan	28,0	29,2	172,2	29,2	143,0	0,0
Fev	27,8	43,5	155,1	43,5	111,6	0,0
Mar	27,7	79,2	165,5	79,2	86,3	0,0
Abr	26,8	86,5	139,4	86,5	52,8	0,0
Mai	25,7	56,6	121,6	56,6	65,0	0,0
Jun	24,5	55,1	95,9	55,1	40,8	0,0

Jul	23,9	61,5	90,8	61,5	29,3	0,0
Ago	24,1	21,6	94,3	21,6	72,6	0,0
Set	25,5	16,8	115,1	16,8	98,3	0,0
Out	26,7	9,0	144,1	9,0	135,1	0,0
Nov	27,4	13,0	156,4	13,0	143,4	0,0
Dez	27,8	21,0	171,4	21,0	150,3	0,0
anual	26,3	493,1	1621,8	493,1	1128,7	0,0

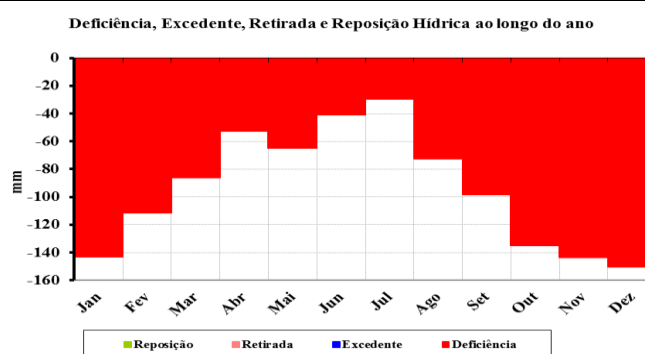


Figura 3. Gráfico do balanço hídrico climatológico (CAD 100 mm) com aumento de temperatura de +4 °C e redução de chuva em 20%, para o município de Tacaimbó – PE, referente ao período de 1962-2015.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos tanto no cenário otimista (B2) quanto no pessimista (A2), indicam situações críticas das condições do solo que ocasionarão grandes impactos tanto para os recursos hídricos, quanto no tocante a prática de culturas de sequeiro.

Os índices pluviométricos não serão suficientes para sustentar o desenvolvimento de práticas agrícolas de sequeiro de várias culturas no município de Tacaimbó, principalmente considerando a ocorrência do cenário pessimista. Ou seja, os resultados indicam que a ocorrência do cenário pessimista, tornará crítica à condição do armazenamento de água de chuvas para o consumo humano e animal em Tacaimbó. Portanto, faz-se necessário um planejamento que contemple a construção de cisternas e outras ações similares, visando melhorar o armazenamento de água e minimização dos impactos.

REFERÊNCIAS

- BEZERRA, B.G. et al. Evapotranspiration and crop coefficient for sprinkler-irrigated cotton crop in Apodi Plateau semiarid lands of Brazil. **Agricultural Water Management**, v.107, p.86-93, 2012.
- JENKINS, G.B.R.; COSTA. M.; GERARD, D; LIMA. J.W.R. (2005). Stabilising Climate to Avoid Dangerous Climate Change - A Summary of Relevant Research at the Hadley Centre. Hadley Centre, January.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. (1998). Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294.

THORNTHWAITE, C.W. Na approach toward a rotational classification of climate. **The Geogr. Ver.** 38(1). 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance climatology. **Caterton.** New Jersey, 8(1). 1-104 pp. 1955.

MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO PERÍODO CHUVOSO E SECO EM CODÓ, MA

Oswaldo Palma Lopes Sobrinho¹, Wady Lima Castro Junior², Denise Arrais da Silva Costa³, Erika de Kássia Pereira Cantanhede⁴

¹Engenheiro Agrônomo pelo IFMA-Campus Codó, Mestrando em Engenharia Agrícola pela UFRB, Cruz das Almas, BA. E-mail: oswaldo-palma@hotmail.com; ²Professor Doutor Orientador, IFMA-Campus Codó. E-mail: wadycastro@ifma.edu.br; ³Engenheira Agrônoma pelo IFMA-Campus Codó. E-mail: denisearraais2010@hotmail.com; ⁴Co-orientadora, IFMA-Campus Codó. E-mail: erika.cantanhede@ifma.edu.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi comparar para as condições climáticas de Codó, MA, diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) propostos por Blaney-Criddle (BC), Hargreaves-Samani (HS) e Priestley-Taylor (PT) em relação ao método padrão de Penman-Monteith. Os dados climáticos foram obtidos na Estação Meteorológica Automática, instalada nas dependências do Campo Experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), localizado no município de Codó, MA. Os valores médios diários na escala mensal da ET_o variaram entre 4,11 a 5,71. Para a análise do desempenho dos métodos, foram considerados os coeficientes de correlação (R), de determinação (R²) e o índice de Willmott (c). Os resultados mostraram que na estação chuvosa, a metodologia proposta por BC apresentou melhor ajuste ao método padrão de PM. Em contrapartida, na estação seca o método de estimativa da ET_o de PT apresentou melhor ajuste em relação ao método padrão. É possível inferir que em relação ao método de PM, o método de BC foi o que apresentou desempenho “muito bom” e os métodos de HS e PT apresentaram desempenhos “mediano” e “péssimo” respectivamente, quando avaliados pelo índice (c).

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação de métodos. Estações. Penman-Monteith.

METHODS OF ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN THE RAIN AND DRY PERIOD IN CODÓ, MA

ABSTRACT: The objective of this work was to compare the methods of estimation of reference evapotranspiration (ET_o) proposed by Blaney-Criddle (BC), Hargreaves-Samani (HS) and Priestley-Taylor (PT) to the climatic conditions of Codó, MA of Penman-Monteith. Climatic data were obtained at the Automatic Weather Station, located in the Experimental Field of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Maranhão (IFMA), located in the municipality of Codó, MA. The mean daily values on the ET_o monthly scale ranged from 4.11 to 5.71. For the analysis of the performance of the methods, the coefficients of correlation (R), determination (R²) and the Willmott index (c) were considered. The results showed that in the rainy season, the methodology proposed by BC presented better adjustment to the standard PM method. On the other hand, in the dry season the ET_o estimation method of PT presented better adjustment than the standard method. It is possible to infer that, in relation to the PM method, the BC method presented the "very good" performance and the HS and PT methods presented "medium" and "poor" performances respectively, when evaluated by index (c).

KEY-WORDS: Evaluation of methods. Seasons. Penman-Monteith.

INTRODUÇÃO

O estudo da evapotranspiração é de suma importância no planejamento e manejo da irrigação, no gerenciamento e uso dos recursos hídricos, pois como elemento do balanço hídrico, é possível quantificar a disponibilidade hídrica das regiões. As atividades agrícolas consomem grandes quantidades de água, assim, esforços quanto ao uso racional e eficiente deste recurso natural têm sido empregados (LACERDA; TURCO, 2015).

O uso de métodos de estimativas da ETo de forma inadequada em condições climáticas, a falta de dados mais precisos na estimativa, bem como a utilização incorreta de instrumentos de medição, ocasionarão um manejo inadequado da água e, conseqüentemente, afetarão a maximização dos processos fisiológicos da planta (SOBRINHO, 2017).

Este trabalho teve por objetivo comparar para as condições climáticas de Codó, MA, diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência propostos por Blaney-Criddle (BC), Hargreaves-Samani (HS) e Priestley-Taylor (PT) em relação ao método padrão de Penman-Monteith.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com dados climáticos obtidos na Estação Meteorológica Automática, instalada nas dependências do Campo Experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), localizado no município de Codó, MA. Os dados avaliados abrangeram os anos de 2009 a 2013.

O município de Codó está localizado na mesorregião do Leste Maranhense, com as coordenadas geográficas 4° 26' 51" latitude Sul; 43° 52' 57" longitude Oeste de Greenwich com altitude de 48 m. O clima da região dos cocais maranhenses é, segundo a classificação de Köppen, do tipo Aw, ou seja, megatérmico úmido e sub-úmido de inverno seco. O solo da área é classificado Podzólico Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 1986).

Foram quantificados valores diários das temperaturas máxima (T_{máx}), média (T_{méd}) e mínima (T_{mín}), radiação solar (R_s) e velocidade do vento (V/v).

Os métodos de estimativa da ETo empregados foram Blaney-Criddle (BC), Hargreaves-Samani (HS) e Priestley-Taylor (PT), comparados com o método padrão de Penman-Monteith FAO-56.

A ETo pelo método padrão de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998) foi obtida pela equação 1.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \left(\gamma \frac{900}{T + 273}\right)U_2(e_s - ea)}{\Delta + [\gamma(1 + 0,34U_2)]} \quad (\text{eq. 1})$$

As estimativas da ETo para o método de Penman-Monteith-FAO e métodos indiretos (BC, HS e PT) foram calculadas por meio do Programa REF-ET e com auxílio do Microsoft Excel 2003®. Na análise do desempenho dos métodos, foram considerados os coeficientes de correlação (R), de determinação (R²) e o índice de Willmott (1981).

Como parâmetro estatístico de comparação foi utilizado o índice "c" adotado por Camargo; Sentelhas (1997). O critério adotado para avaliar o desempenho dos métodos pelo índice "c", para os valores médios diários para a escala mensal da ETo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Critério de interpretação do desempenho dos métodos de estimativa da ETo, pelo índice “c”. Camargo; Sentelhas (1997).

Valor de “c”	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sufrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Período da estação chuvosa

Com base na Figura 1 foi possível observar na estação chuvosa que os métodos de HS e PT superestimaram a ETo obtidas pelo método de PM, sendo que o de BC foi o que apresentou melhor ajuste aproximando-se mais da estimativa da ETo obtida pelo método de PM.

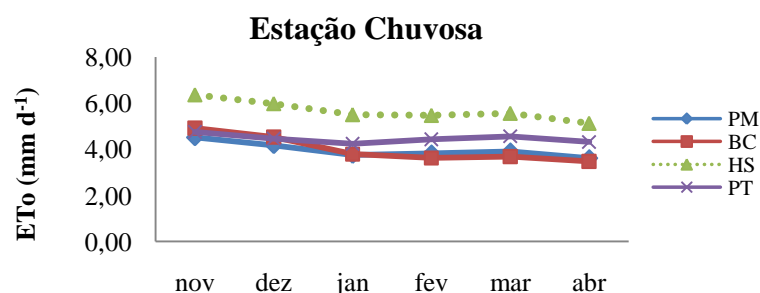


Figura 1. Comportamento dos métodos de PM, BC, HS e PT na estação chuvosa para o município de Codó, MA.

Prado (2006) em estudo de comparação de equações de estimativa de ETo para região de Canindé do São Francisco, SE, observou que a equação de HS superestimou a equação padrão de PM.

Período da estação seca

Observa-se na Figura 2 para a estação da seca, que os métodos de BC e HS superestimaram a ETo obtidas pelo método de PM. O método de PT apresentou melhor ajuste que os métodos de BC e HS, aproximando-se mais da estimativa da ETo obtida pelo método de PM.

De acordo com Oliveira et al. (2005), em estudo realizado na região de Goiânia, GO, a melhor estimativa da evapotranspiração para o período seco (abril a setembro) foi obtida pelo método de Penman-FAO em comparação ao padrão-FAO.

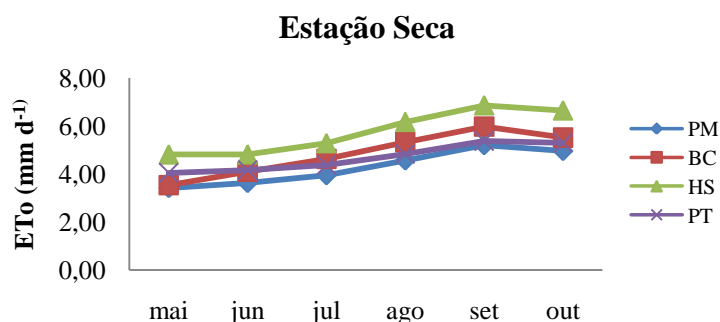


Figura 2. Comportamento dos métodos de PM, BC, HS e PT na estação seca para o município de Codó, MA.

Na Tabela 2, observa-se os valores do índice “d”, “r”, “R²” e o “c” para as estimativas da ETo para o município de Codó, MA.

Tabela 2. Valores médios da ETo com resultados da regressão das equações utilizadas para o município de Codó, MA.

Métodos	ETo média (mm/dia ⁻¹)	Porcentagem (%)	r	R ²	d	c	Classificação
PM	4,11	100,0	-	-	-	-	-
BC	4,42	107,0	0,94	0,89	0,79	0,74	Muito bom
HS	5,71	138,9	0,87	0,75	0,20	0,17	Péssimo
PT	4,56	110,9	0,95	0,91	0,64	0,61	Mediano

Legenda: r= coeficiente de correção; R²= coeficiente de determinação; d= índice de exatidão ou concordância e o c= índice de desempenho.

FONTE: Elaborada pelo autor.

Foi possível observar na Tabela 2 que o método de PT apresentou o melhor ajuste determinado pelo r, cujo valor foi de 0,95 seguido do método de BC e HS que apresentaram valores de 0,94 e 0,87, respectivamente. Borges; Mendiondo (2007) encontraram boa correlação entre o método de HS, com confiabilidade superior a 0,90, atendendo satisfatoriamente à estimativa da ETo.

O valor “d” do método de BC foi o que apresentou o maior valor de 0,79, seguido do método de PT com valor de 0,64, enquanto que o de HS apresentou valor muito baixo de 0,20. Resultados semelhantes foi encontrado no trabalho de Chagas et al. (2013), no município de Rio Real, BA, os autores concluíram que o método de HS obteve avaliação inferior para todos os critérios de comparação com relação aos demais métodos de estimativa de ETo, tanto para o período seco quanto para o período úmido.

CONCLUSÕES

Na estação chuvosa, a metodologia proposta por BC apresentou melhor ajuste ao método padrão. Em contrapartida, na estação seca o método de estimativa da ETo de PT apresentou melhor ajuste em relação ao método padrão.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements.** Rome: FAO, 1998. 328p. (Irrigation and drainage paper, 56).

BORGES, A. C.; MENDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.293–300, 2007.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CHAGAS, R. M., FACCIOLI, G. G.; NETTO, A. de O. A.; SOUZA, I. F. de; VASCO, A. N. do; SILVA, M. G. da. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) no município de Rio Real-BA. **Irriga**, v.18, n.1, p.351-363, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Levantamento exploratório-reconhecimento de Solos do Estado do Maranhão.** Rio de Janeiro. EMBRAPA-SNLCS/SUDENE. DRN, 1986. 964 p. ilustr.

LACERDA, Z. C.; TURCO, J. E. P. Estimation methods of reference evapotranspiration (ET_o) for Uberlândia – MG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.27-38, 2015.

LOPES SOBRINHO, O. P. **Métodos de Estimativa da Evapotranspiração de Referência para o Município de Codó, MA.** 2017. Originalmente apresentada como monografia do curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Campus Codó, 2017. 55p.

OLIVEIRA, R. Z.; OLIVEIRA, L. F. C. de; WEHR, T. R.; BORGES, L. B.; BONOMO, R. Comparação de metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Goiânia, GO. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 9-27, set./dez. 2005.

PRADO, F.E. **Análise da demanda evapotranspirométrica do semi-árido do estado de Sergipe.** 2006. 73p. Dissertação (Mestrado – Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2006.

WILLMOTT, C. J. On the validation of model. **Physical Geography**, Los Angeles, v. 2, p. 184-94, 1981.

CHECAGEM LOCAL DA QUALIDADE DE DADOS METEOROLÓGICOS DE UMA ESTAÇÃO AUTOMÁTICA

Luciano Fleischfresser¹, Guilherme Vasco da Silva²,
Leonardo Martins³, Flávia Ribeiro⁴, Matheus Feza Ferrari⁵

¹Professor, UTFPR, Campo Mourão, PR, lfle@utfpr.edu.br;

²Aluno, UTFPR, Campo Mourão, PR, guilhermevasco08@gmail.com;

³Aluno, UTFPR, Campo Mourão, PR, leonardomartins@alunos.utfpr.edu.br;

⁴Aluna, UTFPR, Campo Mourão, PR, flavia.ribeiro22@hotmail.com,

⁵Aluno, UTFPR, Campo Mourão, PR, matheus_feza@hotmail.com

RESUMO: Apresentamos a aplicação de procedimentos para testar a qualidade de um banco de dados de estação meteorológica automática. Testes de faixas climatológicas, degrau, e persistência são aplicados em hierarquia. Séries históricas de referência para Campo Mourão são fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). Os testes são propícios para automatização, e rótulos de aprovado ou suspeito qualificam os dados. Como novidade, utiliza-se estatísticas climatológicas dos dados de referência. No teste de faixas utiliza-se a média e o desvio-padrão para estabelecer os limites superior e inferior. No teste degrau, forma-se a média climatológica por hora do dia, utilizando os respectivos desvios-padrões para estabelecer critérios de variação horária. O teste de persistência verifica se a variável meteorológica permanece constante em um período pré-estabelecido. São investigados pressão barométrica, temperatura, umidade relativa, e velocidade do vento. Os resultados demonstram a eficiência dos testes, como fica evidenciado no teste de faixas, onde valores de pressão constantes e bem abaixo da climatologia local indicaram sensor descalibrado. O teste degrau é ilustrado para os dias 14 de Agosto e 30 de Outubro de 2014. No dia 14 de Agosto, as variações horárias obedecem o critério estabelecido, mas em 30 de Outubro, só a pressão barométrica obedece o critério em todos os horários. A conclusão é que o controle de qualidade baseado na climatologia é uma ferramenta necessária para estabelecer a normalidade dos dados meteorológicos diante da variabilidade diurna e sazonal.

PALAVRAS-CHAVE: banco de dados, climatologia, variação, persistência

LOCAL METEOROLOGICAL DATA QUALITY CHECKING FOR AN AUTOMATIC STATION

ABSTRACT: We present procedures to test the quality of a dataset from an automatic weather station. Hierarchical tests employed are the range, step, and persistence checks. Historical time series from Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) and Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) are used as references. The procedure is suitable for computer automation, and flags of approved or suspicious are attributed to the various data points. The qualifying criterion introduces the novelty of accounting for climate statistics. In the range test, we use the mean and standard deviation to establish upper and lower limits. For the step test, climate averages per hour of the day with their standard deviations are calculated to set the allowed variation. The persistence check verifies if the meteorological variable remains constant for a given time period. The investigated parameters are barometric pressure, temperature, relative humidity and wind speed. The results demonstrate the efficiency of applying these tests. We are able to pinpoint constant pressure values well below the climatology threshold, ascertaining

the sensor's lack of calibration. The step test is applied for August 14 and October 30 of 2014. In August 14, the criterion is satisfied for all variables, but for October 30 only the barometric pressure obeys the criteria for all times. We conclude that a quality control procedure based on climate statistics is needed to check weather data normality in face of diurnal and seasonal variability.

KEY-WORDS: dataset, climatology, variation, persistence

INTRODUÇÃO

É amplamente aceito que o controle de qualidade de dados meteorológicos é etapa necessária para utilizá-los em aplicações da atividade agrícola. Existem procedimentos variados para realizar este controle de qualidade que dependem da escala do estudo (local, regional ou global), sendo que a literatura converge para métodos estatísticos, testes de consistência física (por exemplo, a temperatura de bulbo seco não pode ser menor que a temperatura de bulbo úmido), conhecimento da climatologia na região de interesse, e testes de consistência espacial e interna (BABA; VAZ; COSTA, 2014).

Pezzi (1993) descreve dois métodos de controle de qualidade para estações meteorológicas automáticas em um estudo de desmatamento na Amazônia. O primeiro baseia-se em análise estatística de correlação da mesma variável meteorológica obtida de duas estações distintas, sendo uma considerada a de referência. O segundo teste é a verificação de consistência física levando em conta limites climatológicos para uma dada variável. Meek e Hatfield (1994) propuseram procedimentos de verificação para uma única estação meteorológica com o intuito de padronizar os procedimentos adotados. Outro método relevante no controle de qualidade de dados locais é a técnica de massa dupla, empregado para analisar dados de precipitação principalmente, mas também possível com outras variáveis meteorológicas (OLIVEIRA, 2014).

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em Campo Mourão possui estação meteorológica automática que operou intermitentemente em 2014. A cidade também é sede de estação convencional do INMET desde 1961, e de estação automática do SIMEPAR desde 1997. Existe então um cenário favorável para aplicar o controle de qualidade ao banco de dados da Universidade. O objetivo deste estudo é aplicar rotinas para verificar a qualidade dos dados meteorológicos obtidos pela estação automática da Universidade, aplicando-se testes de faixas, degrau, e persistência, e o uso de rótulos qualificadores aos dados verificados. Justifica-se a realização desta análise para disponibilizar dados referenciados à comunidade acadêmica interessada.

MATERIAL E MÉTODOS

Os testes de controle de qualidade utilizados são aqueles adequados à automatização por rotinas computacionais. São três testes que verificam essencialmente a normalidade do banco de dados: faixas climatológicas que, como o próprio nome diz, verifica se os dados estão de acordo com a climatologia local; o teste degrau que limita a variação horária do parâmetro meteorológico ao longo do dia para detectar se não há alterações abruptas que indiquem alguma anormalidade; e o teste de persistência, que faz uma verificação oposta ao teste degrau, isto é, verifica se um dado valor permanece constante por um período especificado, que também pode ser indicativo de alguma inconsistência. Estes testes já foram amplamente descritos na literatura especializada

(PITTIGLIANI, 2000; SHAFER; FIEBRICH; ARNDT, 2000; ESTÉVEZ; GAVILÁN; GIRÁLDEZ, 2011). Os testes foram aplicados em hierarquia, isto é, dados suspeitos no teste de faixas não foram testados nos outros dois testes. Dados aprovados no teste de faixas, mas que se tornaram suspeitos no teste de grau, não foram analisados no teste de persistência. Deste modo, procurou-se descrever o controle de qualidade que pode ser realizado automaticamente através de rotinas computacionais. Rótulos qualificadores são aplicados para indicar se a variável meteorológica testada é aprovada ou não. Caso não seja aprovada, ainda existe a possibilidade que o resultado em questão seja reflexo de algum evento meteorológico extremo, como uma onda de calor, ou um evento de chuva torrencial por exemplo. Assim, ainda é preciso verificar a possibilidade de condições extremas antes de qualificar o dado como de baixa qualidade.

Na tabela 1 apresentamos as localizações das estações utilizadas. Tanto a do INMET quanto a do SIMEPAR estão em área aberta nas proximidades do Colégio Agrícola da cidade. A estação convencional do INMET registrou em três horários diariamente, correspondentes a 0, 12, e 18 UTC, entre 1961 e 2016. Embora os dados do INMET estejam disponíveis apenas para estes três horários, os mesmos são indicados para realizar o teste de faixas devido à longa série histórica. A estação automática do SIMEPAR registra a cada 15 minutos, sendo os dados disponibilizados tanto nesta resolução, como também com resolução horária, estando disponíveis para Campo Mourão desde 1997. Estes são indicados para realizar o teste de grau devido à resolução temporal adequada. A estação automática da UTFPR tem os seguintes sensores: direção e velocidade do vento, radiação solar, precipitação, pressão barométrica, temperatura e umidade relativa do ar, e os registros foram feitos na sua grande maioria com resolução de 30 minutos.

O controle de qualidade foi realizado para a velocidade do vento, temperatura, umidade relativa e pressão. Os parâmetros meteorológicos de cada estação utilizada são apresentados na tabela 2 com as respectivas resoluções temporais. Já na tabela 3 estão mostradas as especificações dos sensores da estação automática da UTFPR. O único sensor com conversão digital de sinal é o que mede velocidade do vento, do tipo 3 copos. Os outros sensores baseiam-se no princípio da conversão analógica de uma voltagem para a variável meteorológica.

Tabela 1. Informações geográficas e históricas das estações meteorológicas utilizadas.

Estação	Latitude sul	Longitude oeste	Elevação(m)	Período de registro	Tipo
<i>Referências</i>					
INMET	24°5'7"	52°23'12"	612	1961 - 2016	Convencional
SIMEPAR				1997-atual	Automática
<i>Teste</i>					
UTFPR	24°3'41"	52°23'6"	579	4Fev a 23 Dez 2014	Automática

Tabela 2. Variáveis meteorológicas com respectivas resoluções temporais para cada estação.

Estação	Parâmetro	Símbolo	Resolução	Unidades
INMET	Pressão	p	0, 12, e 18 UTC	hPa
	Temperatura	T		°C
	Velocidade do vento	v		m/s
	Umidade relativa	UR		%
SIMEPAR	Pressão	p	1 hora	hPa
	Temperatura	T		°C
	Velocidade do vento	v		m/s
	Umidade relativa	UR		%
UTFPR	Pressão	p	30 min	hPa
	Temperatura	T		°C
	Velocidade do vento	v		m/s
	Umidade relativa	UR		%

Foi necessário uniformizar os diversos bancos de dados para realizar os testes. Os dados da UTFPR foram gravados em horário local com ajuste para horário de verão. Já os dados do SIMEPAR são fornecidos em horário UTC e sem correção para horário de verão. Estes dois conjuntos foram pré-processados para haver correspondência entre os horários e assim possibilitar a aplicação do teste degrau. Já para o teste de faixas, utilizamos os três horários UTC do banco de dados do INMET para a verificação. Optou-se também por gerar um arquivo para 6 UTC fazendo uma média aritmética com os valores correspondentes de 0 e 12 UTC. Assim, as verificações de faixas climatológicas puderam ser realizadas para quatro períodos do dia com 6 horas cada: 0 UTC testou os dados da UTFPR entre 18 e 24 (hora local), 6 UTC testou entre 24 e 6 (hora local), 12 UTC entre 6 e 12 (hora local), e 18 UTC testou entre 12 e 18 (hora local).

Tabela 3. Propriedades dos sensores da estação meteorológica da UTFPR.

Sensor	Variável	Unidade	Faixa	Acurácia	Resolução
Anemômetro de contato com 3 copos	Velocidade do vento	m/s	0 a 57	±3/100	> 1/100
Elemento sensor piezoresistivo	Pressão barométrica	mb	956,6 a 1041,3	±0,3 mb	0,05 pol de Hg

Termistor	Temperatura	°C	-40 a 60	±1 °F	> 0,1 °F
Elemento sensor capacitivo de filme fino	Umidade relativa	%	0 a 100	±3/100 (de 10 a 90)	n/d

Para determinar a climatologia local obteve-se a média (μ) e o desvio-padrão da média (σ) de cada variável meteorológica com os dados INMET, e para cada horário UTC (0, 6, 12 e 18). Considerou-se então a faixa climatológica como sendo valores entre os limites $\mu \pm 3\sigma$, para cada dia do ano e cada faixa de 6 horas. O teste de faixas verifica então se cada dado registrado pela estação UTFPR fica dentro destes limites. Nota-se que os limites são diferentes para cada dia do ano, em contraste com limites fixos normalmente utilizados.

Adotou-se um procedimento similar para o teste degrau: obteve-se a média e desvio-padrão para cada hora do dia. Neste teste, os valores não são comparados diretamente, mas sim as diferenças entre dois valores consecutivos. Ainda, a variação pode ocorrer em ambas direções, isto é, um horário posterior pode ter valor maior ou menor que o anterior para um dado parâmetro meteorológico. Outra dificuldade é que o desvio-padrão da média é obtido para cada hora do dia, e como se deve fazer a comparação entre dois horários consecutivos, os limites de variação devem levar em conta a média de cada hora com seu respectivo desvio-padrão. Para os resultados aqui mostrados, adotou-se o seguinte critério para o teste degrau:

$$\Delta = |[\mu(h) + \sigma(h)/2] - [\mu(h-1) - \sigma(h-1)/2]| \quad (1)$$

Onde h representa a hora cheia atual, e $h-1$, a hora cheia anterior. Observa-se aqui também que a literatura tradicionalmente adota valores fixos para estes critérios (MEEK; HATFIELD, 1994; PITTIGLIANI, 2000).

Por fim, o teste de persistência verifica se os valores não variam por três horas consecutivas no caso de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, e por onze horas consecutivas para pressão barométrica, seguindo recomendação de Meek e Hatfield(1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 4 ilustramos como o arquivo de dados UTFPR, após processado pelo teste de faixas climatológicas, se apresenta com os rótulos qualificadores. Neste exemplo adotamos rótulos simples, marcando o dado com “A” para aprovado, e “S” para suspeito. O dado suspeito é aquele que está fora da faixa estabelecida pelo critério $\mu \pm 3\sigma$. Como os testes são aplicados em hierarquia, os que são suspeitos no teste de faixas não são processados pelos outros dois testes (degrau e persistência). Assim, quando os três testes são aplicados sequencialmente, utiliza-se um esquema de rótulos que indica em qual teste a variável meteorológica é considerada aceitável ou suspeita. Os dados mostrados nesta tabela são exemplares dos pontos pretos mostrados nas figuras 1(a) a 1(d), as quais ilustram a aplicação do teste de faixas climatológicas.

Tabela 4. Exemplo do arquivo de dados UTFPR após processamento e aplicação de rótulos de qualificação no teste de faixas. “A” para aprovado, “S” para suspeito.

Dia Juliano	v (m/s)	Rótulo	p (hPa)	Rótulo	UR (%)	Rótulo	T (°C)	Rótulo
159,48	3,08	A	938,38	A	78,72	A	23,52	A
159,50	3,61	A	938,25	A	73,88	A	24,53	A
160,25	2,24	A	937,62	S	83,26	A	20,69	A
160,27	1,97	A	938,06	S	83,77	A	20,51	A
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
224,40	0,93	A	946,94	A	65,02	A	20,03	A
224,42	1,80	A	946,94	A	54,17	S	21,40	A
224,44	1,96	A	946,94	A	48,15	S	22,36	A
224,46	2,25	A	946,75	A	43,53	S	23,32	A
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Analisando a figura 1(a), percebe-se que vários valores de pressão ficaram constantes e bem abaixo do limite inferior no início do ano (aproximadamente entre os dias 30 e 60). Este período representa o início da coleta em 2014 em que o sensor de pressão barométrica não estava calibrado apropriadamente. Após correção do problema, os valores de pressão barométrica se acomodaram dentro do critério estabelecido para a faixa climatológica. Neste caso, utilizou-se valores entre 12:00 e 18:00 (hora local) da UTFPR com média e desvio-padrão para 15:00 horas (18 UTC). A figura 1(b) mostra a aplicação do teste de faixas para velocidade do vento entre 6:00 e 12:00 (hora local), com média e desvio-padrão correspondentes a 9:00 horas (12 UTC). Aqui os dados devem obedecer ainda a um critério de consistência física, pois a velocidade do vento não pode ser negativa, e o limite inferior do critério (linha azul) não leva em conta esta condição. Valores de umidade relativa entre 0:00 e 6:00 (hora local) com o respectivo critério para 3:00 horas (6 UTC) são mostrados na figura 1(c). Também se deve satisfazer um critério de consistência física, pois umidade relativa deve ficar entre 0 e 100%, e o limite superior (linha vermelha) também não levou em conta esta condição. Nota-se a presença de valores pontuais suspeitos de umidade relativa antes do dia 60, e também após o dia 300, todos abaixo do limite inferior estabelecido pela linha azul. Por fim, os dados de temperatura do ar entre 18:00 e 24:00 (hora local) foram balizados pelo critério de faixas para 21:00 horas (0 UTC), como mostrado na Figura 1(d). Nota-se a presença de valores suspeitos de temperatura que ultrapassaram o limite superior do critério (linha vermelha) em períodos curtos durante o início do ano (antes do dia 60), como também ao fim do período (antes do dia 300).

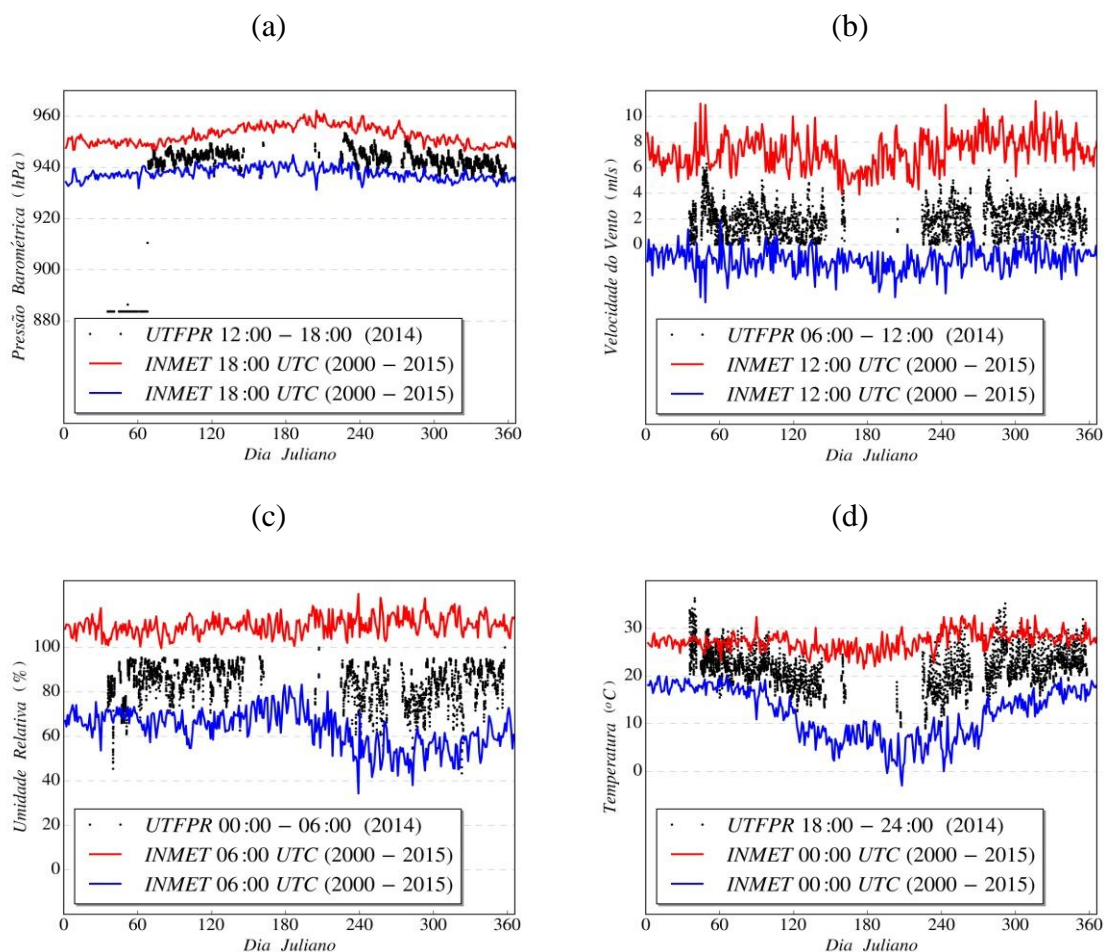


Figura 1. Teste de faixas climatológicas. As linhas azul e vermelha representam os limites adotados com o critério $\mu \pm 3\sigma$, onde μ e σ são a média e o desvio-padrão da média para o período de 15 anos considerado (2000 a 2015).

Nas figuras 2 e 3 mostramos resultados obtidos com a aplicação do teste degrau aos dados da UTFPR. Aqui o critério é formado a partir do banco de dados do SIMEPAR, o qual possui resolução horária. Foram escolhidos os dias 14 de Agosto e 30 de Outubro para análise. Em 13 de Agosto uma frente fria avançou pela região, e a temperatura máxima no dia 14 não ultrapassou os 18°C. A pressão barométrica atingiu o valor mais elevado durante o mês (aproximadamente 955 hPa), e os ventos foram calmos com pouca variabilidade. Já no dia 30 de Outubro, ocorreram rajadas de vento de aproximadamente 60 m/s no fim da tarde. A pressão barométrica oscilou em torno de 940 hPa, e 8 mm de precipitação foram acumulados em menos de 30 minutos. Os resultados para 14 de Agosto não indicaram a presença de dados suspeitos de acordo com o critério adotado, comportamento obedecido para as quatro variáveis meteorológicas analisadas. Como exemplo, a figura 2(a) mostra que, entre 11:00 e 12:00 (hora local), o valor médio da pressão barométrica foi 952,33 hPa e 951,84 hPa respectivamente, com desvio-padrão de 2,47 hPa e 2,53 hPa. Utilizando-se o critério adotado para o degrau horário obtém-se:

$$\Delta p = |(951,84 + 2,53/2) - (952,33 - 2,47/2)| = 2,01 \text{ hPa}$$

Já para os dados da UTFPR, $\Delta p = |953,44 - 953,94| = 0,50$ hPa.

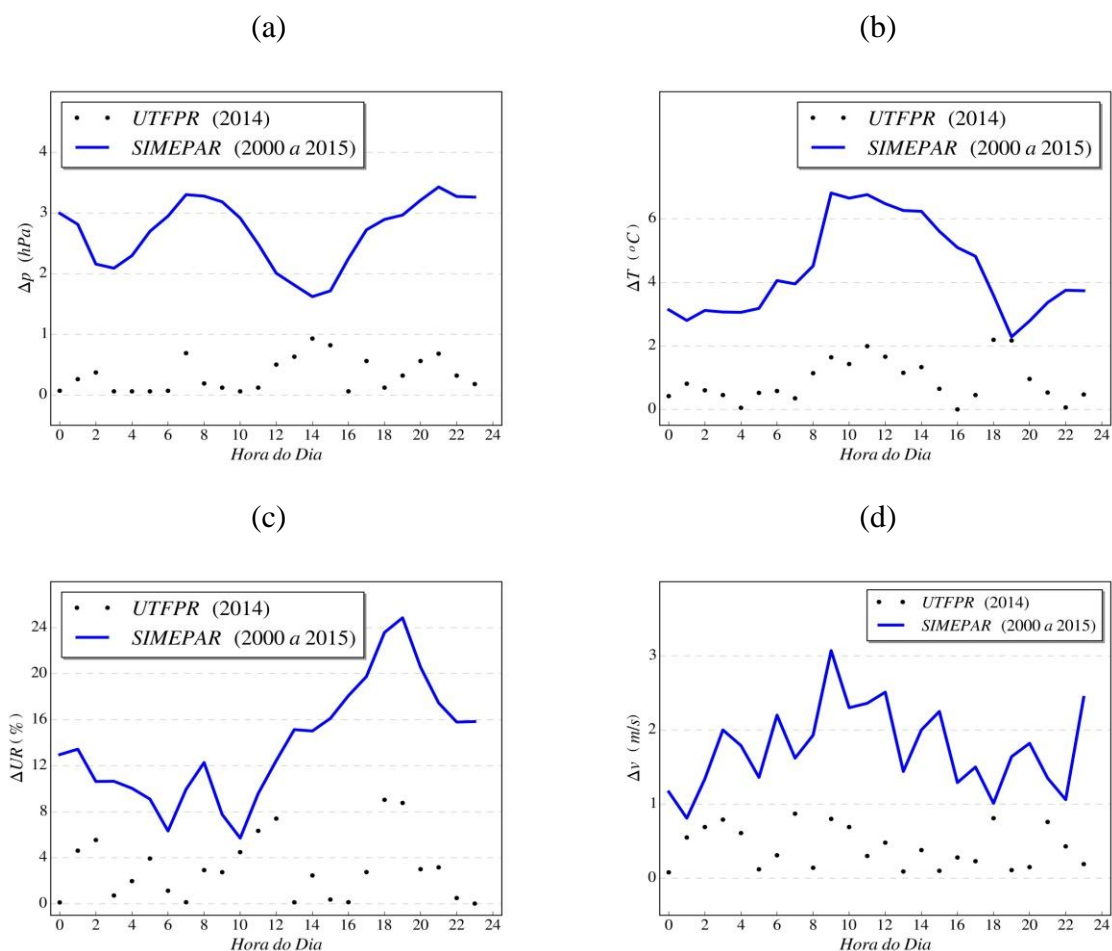


Figura 2. Teste degrau para 14 de Agosto. A linha azul representa o limite adotado no critério de variação horária como descrito pela equação 1.

Na figura 3 estão os resultados obtidos para 30 de Outubro. Nota-se aqui que o critério para o teste degrau só não foi violado para a pressão barométrica, como evidenciado na figura 3(a). Já a figura 3(b) mostra a variação horária para temperatura ultrapassando o critério às 7h00 (hora local). Isto é, entre 6h00 e 7h00, a temperatura oscilou mais que a variabilidade climática estabelecida a partir de 15 anos de dados do SIMEPAR. A umidade relativa apresentou 3 horários que violaram o critério (entre 7h00 e 9h00 da manhã), conforme mostra a figura 3(c), e a velocidade do vento mostrou 5 valores não obedecendo o critério (16h00, 17h00, 19h00, 20h00 e 22h00), de acordo com a figura 3(d).

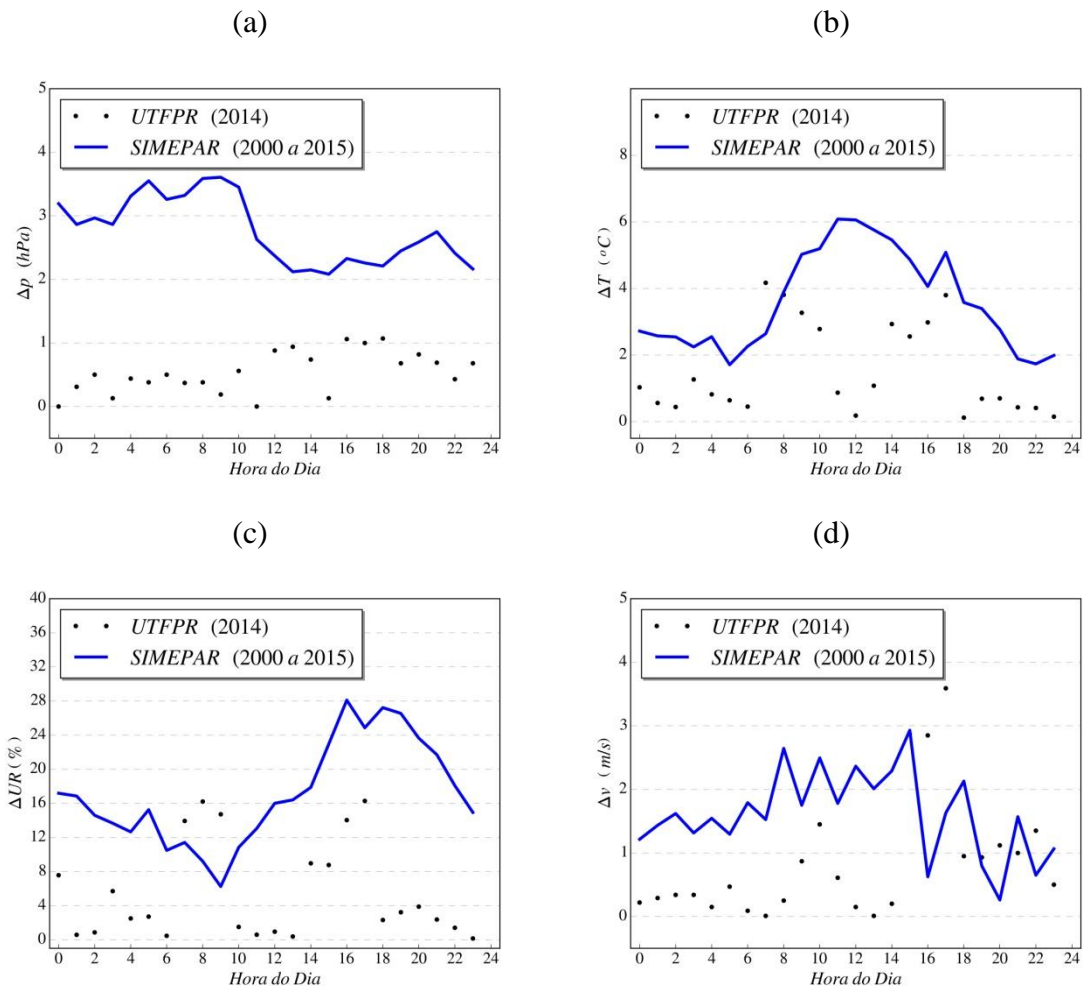


Figura 3. Teste degrau para 30 de Outubro. A linha azul representa o limite adotado no critério de variação horária como descrito pela equação 1.

CONCLUSÕES

Apresentamos a aplicação de rotinas para checar a qualidade de um banco de dados meteorológicos obtido durante o ano de 2014 pela estação automática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná em Campo Mourão. As rotinas de verificação são aquelas que podem ser aplicadas através de processamento computacional dos dados meteorológicos. Os três testes utilizados verificam essencialmente a normalidade dos dados, o teste de faixas, o teste degrau, e o teste de persistência. Estamos desenvolvendo procedimento para analisar dados rotulados como suspeitos pelos testes aqui apresentados, mas que podem ser representativos de condições meteorológicas extremas ou anormais, mas não necessariamente resultantes

de sensor defeituoso ou descalibrado. Tal análise exige um enfoque diferente, e há exemplos documentados disponíveis (YOU; HUBBARD, 2006).

Os resultados obtidos demonstraram a utilidade dos testes à verificação das faixas climatológicas, pois foi possível detectar dados suspeitos com rapidez, como ficou evidenciado com a coleta inicial da pressão barométrica com valores bem inferiores ao limite climatológico mínimo. A utilização da média climatológica e do desvio-padrão oferece uma vantagem em relação aos limites fixos, pois proporcionam valores de referência que levam em conta o ciclo diurno, no caso do teste degrau, como também a variabilidade sazonal, para o caso do teste de faixas. Este último também é útil para identificar a consistência física dos dados (por exemplo, a umidade relativa não pode ser maior que 100%, e a velocidade do vento não pode ser negativa).

O teste degrau também demonstrou sua importância na checagem da variação temporal dos dados. Este teste tem seu critério estabelecido com base na média climatológica e desvio-padrão da média para cada hora do dia. Para o dia 14 de Agosto como exemplo, pode-se inferir que os dados da estação UTFPR não violaram o critério adotado, pois não apresentaram variações abruptas que pudessem indicar dado suspeito. Já os resultados para 30 de Outubro indicaram que apenas a pressão barométrica obedeceu os limites estipulados de variação horária. O teste de persistência consistiu em verificar se um dado parâmetro permaneceu constante em um dado intervalo de tempo (11 horas consecutivas para pressão barométrica e 3 horas para os demais parâmetros), não sendo detectadas situações que violassem este critério no período analisado.

AGRADECIMENTOS

Somos gratos ao INMET e ao SIMEPAR por disponibilizaram os dados de referência utilizados, permitindo assim a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BABA, R. K.; VAZ, M. S. M. G.; COSTA, J. Correção de dados agrometeorológicos utilizando métodos estatísticos, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 4, p. 515-526, 2014.

ESTÉVEZ, J; GAVILÁN, P.; GIRÁLDEZ, J. V. Guidelines on validation procedures for meteorological data from automatic weather stations, **Journal of Hydrology**, v. 402, p. 144-154, 2011.

MEEK, D. W.; HATFIELD, J. L. Data quality checking for single station meteorological databases, **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 69, p. 85-109, 1994.

OLIVEIRA, P. J. D. **Integridade dos dados meteorológicos obtidos por duas estações meteorológicas automatizadas**. 2014. vi, 44 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/121906>>

PEZZI, L.; CLARKE, R. T. Aplicação de dois métodos no controle de qualidade em dados coletados por estações meteorológicas automáticas de superfície. Em: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8, 1993, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: CBAGRO, 1993. p. 34.

PITTIGLIANI, M. Controle de qualidade de dados hidrometeorológicos do Simepar. Em: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CBMET, 2000. p. 1528-1532.

SHAFER, M. A.; FIEBRICH, C. A.; ARNDT, D. S. Quality assurance procedures in the Oklahoma Mesonetwork, **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 17, p. 474-494, 2000.

YOU, J.; HUBBARD, K. G. Quality control of weather data during extreme events, **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 23, p. 184-197, 2006.

MÉTODO DE HARGREAVES-SAMANI PARA ESTIMATIVA DA IRRADIAÇÃO SOLAR MENSAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Allana O. Lima¹, Priscilla A. dos Santos², José Francisco de Oliveira-Júnior³, Guilherme B. Lyra⁴, Gustavo B. Lyra³

¹ Mestre em Eng. de Biosistemas, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, allanaolima@gmail.com;

² Graduanda em Eng. de Agrimensura e Cartográfica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, priscilla.agricart@hotmail.com; ³ Meteorologista, Professor, Dep. de Ciências Ambientais do Inst. de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ,

joliveirajunior@gmail.com; gblyra@gmail.com; ⁴ Agrônomo, Professor, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, gbastoslyra@gmail.com.

RESUMO: A quantidade de estações meteorológicas que realizam observações da radiação solar é escassa e, quando disponíveis, na sua maioria não apresentam séries de longo tempo (> 30 anos), sem falhas e de qualidade. Na ausência de dados observados de irradiação solar (R_s) é possível estimá-la por meio de métodos empíricos. O objetivo deste estudo foi avaliar o método de Hargreaves-Samani (1985) para estimar R_s mensal em função dos extremos de temperatura do ar nas condições climáticas do estado do Rio de Janeiro. Utilizaram-se séries de irradiação solar e temperatura do ar de 15 estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) com início a partir de 2000 até 2013. O desempenho do método foi avaliado pelo coeficiente de determinação (r^2) da regressão linear entre R_s observado e estimado, Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME), índice de concordância de Willmott (d) e índice de confiança ou desempenho (c). Um total de 13 estações apresentaram r^2 superior a 0,7, enquanto o d de Willmott nessas estações foi maior que 0,9. Cerca de 60 % das estações analisadas apresentaram desempenho considerado “ótimo” com base no índice de confiança. O método de Hargreaves-Samani apresenta desempenho satisfatório na estimativa da irradiação solar do estado do Rio de Janeiro, desde que seu coeficiente seja ajustado às condições climáticas locais.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação solar; métodos empíricos; modelos lineares

HARGREAVES-SAMANI METHOD FOR ESTIMATING MONTHLY SOLAR IRRADIATION IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO

ABSTRACT: The number of weather stations that measurement solar radiation is scarce and, when available, they do not present series of long time (> 30 years), without gaps and of quality. In the absence of solar irradiation (R_s) measure it is possible to estimate them by means of empirical methods. The aim of this study was evaluated the method of Hargreaves-Samani (1985) to estimate monthly R_s in function of extremes of air temperature in the climatic conditions of the state of Rio de Janeiro. Series (2000 - 2013) of solar irradiation and air temperature from 15 meteorological stations belonging to the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) was used. The performance of the method was evaluated by coefficient of determination (r^2), Willmott index of agreement (d) Root Mean Square Error (RMSE) and the performance index (c). A total of 13 stations had r^2 higher than 0.7 and index d higher than 0.9. About 60 % of stations presented a

performance considered "optimal" based on the performance index. The Hargreaves-Samani method presents satisfactory performance in the estimation of the solar irradiation of the state of Rio de Janeiro when the coefficient is fitted to local climatic conditions.

KEY-WORDS: Solar radiation; empirical methods, linear models.

INTRODUÇÃO

A radiação solar consiste no principal fator condicionante da temperatura do ar e do solo e dos processos de fotossíntese e evapotranspiração (LYRA et al., 2015). Além de importante variável meteorológica em estudos das necessidades hídricas de culturas, modelagem do crescimento e produção vegetal, variabilidade e mudanças climáticas, entre outros (SILVA et al., 2012).

A determinação da irradiação solar diária incidente [R_s - integral da irradiância solar em determinada escala de tempo] em determinado local e período é fundamental para estudos ambientais, além de possibilitar a modelagem meteorológica e climática. Entretanto, em muitos países, assim como no Brasil, existem poucas estações meteorológicas que registram e, ou medem a irradiância solar (JERSZURKI; SOUZA, 2013). Nas estações que realizam essas observações, observa-se restrição de longas series climáticas contínuas e de qualidade, o que compromete a determinação R_s .

Na ausência de séries de R_s , valores estimados podem ser obtidos por meio de métodos empíricos. Esses métodos estimam a R_s a partir dos extremos da temperatura do ar (máxima e mínima) e da irradiação solar extraterrestre (R_a). O método proposto por Hargreaves e Samani se destaca pela sua simplicidade e por proporcionar estimativas precisas e acuradas de R_s (LYRA et al., 2015). Este trabalho teve como objetivo avaliar o ajuste do método proposto por Hargreaves e Samani (1985) para estimativa da irradiação solar nas condições climáticas do estado do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizadas séries de temperatura do ar (máxima e mínima diária) e irradiação solar obtidas em estações meteorológicas automáticas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no estado do Rio de Janeiro. Foram pré-selecionadas apenas estações com séries superiores a cinco anos e com início a partir de 2000 até 2013. Com base nesses critérios, consideraram-se 15 estações distribuídas no estado do Rio de Janeiro (Figura 1). O controle de qualidade das séries foi baseado em um conjunto de regras de validação e análise de qualidade descritos em BABA et al. (2014).

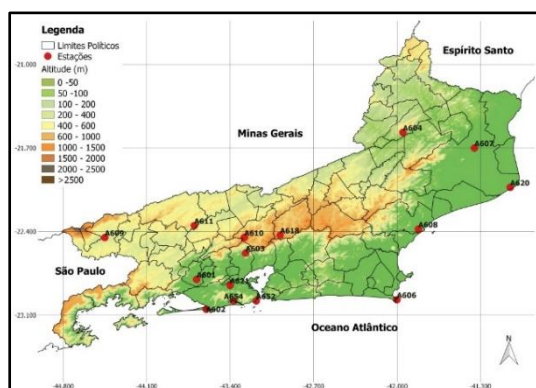


Figura 1. Estações meteorológicas automáticas utilizadas no estudo.

Hargreaves e Samani (1985) propuseram para estimativa da irradiação solar global um método em função de valores mensais da irradiação solar extraterrestre e dos valores de temperatura do ar máximas e mínimas (°C), a seguinte equação:

$$R_s = K_r (T_x - T_n)^{0,5} R_a \quad (01)$$

em que, R_s ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) é a irradiação solar incidente à superfície; T_x e T_n (°C) representam a temperatura do ar máxima e mínima, respectivamente; R_a ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) é a radiação solar no topo da atmosfera; K_r (adimensional) é o coeficiente empírico.

Neste trabalho K_r foi ajustado às condições climáticas de cada estação da região de estudo por meio de regressão linear simples forçada a passar na origem ($Y = \beta_1 X$), em que se relacionou os dados observados (Y), ou seja, as médias mensais de R_s e os valores estimados pelo método de Hargreaves-Samani [$X = R_a (T_x - T_n)0,5$], baseado nos dados mensais de T_x e T_n , de forma que β_1 é o coeficiente K_r do método.

As séries climáticas de cada estação foram divididas em duas partes, cerca de 70 % dos dados foram utilizados no ajuste do coeficiente empírico do método para cada estação e aproximadamente 30 % dos dados foram empregados nos testes.

Nos testes do método de Hargreaves-Samani utilizou-se K_r ajustado previamente para estimar R_s . Os índices estatísticos considerados para determinar a precisão e exatidão das estimativas foram: coeficiente de determinação (r^2), intercepto (a) e inclinação (b) da regressão linear, raiz do quadrado médio do erro (RQME) e coeficiente de concordância de Willmott (d) entre os valores observados e estimados (WILLMOTT et al., 1985) e índice de desempenho “c” proposto por Camargo e Sentelhas (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do coeficiente K_r ajustado variaram de 0,134 (Duque de Caxias) a 0,262 (Arraial do Cabo), com média de 0,173 ($\pm 0,03$) (Tabela 1). Esses resultados foram superiores aos encontrados por Jerszurki e Souza (2013), que observaram variação entre 0,11 e 0,12 na região de Telêmaco Borba, estado do Paraná. Para Silva et al. (2012), K_r variou de 0,166 a 0,186, com média de 0,176 ($\pm 0,008$) na região noroeste de Minas Gerais.

O r^2 variou de 0,549 (Pico do Couto) a 0,912 (Marambaia). Destaca-se que das 15 estações analisadas, somente duas apresentaram r^2 inferiores a 0,7, portanto, na maior parte das estações, o método de Hargreaves-Samani apresentou mais de 70 % de precisão em relação às estimativas de R_s . A precisão foi no presente trabalho superior aos obtidos por: Conceição e Marin (2005), com r^2 de 0,66 e 0,69 para Jales e Piracicaba, SP e Lyra et al. (2015) que apresentou variação de 0,62 a 0,87 para o estado de Alagoas.

Com relação ao índice de d de Willmott, observou-se que a maioria das estações apresentou valor superior a 0,9. Apenas a estação Pico do Couto, teve o índice d inferior e de 0,75. Com base nesse resultado pode-se afirmar que R_s estimada pelo método de Hargreaves-Samani apresentou concordância acima de 90 % com os dados medidos.

Os valores do RQME normalizados pela média da irradiação solar variaram de 8,5 a 22,5 %, que representaram variação absoluta de 1,47 a 3,85 $\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$. Esses valores foram inferiores aos obtidos por Liu et al. (2009) para a China, que ao considerar o intervalo de confiança, o RQME variou de 3,85 a 4,51 $\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$.

Os resultados do coeficiente c de Camargo e Sentelhas apresentaram-se acima de 0,7 para maior parte das estações, com exceção da estação Pico do Couto, que apresentou

desempenho classificado como “Sofrível” (0,55). Nove estações apresentaram desempenho “Ótimo”, e cinco apresentaram desempenho de “Bom” a “Muito Bom”.

CONCLUSÕES

O método de Hargreaves e Samani (1985) apresenta estimativas precisas e exatas da irradiação solar do estado do Rio de Janeiro desde que seu coeficiente seja ajustado previamente às condições climáticas locais.

Tabela 1. Coeficiente empírico K_r ajustado, coeficiente de determinação (r^2), índice de Willmott (d), índice de desempenho (c) raiz do quadrado médio do erro (RQME) para o método de Hargreaves-Samani no estado do Rio de Janeiro.

Estação	Kr	r^2	d	c	RQME		Desempenho c
					(MJ m ⁻² d ⁻¹)	(%)	
601	0,154 (±0,001)	0,95	0,86	0,91	1,47	9,1	Ótimo
602	0,182 (±0,002)	0,96	0,91	0,92	1,60	9,3	Ótimo
603	0,134 (±0,002)	0,96	0,87	0,94	3,85	16,7	Ótimo
604	0,155 (±0,002)	0,94	0,84	0,88	2,23	12,3	Ótimo
606	0,262 (±0,004)	0,91	0,70	0,78	2,48	13,7	Bom
607	0,169 (±0,002)	0,96	0,86	0,95	1,50	8,5	Ótimo
608	0,168 (±0,002)	0,94	0,82	0,89	1,77	10,1	Muito Bom
609	0,144 (±0,002)	0,94	0,81	0,86	1,59	9,2	Ótimo
610	0,172 (±0,004)	0,75	0,55	0,67	3,12	22,5	Sofrível
611	0,152 (±0,002)	0,92	0,80	0,86	2,06	11,6	Muito Bom
618	0,145 (±0,003)	0,90	0,67	0,93	1,94	13,3	Bom
620	0,229 (±0,004)	0,95	0,85	0,90	1,80	9,1	Ótimo
621	0,150 (±0,002)	0,95	0,84	0,90	1,47	8,7	Ótimo
652	0,194 (±0,004)	0,92	0,80	0,75	2,53	15,0	Bom
654	0,178 (±0,002)	0,96	0,87	0,91	1,55	9,1	Ótimo

AGRADECIMENTOS

Ao INMET por disponibilizar as séries dos elementos meteorológicos. A FAPERJ pelo aporte financeiro para o desenvolvimento do projeto (E-26/201.501/2014), ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa (Gustavo B. Lyra – processo 311656/2015-3) e IC (Priscilla A. dos Santos) e a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado (Allana O. Lima – PGEB/UFF).

REFERÊNCIAS

BABA, R.K.; VAZ, M.S.M.; COSTA, J. Correção de dados agrometeorológicos utilizando métodos estatísticos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.29, n.4, 515 - 526, 2014.

CONCEIÇÃO, M.A.F.; MARIN, F.R. Avaliação de modelos para a estimativa de valores diários da radiação solar global com base na temperatura do ar. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Piracicaba, v.15, n.1, p.103-108, 2007.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.5, p.89-97, 1997.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Engineering in Agriculture*. v.1, n.2, p.96-99, 1985.

JERSZURKI, D.; SOUZA, J. L. M. Parametrização das equações de Hargreaves & Samani e Angström-Prescott para estimativa da radiação solar na região de Telêmaco Borba, Estado do Paraná. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.3, p.383-389, 2013

LIU, X. et al. Evaluation of temperature-based global solar radiation models in China. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.149, p.1433-1446, 2009.

LYRA, G.B. et al. Estimation of monthly global solar irradiation using the Hargreaves-Samani model and an artificial neural network for the state of Alagoas in northeastern Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 125, n. 3, p. 743-756, 2015.

SILVA, C. R. et al. Radiação solar estimada com base na temperatura do ar para três regiões de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 281- 288, 2012.

WILLMOTT, C.J. et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, v. 90, p. 8995-9005, 1985.

DOWNSCALING COM O MODELO REGCM4: PARAMETRIZAÇÕES CUMULUS PARA A REGIÃO NORDESTE NO OUTONO DE 2008

Felipe Jeferson de Medeiros¹, Cláudio Moisés Santos e Silva², Rafaela dos Santos
Gomes³, Italo Venceslau Britto⁴

¹Graduando em Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, felipetkd_@hotmail.com; ²Programa de Pós Graduação em Ciências Climáticas, UFRN, Natal, RN; ³Graduando em Meteorologia, UFRN, Natal, RN; ⁴Graduando em Meteorologia, UFRN, Natal, RN.

RESUMO: Modelos climáticos regionais vem sendo utilizado para a realização de downscaling dinâmico. Esses modelos são alimentados com os dados do Modelo de Circulação Geral (MCG) através das fronteiras, resolvendo as mesmas equações da dinâmica e termodinâmica da atmosfera, porém representando os campos meteorológicos com maior resolução. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a sensibilidade de simulação da precipitação para o Outono de 2008 na região Nordeste do Brasil (NEB), que apresentava condições oceânicas favoráveis a ocorrência de chuva, utilizando dois diferentes esquemas de parametrização cúmulus disponíveis no modelo climático regional RegCM4: Grell e Emanuel. Para analisar as condições oceânicas, foram utilizadas anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Pacífico e Atlântico. As condições de contorno lateral e inferior foram dados do European Centre for Medium Range Forecasting (ECMWF) do National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Para comparar os dados simulados, utilizou-se o Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) para uma análise subjetiva, e logo após, dados in-situ de 8 estações convencionais para analisar o erro médio. O experimento baseado na parametrização Grell tende a subestimar a precipitação do TRMM, enquanto Emanuel superestimar. Comparando com os dados observados in-situ através do índice MBE, notou-se um padrão oposto ao comparado com os do TRMM. No entanto, os maiores erros ficaram em concordância. Portanto, uma realização de análise em conjunto dessas parametrizações poderia trazer resultados melhores para a região Nordeste.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos regionais, Chuva, Grell, Emanuel.

DOWNSCALING WITH THE MODEL REGCM4: CUMULUS PARAMETERIZATION OVER THE NORTHEAST BRAZIL ON THE AUTUMN 2008

ABSTRACT: Regional climate models have been used to perform dynamical downscaling. These models are provided with the General Circulation Model (GMC) data across the boundaries, solving the same equations of the dynamics and thermodynamics of the atmosphere, but representing the meteorological fields with higher resolution. In this sense, the presente study aimed to analyze the sensitivity of rainfall simulation during 2008 autumn season over the Northeast Brazil (NEB), which ocean conditions were favorable to rainfall, using two cumulus parameterization schemes available in the regional climate model RegCM4: Grell and Emanuel. To analyze the ocean conditions, Sea Surface Temperature (SST) anomalies of the Pacific and Atlantic were used. As a condition of initial and boundary large scale model information were used European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

(ECMWF) from National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Project data Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) were used for the evaluation of simulated rainfall, after that, in-situ data from 8 weather stations to analyze the mean bias error (MBE). The experimente based on Grell parameterization tends to underestimate the observed precipitation, while Emanuel overestimate it. Comparing with the data observed in-situ through the MBE index, an opposite pattern was observed compared to the TRMM. However, the biggest errors were in agreement. Therefore, a multi-model combination using these parameterization could bring better results for the NEB.

KEY-WORDS: Regional models, Precipitation, Grell, Emanuel.

INTRODUÇÃO

Estudos utilizando modelos regionais na realização de *downscaling* dinâmico tem se mostrado adequado para reproduzir a precipitação na região Nordeste do Brasil (SUN et al., 2005; SANTOS E SILVA; SILVA; LIMA, 2014). Esses modelos recebem informações iniciais dos Modelos de Circulação Geral da Atmosfera (MGC) e como possuem parametrizações físicas mais sofisticadas e resolvem as equações da dinâmica em um menor espaçamento de grade, conseguem reproduzir de forma mais adequada as condições atmosféricas.

Na região tropical, a precipitação é uma das variáveis meteorológica mais difícil de ser medida e simulada com precisão. No entanto, seu uso é de suma importância para diversos fins, dentre os quais, estudos de zoneamento agroclimático, evapotranspiração, balanço hídrico, entre outros. Especificamente sobre o Nordeste do Brasil (NEB), o Outono (Março-Abril-Maio) é a estação que concentra os maiores acumulados pluviométricos e é a estação mais afetada pelas variabilidades interanuais (KILADIS; DIAS, 1989). Com isso, a busca por uma boa modelagem numérica desta estação é fundamental, principalmente no contexto atual das discussões de mudanças climáticas, nos quais vários estudos mostram possíveis impactos significativos no NEB, em especial maiores períodos de seca (MARENGO; BERNASCONI, 2015).

Anos nos quais ocorrem fase fria (La Niña) do fenômeno climático El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e Gradiente inter-hemisférico da superfície do mar do Atlântico Sul (GradATLS) verifica-se anos chuvosos sobre o NEB (AMORIM; CHAVES; SANTOS E SILVA, 2014; ALVES et al., 1997; MOURA; SHUKLA, 1981), com a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) bem ativa e posicionada abaixo da linha do equador.

Durante o Outono (MAM) diversos sistemas meteorológicos atuam no NEB em diferentes escalas de espaço, sendo os principais: a ZCIT, as Linhas de Instabilidade (LI) e os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL).

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar a sensibilidade de simulação da precipitação para o Outono de 2008 na região NEB, que apresentava condições oceânicas favoráveis a ocorrência de chuva, utilizando dois diferentes esquemas de parametrização cúmulus disponíveis no RegCM4.0: Grell e Emmanuel.

MATERIAL E MÉTODOS

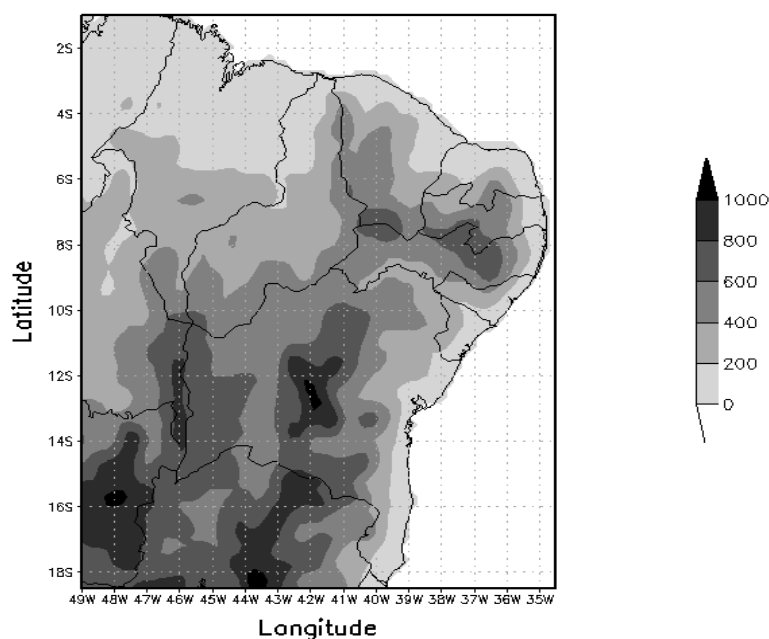
Dados e Experimentos

No outono de 2008 eram verificadas condições oceânicas de La Niña e GradATLS, segundo os índices estabelecidos pelo o Oceanic Niño Index (ONI) (NOAA, 2017) e Servain (1991). O ONI consiste em um índice baseado nas anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre a região do Niño 3.4 (5°N-5°S e 120°-170°W), enquanto o de Servain é de acordo com a diferença entre as anomalias normalizadas de TSM da bacia norte e as anomalias normalizadas de TSM da bacia sul.

Reanálises do Era-Interim (EIN15) do European Centre for Medium Range Forecasting (ECMWF) foi utilizado para representar as condições de contorno lateral e inferior do RegCM4 (DEE et al., 2011). Obtidos as condições iniciais do modelo, os experimentos foram realizados usando um espaçamento de grade horizontal de 50 km. O modelo foi centrado na latitude 6°S e longitude 50°W, com 80 pontos ao longo da latitude e 160 ao longo da longitude.

As parametrizações cúmulus usadas foram: Grell (1993) e Emanuel (1991). Essas parametrizações foram selecionadas por apresentar resultados prévios que indicam uma tendência de subestimação (superestimação) da parametrização Grell (Emanuel) sobre áreas continentais (GIORGI et al, 2012). Na região Nordeste, estudos conduzidos por Dantas et al., (2013), Santos e Silva; Silva; Lima; (2014) indicaram comportamento semelhante.

Por apresentar condições oceânicas favoráveis à ocorrência de chuva no NEB (Figura 1), a estação do outono foi selecionada. As simulações foram realizadas com início em 01 de Março de 2008 e finalizadas em 01 de Junho de 2008.



GRADS: COLA/IGES
Figura 1: Localização da área de estudo com a respectiva topografia.

Para avaliar a precipitação simulada utilizaram-se os dados do projeto Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), que dispõem de precipitação mensal estratiforme e convectiva com espaçamento de grade de 0,5° x 0,5°.

Como o espaçamento de grade é diferente entre o RegCM4 e TRMM, apenas uma análise subjetiva foi realizada inicialmente. Logo após, foram selecionadas 8 localidades (Tabela 01) para comparar o observado in-situ e o simulado através do índice Mean Bias Error (MBE). Esses dados in-situ foram obtidos de estações convencionais e adquiridas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Tabela 01: Coordenadas geográficas das estações meteorológicas convencionais.

Localidades	Latitude (S)	Longitude (W)
São Luís-MA	2°53'	44°21'
Teresina-PI	5°08'	42°79'
Fortaleza-CE	3°75'	38°54'
Natal-RN	5°91'	35°20'
Petrolina-PE	9°36'	40°46'
João Pessoa-PB	7°10'	34°86'
Recife-PE	8°05'	34°95'
Aracaju-SE	10°95'	37°04'

Análise Estatística

Cálculos do índice Mean Bias Error (MBE) (Equação 1), que representa o desvio da média, foram realizados para as 8 localidades (Tabela 01) para comparar o acumulado de precipitação simulado e observado. Valores negativos (MBE<0)/positivos (MBE>0) é um indicativo que as simulações subestimaram/superestimaram os valores observados (WILKS, 2006).

$$MBE = N^{-1} \sum_{i=1}^N (E_i - O_i) \quad 01$$

Onde: E_i é o valor estimado pelas diferentes parametrizações, O_i é o valor observado na estação convencional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O padrão de La Niña e GradATLS favoreceram que o outono de 2008 fosse caracterizado chuvoso. Analisado a distribuição espacial da precipitação com os dados do TRMM (Figura 1) nota-se que os maiores acumulados são observados na costa norte do NEB e na região leste, possivelmente associado a atuação dos sistemas meteorológicos ZCIT e DOL. Já no estado da Bahia (BA) verifica-se os menores acumulados de precipitação, o que já era esperado, pois os principais sistemas

meteorológicos que provocam chuvas na região são a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e os Sistemas Frontais (SF) cuja climatologia não coincide com a estação do outono (KOUSKY, 1979).

No mês de Março (Figura 2a) a atividade convectiva é mais intensa na costa norte do NEB, com destaque para o norte do Maranhão (MA) e oeste do Rio Grande do Norte (RN) e Paraíba (PB). Nesses locais o acumulado de precipitação supera os 500 mm. Nos estados de Sergipe (SE) e BA, por outro lado, observam-se os menores acumulados, com a região central da BA indicando a ausência de chuvas.

Em Abril (Figura 2b) os maiores acumulados continuam sendo observados na costa norte do NEB associado ao deslocamento da ZCIT (ROBERTSON; KIRSHNER; SMYTH, 2004). No entanto, quando comparada com o mês de Março, nota-se uma queda acentuada nos acumulados de precipitação em praticamente todos os estados do NEB.

A tendência de diminuição nos acumulados de precipitação continua sendo observada no mês de Maio (Figura 3c). Nesse mês, os alísios de sudeste começam a se tornar mais forte que o de nordeste, iniciando a migração da ZCIT para o norte (HASTENRATH; HELLER, 1977) reduzindo a precipitação sobre o NEB.

A costa norte continua com acumulados superiores a 200 mm, principalmente no norte do Maranhão, no entanto, nota-se que os maiores acumulados são observados na região oceânica. Ressalta-se ainda em Maio (Figura 3c) a precipitação na costa leste do NEB, com um padrão similar a atuação dos DOL (TORRES; FERREIRA, 2011). Sobre o estado de Alagoas (AL), por exemplo, percebe-se acumulados que superam os 500 mm, ainda de acordo com a Figura 3c.

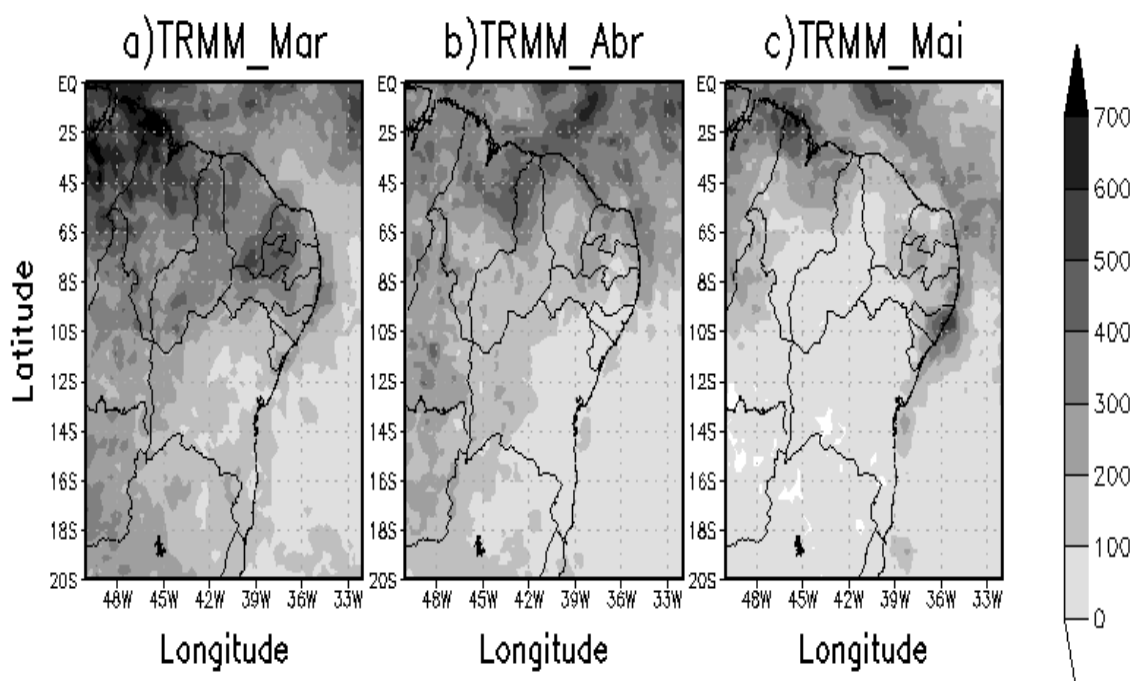


Figura 2: Precipitação durante os meses do outono (MAM) obtidos com o TRMM.

Realizando uma análise subjetiva, tem-se que o experimento Grell (Figura 3) subestimou a precipitação do TRMM durante os meses do outono de 2008 tanto em áreas oceânicas como continentais. Comportamento semelhante foi encontrado por Santos e Silva, Silva, Lima, 2014 que analisaram os outonos de 1998 e 1999 sobre o

NEB. Apesar da subestimação, nota-se que a parametrização Grell capta razoavelmente bem a distribuição espacial.

No entanto, os acumulados observados sobre o oeste do RN e PB (Figura 2a) e sobre o leste de AL e Sergipe (SE) (Figura 2c) não foram representados pela a parametrização Grell, evidenciando mais uma vez a característica de subestimação do experimento.

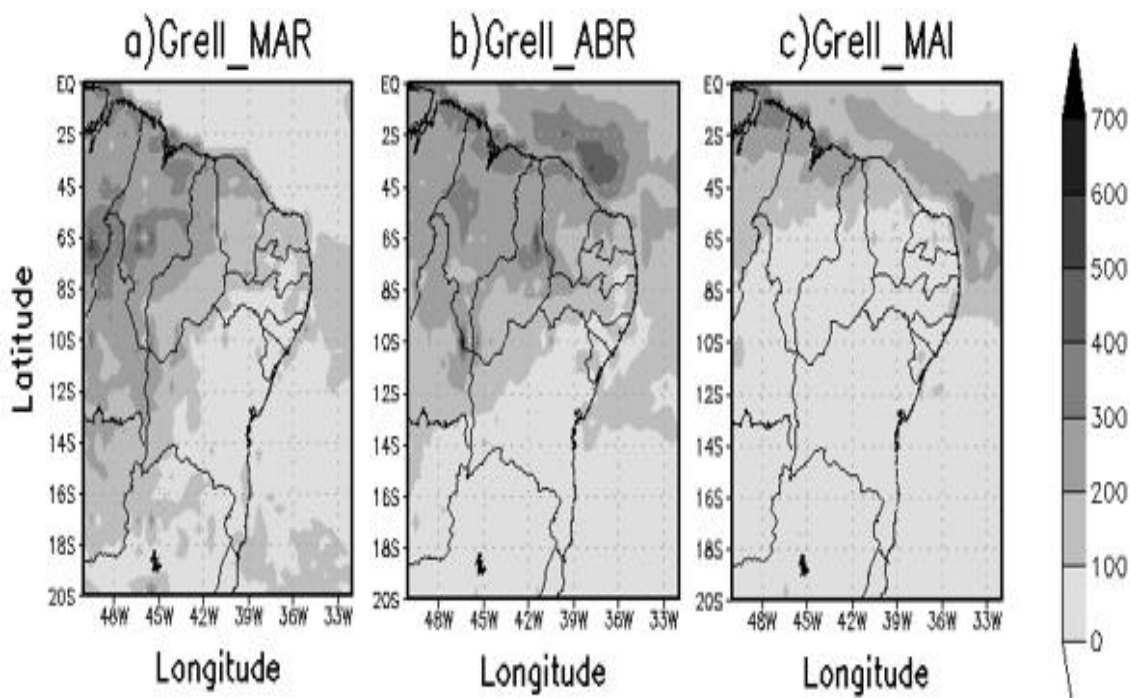


Figura 3: Precipitação durante os meses do outono (MAM) obtidos com a parametrização cúmulus Grell.

A simulação Emanuel (Figura 4), por outro lado, superestimou a precipitação continental nos meses de Março (Figura 4a) e Abril (Figura 4b), e subestimou a precipitação no mês de Maio (Figura 4c).

Ainda de acordo com a figura 4, nota-se que a precipitação simulada com a parametrização Emanuel no mês de Março (Figura 4a) apesar da superestimação nos estados do MA, Piauí (PI) e sul do Ceará (CE), representou bem a precipitação observada sobre boa parte dos estados do CE, RN, PB, Pernambuco, AL e SE. Sobre a BA, no entanto, observa-se novamente uma tendência de superestimação.

Em abril a tendência de superestimação permanece, principalmente nos estados do MA e PI. Na parte central e sul da BA, no entanto, observa-se subestimação. Em Maio (Figura 4c) prevalece tendência de subestimação principalmente na costa leste do NEB. Apesar disso, o modelo aparentemente conseguiu representar a influência dos DOL, além da distribuição espacial na porção norte do NEB.

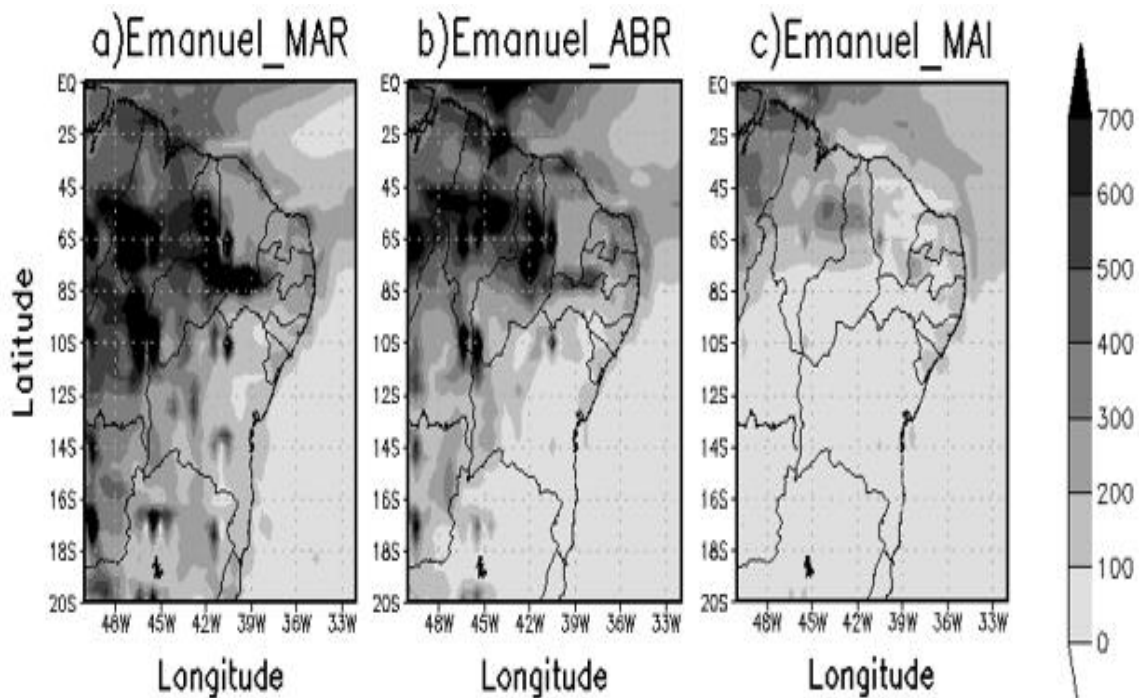


Figura 4: Precipitação durante os meses do outono (MAM) obtidos com a parametrização cúmulus Emanuel.

Estudos sazonais prévios sobre o NEB utilizando as parametrizações Grell (Emanuel) também indicaram tendência de subestimação (superestimação) da precipitação (DANTAS et al., 2013, SANTOS E SILVA; SILVA; LIMA, 2014), assim como o observado para o outono de 2008. Portanto, faz-se necessário aprimorar as parametrizações para a região ou propor uma nova forma de utilização, como por exemplo, realizando uma análise por conjunto (*ensemble*) utilizando as duas parametrizações, haja vista que uma subestima enquanto a outra superestima a precipitação. Diversos trabalhos têm mostrado que essa técnica produz melhores resultados do que as simulações determinísticas (JOHNSON; SWINBANK, 2009; KNUTTI et al., 2010, COUTINHO, LIMA, SANTOS E SILVA, 2016).

Em relação ao índice MBE (Tabela 02), percebe-se que há não um padrão bem estabelecido com relação as tendências de subestimação ($MBE < 0$) e superestimação ($MBE > 0$) para as localidades selecionadas com o acumulado de precipitação observados nas estações convencionais do INMET. Observa-se de um modo geral na tabela 02, um padrão inverso ao encontrado quando comparado com os dados do TRMM (Figura 2), isto é, no experimento Grell 4 das 7 localidades apresentaram uma tendência de superestimação ($MBE > 0$), enquanto em Emanuel 5 das 7 localidades uma tendência de subestimação ($MBE < 0$).

Tabela 02: Índice estatístico MBE utilizado para avaliar o acumulado de precipitação simulado pelo o modelo regional e observado nas estações convencionais do INMET.

Localidades	Grell_EIN15	Emanuel_EIN15
São Luís-MA	-7,46	-1,44
Teresina-PI	1,96	7,74
Fortaleza-CE	-4,82	5,91
Natal-RN	2,12	-1,73
João Pessoa-PB	0,32	-1,14
Recife-PE	-8,15	-4,30
Aracaju-SE	3,19	-1,79

O padrão não linear fica ainda mais explícito quando analisados os maiores erros. Apesar da maioria das localidades indicarem superestimação, verifica-se em Grell que os maiores erros ocorreram para os locais que tiveram a precipitação subestimada. O mesmo ocorreu para o experimento Emanuel, ou seja, apesar da tendência de subestimação, os maiores erros são verificados para superestimação.

CONCLUSÕES

O modelo climático regional RegCM4 foi usado para avaliar a precipitação simulada no outono de 2008, que apresentava condições oceânicas favoráveis a ocorrência de chuva no NEB. De maneira geral, os resultados mostram que a parametrização Grell tende a subestimar a precipitação no NEB, enquanto Emanuel tende a superestimar. Devido a esse padrão, a realização de um conjunto de simulações (*ensemble*) com essas duas parametrizações cúmulus poderia trazer resultados mais satisfatórios para a região.

O índice MBE, que relaciona os dados observados in-situ e simulado, apresentou um padrão oposto ao comparado com os do TRMM, no entanto, com os maiores erros em concordância.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. B.; SOUZA, E. B.; REPELLI, C. A.; VITORINO, M. I.; FERREIRA, N. S. Episódios de La Niña na Bacia do Oceano Pacífico Equatorial e a Distribuição de Chuvas no Setor Norte do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.12, p.63-76, 1997.

AMORIM, A. C. B.; CHAVES, R. R.; SANTOS E SILVA, C. M. Influence of the Tropical Atlantic Ocean's Sea Surface Temperature in the Eastern Northeast Brazil Precipitation. **Atmospheric and Climate Sciences**, v.4, p.874-883, 2014.

COUTINHO, M.D.L.; LIMA, K.C.; SANTOS E SILVA, C.M. Improvements in precipitation simulation over South America for past and future climates via multi- model combination. **Clim Dyn.** 2016. doi:10.1007/s00382-016-3346-6

DANTAS, V.A.; AMORIM, A.C.B.; COSTA, M.S.; SANTOS E SILVA, C.M. Downscaling dinâmico sobre o Nordeste do Brasil utilizando um modelo climático regional: impactos de diferentes parametrizações na precipitação simulada. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, p.995-1008, 2013.

DEE, D.P.; UPPALA, S.M.; SIMMONS, A.J.; BERRISFORD, P.; POLI, P.; KOBAYASHI, S.; ANDRAE, U.; BALMASEDA, M.A.; BALSAMO, G.; BAUER, P.; BECHTOLD, P.; BELJAARS, A.C.M.; VAN DE BERG, L.; BIDLOT, J.; BORMANN, N.; DELSOL, C.; DRAGANI, R.; FUENTES, M.; GEER, A.J.; HAIMBERGER, L.; HEALY, S.B.; HERSBACH, H.; HOLM, E.V.; ISAKSEN, L.; KALLBERG, P.; KOHLER M, MATRICARDI M, MCNALLY AP, MONGE-SANZ BM, MORCRETTE, J.J.; PARK, B.K.; PEUBEY, C.; DE ROSNAY, P.; TAVOLATO, C.; THEPAUT, J.N.; VITART, F. The Era-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.137, p.553–597. 2011.

EMANUEL, K. A. A scheme for representing cumulus convection in large-scale models. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.48, p.2313–2335, 1991.

GIORGI, F.; COPPOLA, E.; SOLMON, F.; MARIOTTI, L.; SYLLA, M. B.; BI, X.; ELGUINDI, N.; DIRO, G. T.; NAIR, V.; GUILIANI, G.; TURUNCOGLU, U. U.; COZZINI, S.; GUTTNER, I.; O'BRIEN, T. A.; TAWFIK, A. B.; SHALABY, A.; ZAKAY, A. S.; STEINER, A. L.; STORDAL, F.; SLOAN, L. C.; BRANKOVIC, C. RegCM4: model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. **Climate Research**, v.52, p.7–29, 2012.

GRELL, G. Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations. **Monthly Weather Review**, n.121, p.764–787, 1993.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climate hazards in Northeast Brazil. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, v.103, p.77-92.

JOHNSON, C.; SWINBANK, B. Medium-range multimodel ensemble combination and calibration, **Q. J. Roy. Meteorol. Soc.**, v.135, p.777–794, 2009.

MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. **Climate Change**, v.129, p.103-115.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **J. Atmos. Sci.**, v.38, p.2653-2675, 1981.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). Cold & Warm episodes by season. 2017. Disponível em: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml. Acesso em: 10/02/2017.

KILADIZ, G.; DIAS, N. Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. **Journal of Climate**, v.2, p.1069–1090, 1989.

KNUTTI, R.; FURRER, R.; TEBALDI, C.; CERMAK, J.; MEEHL, G.A. Challenges in combining projections from multiple climate models. **Journal of Climate**, v.23, p.2739-2758, 2010.

KOUSKY, V.E. Frontal influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**. v.107, p.1140-1153, 1979.

ROBERTSON, A.W.; KIRSHNER, S.; SMYTH, P. Downscaling of Daily Rainfall Occurrence over Northeast Brazil using a Hidden Markov Model. **Journal of Climate**. v.17, p.4407-4424, 2004.

SANTOS E SILVA, C. M.; SILVA, A.; LIMA, K. C. Dynamical downscaling of the precipitation in Northeast Brazil with a regional climate model during contrasting years. **Atmospheric Science Letters**, v.15, p.50-57, 2014.

SERVAIN, J. Simple Climatic Indices for the Tropical Atlantic Ocean and Some Applications. **Journal of Geophysical Research**, v.96, p.15137-15146, 1991.

SUN, L.; MONCUNIL, D. F.; LI, H.; MOURA, A. D.; SOUZA, F. D. A. F. Climate downscaling over Nordeste, Brazil, using the NCEP RSM97. **Journal of Climate**, v.18, p.551–567, 2005.

TORRES, R. R.; FERREIRA, N. J. Case Studies of Easterly Wave Disturbances over Northeast Brazil Using the Eta Model. **Weather and Forecasting**, v. 26, p. 225–235, 2011.

WILKS, D.S. Statistical Methods in the Atmospheric Science. San Diego, Academic Press, 2006. 648p.

CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL VERTICAL DO VENTO DAS LINHAS DE INSTABILIDADE TROPICAIS AMAZÔNICAS

Gabrielle Bezerra Oliveira¹, Clênia Rodrigues Alcântara²

¹Doutoranda em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, gabiboliveira.121@gmail.com; ² Professora Doutora em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, cleniam@gmail.com

RESUMO: As linhas de instabilidade (LI) são linha de tempestades em atividade e a estrutura e intensidade desses sistemas são reguladas por suas condições meteorológicas ambientais. Estudos mostram que o cisalhamento vertical do vento pode agir na organização da convecção, especialmente, na inicialização de novas células convectivas na linha de tempestade. O objetivo deste estudo é comparar o ambiente com e sem a formação de LI, buscando características divergentes entre os perfis das componentes horizontais do vento que auxiliem no entendimento da caracterização desses sistemas. Para isto, analisou-se o perfil vertical do vento zonal e meridional em Belém – PA às 12:00 UTC para a média do período de janeiro de 2006 a dezembro de 2008 e para a média dos trimestres DJF, MAM, JJA e SON. Os resultados mostraram que o perfil vertical da componente zonal do vento apresenta um JBN bem definido, e que, em geral, a profundidade e intensidade desse JBN é maior na média dos dias com LI. A componente meridional mostra comportamento semelhante até próximo ao nível de 750 hPa, entretanto a intensidade dos dois máximos é geralmente maior nos perfis dos dias com LI. A presença desta maior variabilidade na componente meridional do vento nos dias com LI pode contribuir para o desenvolvimento de células convectivas mais fortes, através do aumento na componente zonal da vorticidade.

PALAVRAS-CHAVE: cisalhamento do vento, Amazônia, Sistemas Convectivos, Linhas de Instabilidade.

CHARACTERIZATION OF THE VERTICAL PROFILE OF THE WIND OF THE AMAZON TROPICAL SQUALL LINES

ABSTRACT: The Squall Lines (SL) are lines of storms in activity and structure and intensity of systems are regulated by their meteorological conditions. Studies show that vertical shear of the wind can act in the organization of convection, especially in the initialization of new convective cells in the storm line. The aim of this study is to compare the environment with and without the formation of LI, seeking divergent characteristics between the profiles of the components of the wind horizon that help in understanding the characterization of the systems. For this, the vertical profile of the zonal and southern wind in Belém - PA at 12:00 UTC was analyzed for the average of the period from January 2006 to December 2008 and for the average of the DJF, MAM, JJA and SON quarters. The results showed that the vertical profile of the zonal component of the wind has a well defined JBN, and that, in general, the depth and intensity of this LLJ is higher in the mean of the days with SL. The meridional component shows similar behavior to near the level of 750 hPa, however the intensity of the two peaks is generally larger in the profiles of days with SL. The presence of this greater variability in the meridional component of the wind in the days with SL may contribute to the development of stronger convective cells by increasing the zonal component of the vorticity.

KEY-WORDS: wind shear, Amazonia, Convective System, Squall Lines.

INTRODUÇÃO

As Linhas de Instabilidade (LI) são sistemas convectivos de mesoescala associados a junção de várias células de cumulonimbus em diferentes estágios de desenvolvimento e dispostas em forma de linha, podendo ser contínua ou com intervalos entre si. São sistemas encontrados em várias regiões do globo e na América do Sul ocorrem, frequentemente, na costa norte. Foram associadas por diversos autores como sendo o resultado da circulação de brisa marítima (KOUSKY, 1980; CAVALCANTI, 1982; CAVALCANTI; KOUSKY, 1982; COHEN, 1989; GRECO et al., 1990; SILVA DIAS; NOBRE, 1995) ou ligadas a padrões de ondas que se propagam na região tropical (HOUZE, 1977).

Segundo Llopart (2012), as LI são sistemas de grande importância para a região, pois além de contribuir para seus totais pluviométricos, tem papel fundamental na circulação global e na energética da atmosfera tropical, sendo um meio de transporte de umidade, massa e gases para a alta troposfera. Dada a importância desses sistemas para a região, Cohen (1989) fez a separação em 3 grupos de acordo com a distância horizontal alcançada: Linhas de instabilidade costeiras (LIC), com propagação inferior a 170 km; Linhas de instabilidade com propagação do tipo 1 (LIP1), com deslocamento entre 170 e 400 km; Linhas de instabilidade com propagação do tipo 2 (LIP2), com deslocamento acima de 400 km.

O cisalhamento do vento é um fator importante na formação de sistemas convectivos como as LI, especialmente, na organização de tais sistemas (ROTUNNO; KLEMP; WEISMAN, 1988; ALCÂNTARA et al., 2011, 2014; OLIVEIRA; ALCÂNTARA; SOUZA, 2016). Estudos sugerem que perfis verticais com cisalhamento do vento mais intenso, principalmente, em baixos níveis, podem contribuir para a intensificação das correntes ascendentes principais, bem como as correntes descendentes na região estratiforme do sistema.

Portanto, o entendimento da dinâmica do vento associada ao ambiente de formação das LI amazônicas, pode auxiliar na previsibilidade do sistema, bem como no entendimento de seu desenvolvimento. Para isto, o objetivo deste estudo é comparar o ambiente com e sem a formação de LI, buscando características divergentes entre os perfis das componentes horizontais do vento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho consistem em Reanálises do ECMWF (*European Centre Medium-Range Weather Forecast*) disponíveis em <http://ecmwf.int/datasets/> para os anos de 2006, 2007 e 2008 das componentes zonal (u) e meridional (v) do vento no ponto de grade mais próximo a cidade de Belém-PA (1,38°S; 48,48°W) (Figura 1). São reanálises do ERA-INTERIM de cobertura global com resolução de 0,75° de latitude \times 0,75° de longitude e frequência de 6 horas. O horário escolhido para aquisição dos dados e, posteriormente para a elaboração dos perfis verticais corresponde às 12:00 UTC (9 horas local), período que antecede a formação e desenvolvimento da circulação de brisa marítima, sendo assim, o horário mais importante em se tratando da formação de linhas de instabilidade Amazônicas, pois a atmosfera ainda não sofreu os efeitos do sistema.

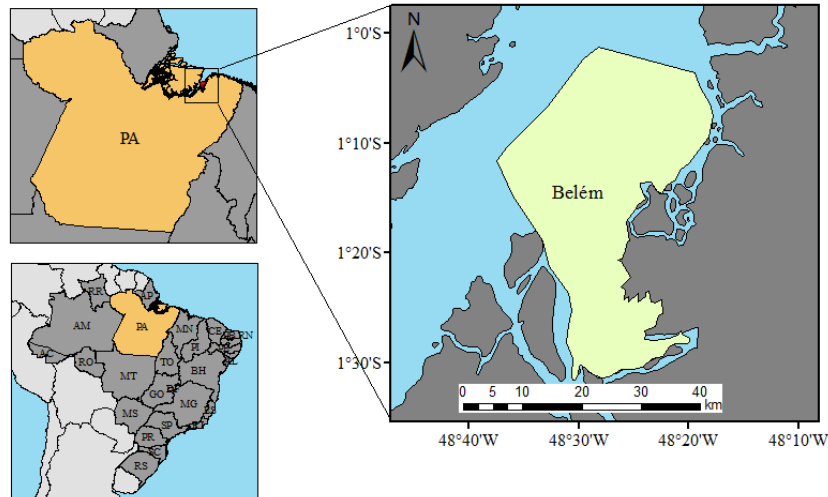


Figura 1. Localização da área do estudo.

A identificação dos dias com (CLI) e sem (SLI) o desenvolvimento de LI foi feita a partir da climatologia elaborada por Alcântara et al. (2011) que, através de uma análise subjetiva de imagens de satélite no canal infravermelho, fizeram uma contagem da ocorrência de LI entre os anos de 2000 e 2008, seguindo a metodologia proposta por Cohen (1989). As LI foram identificadas nas imagens como uma banda de nuvens convectivas, organizadas e alinhadas com a costa, no horário compreendido entre as 10:00 UTC e às 18:00 UTC. Um exemplo de LI é visto na Figura 2.

As reanálises são um conjunto de dados representativos da atmosfera, confiáveis e que possibilitam a análise completa de um período sem lacunas nos dados. Alcântara et al. (2011) fizeram um estudo comparativo entre os dados de reanálises da componente zonal da velocidade do vento do ponto de grade mais próximo de Belém e os dados de sondagens originais, no período de 01 a 22 de junho de 2011. Eles observaram que as maiores diferenças da velocidade do vento são vistas em níveis acima de 500 hPa na maioria dos dias, e que acima deste nível as reanálises superestimaram os valores desta variável. Muitos autores afirmam que o desenvolvimento de tempestades é influenciado diretamente por processos que ocorrem abaixo do nível de 500 hPa, região em que as menores diferenças entre os dados foram observadas. Portanto, apesar do estudo com dados de reanálises apresentar algumas limitações, eles são a melhor opção de conjunto de dados, devido as descontinuidades encontradas nas sondagens.

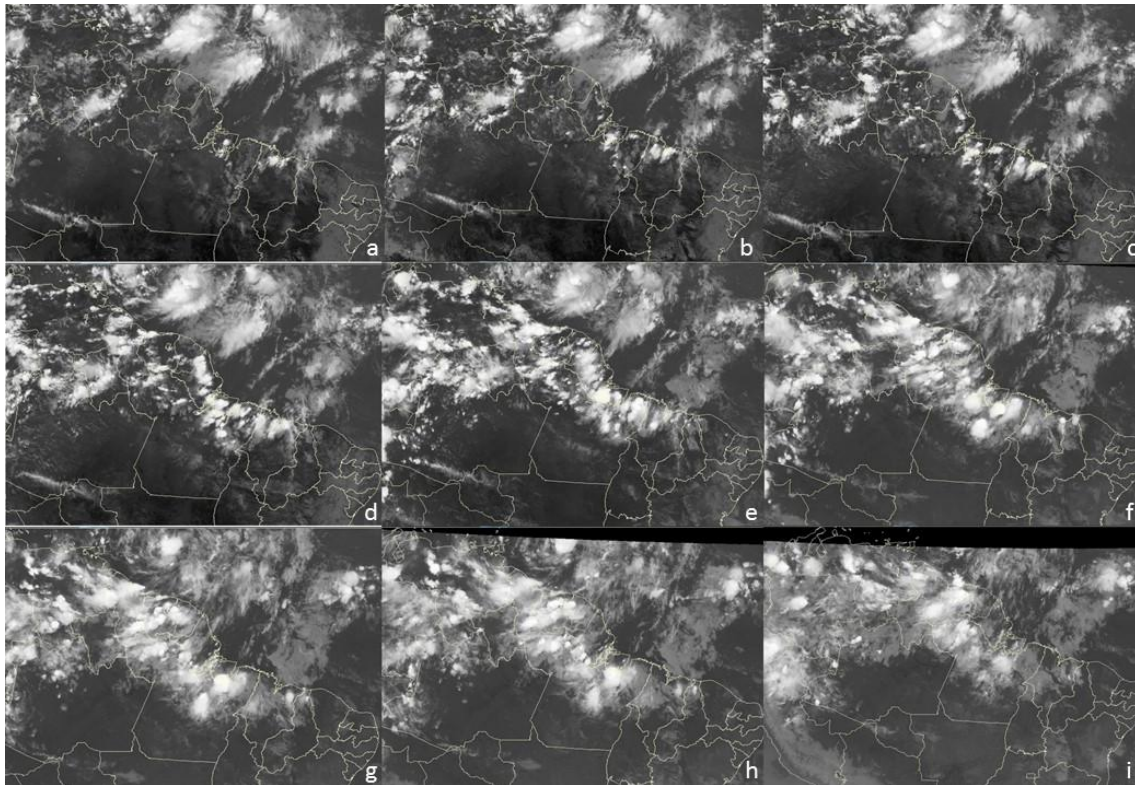


Figura 2. Imagens do satélite GOES-10 no canal infravermelho no horário das (a) 1530, (b) 1630, (c) 1700, (d) 1815, (e) 2000, (f) 2230, (g) 2315 UTC do dia 22 de agosto de 2008 e das (h) 0100 e (i) 0300 UTC do dia 23 de agosto de 2008. A seta indica a posição da linha de instabilidade.

Fonte: CPTEC/INPE

A partir dos dados diários fez-se a separação dos dias CLI e SLI e construiu-se perfis verticais médios do vento das 12:00 UTC para o período (2006-2008) e para a média trimestral; dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) e junho-julho-agosto (JJA) que correspondem à estação de transição, março-abril-maio (MAM), estação chuvosa e setembro-outubro-novembro (SON), correspondendo à estação seca; tanto da componente zonal (u), quanto da componente meridional do vento (v). Após isto, fez-se o cálculo da diferença entre estes perfis com o objetivo de identificar em quais níveis isobáricos são encontradas as maiores diferenças.

Para a estimativa da profundidade do jato de baixos níveis (JBN) neste estudo, foi selecionado arbitrariamente para cada perfil um valor da velocidade do vento, em seguida fez-se uma reta na vertical e anotou os dois níveis em que a mesma cruzou o perfil (nível inferior e superior). Após isto, fez-se a diferença entre eles encontrando a profundidade do JBN em hPa.

A diferença absoluta entre os máximos da componente meridional do vento foi estimada anotando-se o valor absoluto do máximo negativo e o máximo positivo observado no perfil. Em seguida, somou-se os dois valores para obter a distância entre os mesmos. O valor da altura foi obtido pela subtração entre os níveis isobáricos de ocorrência dos dois máximos.

Toda a manipulação dos dados de reanálises foi feita através do software CDO (*Climate Data Operators*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. PERFIS VERTICAIS DA COMPONENTE ZONAL DO VENTO

1.1. Média do período (2006-2008)

Aqui será analisado o perfil vertical do vento zonal para a média do período em estudo. Inicialmente, analisou-se o perfil vertical médio da componente u para os dias em que houve a formação de LI (CLI) e para os dias sem a formação de LI (SLI). Os perfis encontram-se na Figura 3a. Nota-se um JBN mais intenso (valor absoluto) na média dos dias CLI, com um valor de aproximadamente $-9,5$ m/s no nível de 775 hPa, enquanto que nos dias SLI, o JBN apresentou intensidade de $-9,0$ m/s em 800 hPa. Fixando-se o valor da velocidade do vento em $-6,5$ m/s e traçando uma reta na vertical para encontrar a profundidade do jato, observa-se que nos dias CLI o JBN é mais profundo (410 hPa) quando comparado com o perfil médio dos dias SLI (325 hPa). A análise do perfil da diferença entre os perfis da média dos dias com e sem LI (Figura 3b) mostra que a maior diferença, superior a $0,5$ m/s (negativo), é observada acima do nível de 775 hPa, próximo ao nível de ocorrência do JBN. Estes valores negativos indicam que o valor absoluto do perfil da média dos dias CLI é maior quando comparado ao perfil dos dias SLI.

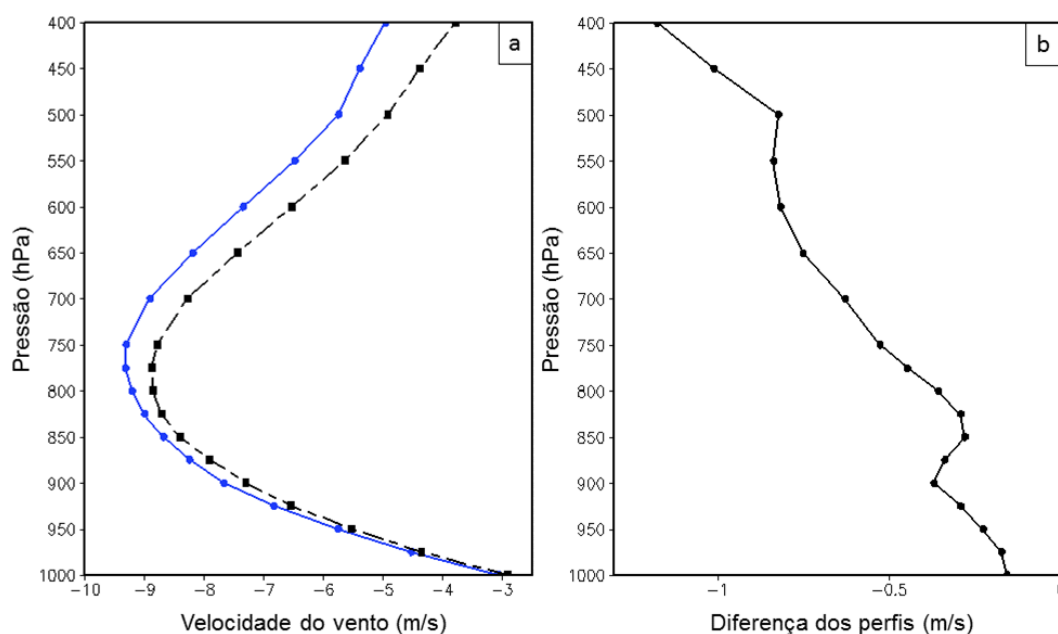


Figura 3. Perfis verticais da componente zonal do vento para (a) a média dos dias CLI e SLI e (b) diferença entre os perfis. A linha azul representa a média dos dias CLI e a linha preta a média dos dias SLI.

1.2. Média trimestral do período (2006-2008)

Os perfis verticais das médias trimestrais para o período em estudo (2006-2008) estão ilustrados na Figura 4. O primeiro trimestre (Fig. 4a) mostra que nos dias CLI (SLI) o JBN tem intensidade média de -10 m/s (-9 m/s) e em ambos os perfis este jato se encontra no nível de 775 hPa, aproximadamente. Além disso, ao fixar o valor de -6

m/s verifica-se que o JBN é mais profundo (Tabela 1) nos dias CLI (350 hPa) do que nos dias SLI (175 hPa).

O trimestre MAM (Fig. 4b) mostra que o perfil da média dos dias CLI apresenta um JBN bem mais intenso do que nos dias SLI, com uma intensidade de aproximadamente -8,5 m/s em 775 hPa. O JBN da média dos dias SLI tem intensidade inferior a -7 m/s no nível de 800 hPa. Entretanto, neste trimestre não é verificado um jato bem definido como foi visto nos perfis da média do período e no trimestre DJF (Figuras 3 e 4a, respectivamente), dificultando a análise da profundidade do JBN nos perfis. Contudo, é possível identificar subjetivamente que o jato é mais profundo nos dias CLI, pois em cada nível observado, o valor da componente zonal é maior no perfil dos dias CLI do que no perfil dos dias SLI. Este comportamento dos perfis pode ser em virtude do sistema atmosférico de grande escala atuante neste período, a ZCIT, que atinge sua posição meridional mais ao sul nos meses de março e abril.

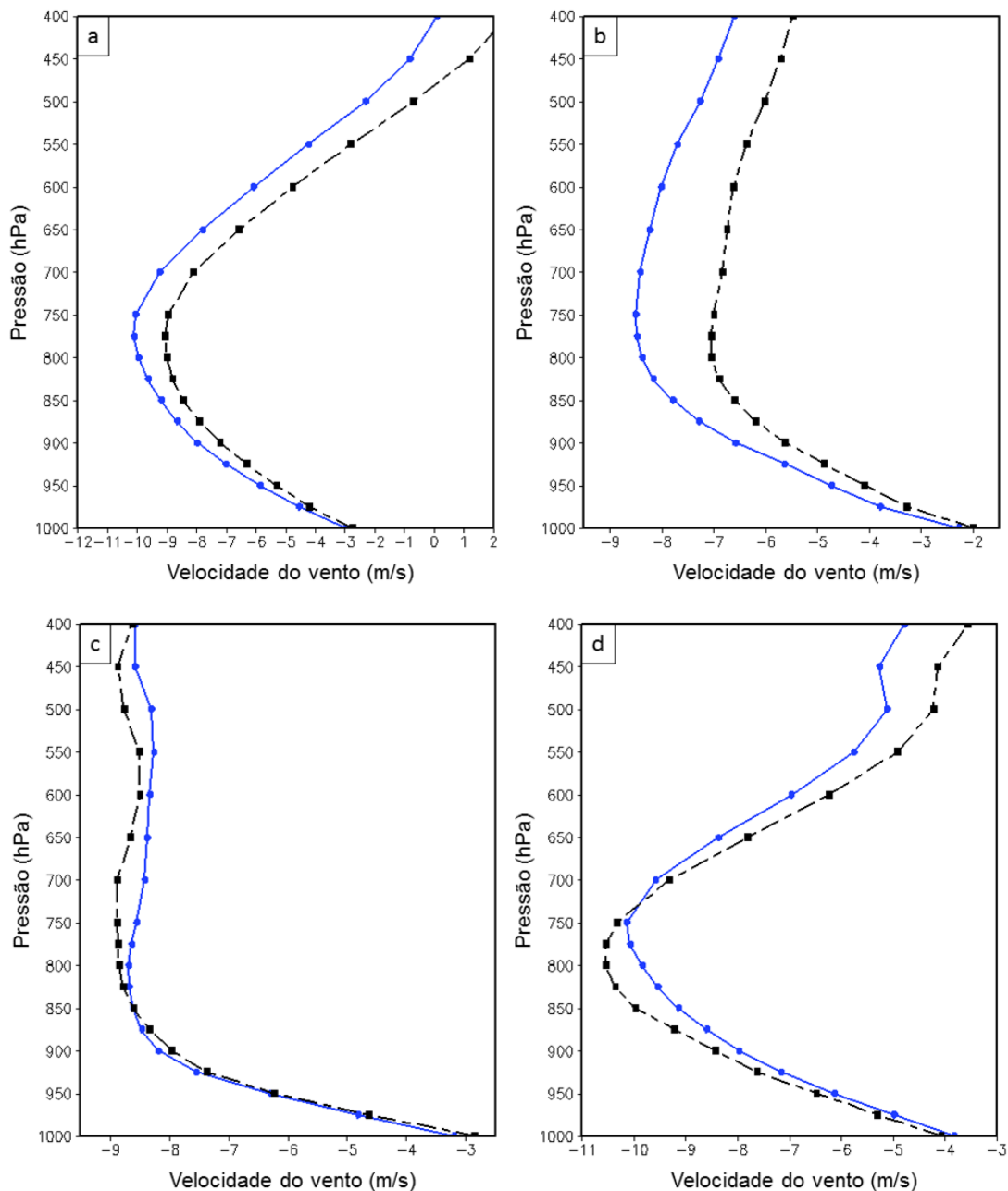


Figura 4. Perfis verticais da componente zonal do vento para a média do período do trimestre (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA e (d) SON. A linha azul representa a média dos dias CLI e a linha preta a média dos dias SLI.

O terceiro trimestre (Fig. 4c) se apresenta de forma semelhante ao trimestre anterior, porém acima do JBN, a velocidade se mantém relativamente constante com a altura. Nestes perfis não fica evidente o JBN, mas observa-se que na média dos dias CLI (SLI) o jato tem intensidade aproximada de -8,5 m/s (-8,9 m/s) no nível de 850 hPa (825 hPa). Não é possível determinar aqui a profundidade dos jatos em ambos os perfis. Este trimestre possui o maior número de casos de LI do período, com 55 casos totais (não mostrado). Entretanto, não há evidência de algum sistema de grande escala atuante nesta região que possa interferir no comportamento dos perfis verticais do vento, como já foi citado, o principal sistema produtor de chuva nesta época é a própria LI. No último trimestre (Fig. 4d), o JBN tem intensidade de aproximadamente -10 m/s (-10,6 m/s) na média dos dias CLI (SLI) no nível de 750 hPa (800 hPa). A profundidade do jato (Tabela 1) foi estimada fixando-se o valor de -7 m/s obtendo-se o valor de 325 hPa (290 hPa) na curva dos dias CLI (SLI).

Estes resultados mostram que o JBN é uma característica intrínseca no ambiente amazônico, entretanto, faz-se necessário investigar qual fator é responsável por esta característica. Nota-se que a maior profundidade dos JBN, como observado na Tabela 1, pode auxiliar a formação das LI, ocasionando maior ventilação nas nuvens, implicando em maior entranhamento e aumentando, possivelmente, a energia disponível para o sistema (ALCÂNTARA et al., 2014).

Tabela 1. Profundidade e intensidade do JBN para a média trimestral do período dos dias CLI e SLI.

TRIMESTRE	CLI		SLI	
	Profundidade (hPa)	Intensidade (m/s)	Profundidade (hPa)	Intensidade (m/s)
DJF	350	-10,0	175	-9,0
MAM	-	-8,5	-	-7,0
JJA	-	-8,5	-	-8,9
SON	325	-10,0	290	-10,6

2. PERFIS VERTICAIS DA COMPONENTO MERIDIONAL DO VENTO

2.1. Média do período (2006-2008)

Nesta sessão será analisado os perfis verticais médios do vento meridional (Figura 5). Observa-se a presença de dois máximos absolutos em ambos os perfis, um máximo negativo em 950 hPa e um máximo positivo em torno de 775 hPa. No perfil médio dos dias CLI (SLI) é observado um máximo negativo com intensidade de -1,8 m

/s (-1,8 m/s) e um máximo positivo de 1,7 m/s (1,0 m/s), assim a altura entre os dois máximos absolutos é de 175 hPa (175 hPa) e a diferença absoluta de 3,5 m/s (2,8 m/s).

Os perfis verticais da componente v nos dias CLI e SLI são semelhantes até próximo ao nível de 650 hPa e apresentam diferenças significativas nos níveis médios (Fig. 5a), onde v é de norte (valores negativos) para os dias CLI e de sul (valores positivos) para os dias SLI. Este maior cisalhamento direcional do vento nos dias SLI pode inibir o desenvolvimento desses sistemas. Os perfis verticais apresentam diferenças significativas, especialmente, ao nível de 500 hPa (Fig. 5b). Nota-se ainda que próximo ao nível de 850 hPa há uma mudança na direção do vento em ambos os perfis.

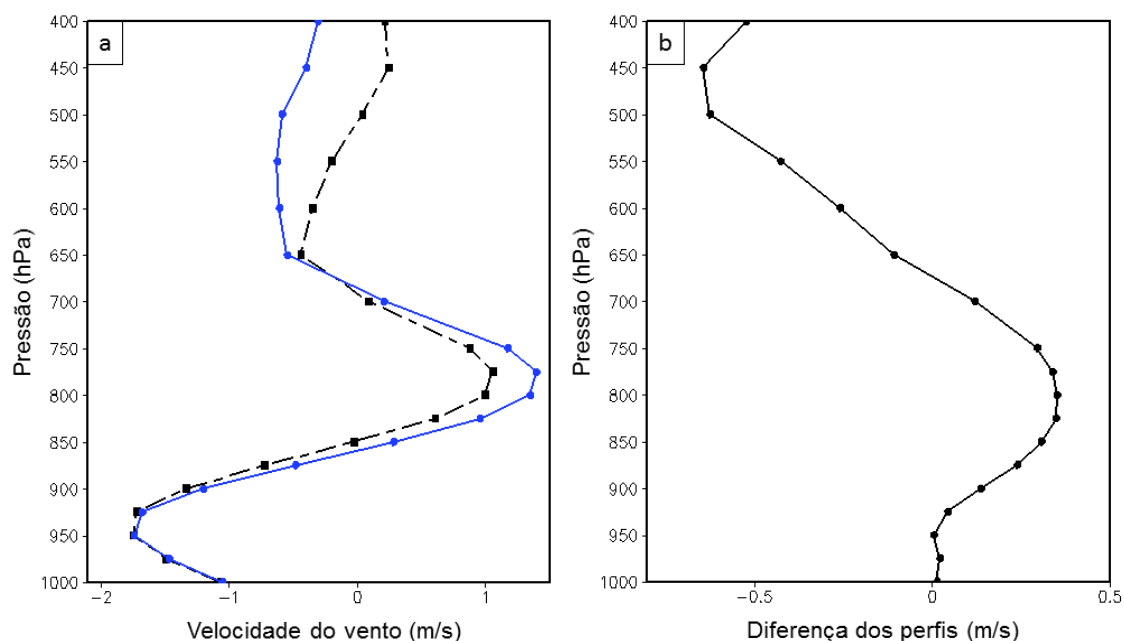


Figura 5. Perfis verticais da componente meridional do vento para (a) a média dos dias CLI e SLI e (b) diferença entre os perfis. A linha azul representa a média dos dias CLI e a linha preta a média dos dias SLI.

2.2. Média trimestral do período (2006-2008)

Os perfis verticais das médias trimestrais da componente meridional do vento para o período em estudo (2006-2008) estão ilustrados na Figura 6. O primeiro trimestre (Fig. 6a) mostra que nos dias CLI (SLI) um máximo negativo de -3,0 m/s (-3,7 m/s) é observado próximo ao nível de 925 hPa (900 hPa). Outro máximo relativo de intensidade de -0,2 m/s é observado no nível de 750 hPa no perfil dos dias CLI, no perfil dos dias SLI não fica evidente este máximo secundário próximo a este nível, apenas em 550 hPa é observado um máximo de aproximadamente 0,7 m/s. Neste trimestre, os valores de v nos dias CLI em todos os níveis apresentam valores absolutos inferiores ao perfil vertical da média dos dias SLI, as diferenças mais significativas são observadas acima de 650 hPa, onde o perfil SLI apresenta ventos de sul e o perfil CLI com ventos de norte. A distância entre os dois máximos de v na média dos dias CLI (SLI) é de 3,2 m/s (4,4 m/s) e a altura entre eles é de aproximadamente 175 hPa (350 hPa) (Tabela 2).

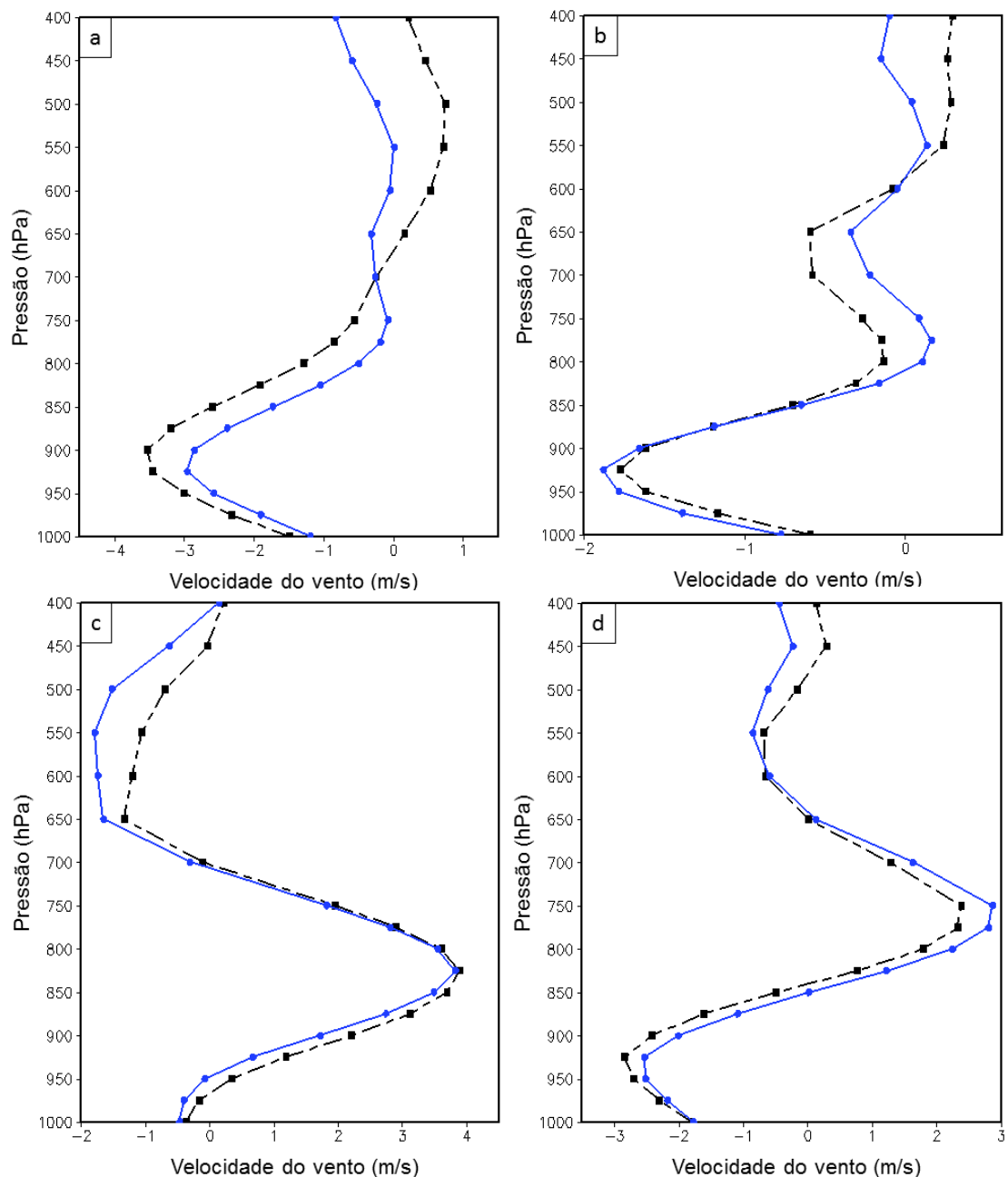


Figura 6. Perfis verticais da componente meridional do vento para a média do período do trimestre (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA e (d) SON. A linha azul representa a média dos dias CLI e a linha preta a média dos dias SLI.

O terceiro trimestre (Fig. 6c) não apresenta comportamento semelhante aos demais trimestres. Da superfície até próximo ao nível de 975 hPa (950 hPa), os ventos são de norte no perfil dos dias CLI (SLI), acima deste nível os ventos mudam de direção, passando a ser de sul até o nível de 700 hPa, onde assumem novamente valores negativos. Observa-se ainda um máximo valor de v com intensidade de 3,8 m/s no nível de 825 hPa em ambos os perfis e um máximo negativo de -1,8 m/s (-1,2 m/s) no nível de 550 hPa (650 hPa) no perfil dos dias CLI (SLI). A diferença absoluta e a altura entre estes máximos de v estão inseridos na Tabela 2. Acima do nível de 450 hPa, a componente meridional do vento assume valores positivos no perfil de SLI, mudando sua direção, enquanto que o perfil dos dias CLI mantém seu valor negativo.

No trimestre SON (Fig. 6d), os perfis apresentam comportamento semelhante até próximo ao nível de 550 hPa. A maior diferença encontra-se acima de 500 hPa onde o perfil de v dos dias SLI muda de direção. Observa-se um máximo negativo de aproximadamente -2,6 m/s (-2,8 m/s) de intensidade no nível de 925 hPa e um máximo positivo de 2,9 m/s (2,3 m/s) em 750 hPa no perfil dos dias CLI (SLI). A diferença absoluta entre os máximos é de 5,5 m/s na média dos dias CLI e de 5,1 m/s no perfil dos dias SLI (Tabela 2). Nota-se que, em todos os trimestres, a diferença absoluta e a altura entre os dois valores máximos de v são maiores no perfil dos dias CLI.

Tabela 2. Diferença absoluta e altura entre os dois máximos da componente meridional do vento para a média trimestral do período dos dias CLI e SLI.

TRIMESTRE	CLI		SLI	
	Diferença absoluta (m/s)	Altura (hPa)	Diferença absoluta (m/s)	Altura (hPa)
DJF	3,2	175	3,4	350
MAM	2,2	125	1,8	125
JJA	5,6	275	2,6	175
SON	5,5	175	5,1	175

CONCLUSÕES

Este trabalho investigou características dinâmicas dos perfis verticais da componente zonal e meridional do vento para os dias com e sem a formação de LI amazônicas através de dados de reanálises do ECMWF do período de 2006 a 2008. Os resultados mostraram que a componente zonal do vento apresenta um JBN bem definido na média do período em estudo. Entretanto, nota-se que na média trimestral, os trimestres MAM e JJA, este JBN não fica evidente, o que pode ser devido à alguma característica de grande escala que interfira no ambiente de formação desses sistemas. Verificou-se ainda que, em geral, a profundidade e intensidade do JBN é maior na média dos dias CLI, comportamento que é visto em quase todos os trimestres. Entretanto, esta diferença entre os perfis dos dias CLI e SLI é pequena, logo, a presença deste JBN não pode caracterizar o ambiente de formação das LI. Em relação a componente meridional do vento, foi visto que esta apresenta em geral dois máximos de vento, um máximo negativo em torno de 950 hPa e outro positivo em torno de 775 hPa, comportamento visto na média do período. Os trimestres apresentam comportamento semelhantes do perfil do vento meridional até próximo ao nível de 750 hPa, acima deste nível observa-se em alguns casos uma rotação na direção do vento no perfil dos dias SLI. Além disto, observa-se as maiores diferenças entre os perfis em torno do nível de 550 hPa, onde os perfis verticais da média dos dias SLI mudam de direção. Este maior cisalhamento direcional pode agir inibindo a formação das LI amazônicas, entretanto faz-se necessário estudos numéricos que indiquem com maior clareza a contribuição deste cisalhamento na formação ou inibição desses sistemas.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece a CAPES pela concessão da bolsa de Doutorado e pelo financiamento do Projeto 446103/2015-2.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, C. R.; SILVA DIAS, M.A.F.; SOUZA, E. P.; COHEN, J. C. P. Verification of the role of the low level jets in Amazon squall lines. **Atmospheric Research**, v. 100, p. 36-44, 2011.
- ALCÂNTARA, C. R.; SOUZA, E. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; BIAZETO, B. Influência dos jatos em médios e baixos níveis nos processos de nuvem: Estudo numérico de uma linha de instabilidade Amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.1, 29 - 46, 2014.
- CAVALCANTI, I. F., KOUSKY, V. E. **Influência da circulação da escala sinótica da brisa marítima na costa NNE da América do Sul**. INPE-2573-PRE/221, São José dos Campos, 1982.
- CAVALCANTI, T. F. A. **Um estudo sobre interações entre sistemas de circulações de escala sinótica e circulações locais**. 1982. 140p. (INPE-2494-TDL/97). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) -Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 1982.
- COHEN, J. C. P. **Um estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazônia**. 1989. 174p. (INPE-4865-TDL/376). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 1989.
- GRECO, S.; SAWAP, R.; GARSTANG, M.; ULANSKY, S.; SHIPHAM, M.; HARRIS, R. C.; TALBOT R.; ANDREAE, M. O.; ARTAXO, P. Rainfall and surface kinematic conditions over central Amazonia during ABLE 2B. **J. Geophys. Res.** v. 95, p. 17001-17014, 1990.
- HOUZE, R. A. Jr. Structure and Dynamics of a Tropical Squall-Line System. **Mon. Wea. Rev.** v. 105, p. 1540-1567, 1977.
- KOUSKY, V.E. Diurnal rainfall variation in the northeast Brazil. **Mon. Wea. Rev.** v. 108, p. 488-498, 1980.
- LLOPART, M. **Sistemas meteorológicos atuantes na América do Sul**. DCA/IAG/USP. ACA 0223, Climatologia I (Climatologia Física), 2012.
- OLIVEIRA, F. P. **Fatores associados à iniciação de linhas e instabilidade na região do Centro de Lançamento de Alcântara**. 2012. 102p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2012.
- OLIVEIRA, G. B.; ALCÂNTARA, C. R.; SOUZA, E. P. Caracterização de perfis de vento no ambiente de formação das linhas de instabilidade amazônicas. **Ciência e Natura**. v. 38, n. 1, p. 393-403, 2016.
- ROTUNNO, R.; KLEMP, J. B.; WEISMAN, M. L. A theory for strong, long-lived squall lines. **J. Atmos. Sci.** v. 45, p. 463-485, 1988.
- SILVA DIAS, M. A. F.; FERREIRA, R. N. Application of linear spectral model to the study of amazonian squall lines during GTE/ABLE 2B. **Journal of Geophysical Research**, v. 97, p. 20405-20419, 1992.

AValiação DO VENTO *OFFSHORE* SIMULADO VIA MODELOS DINÂMICOS NA REGIÃO DO ATLÂNTICO EQUATORIAL

Gilvani Gomes de Carvalho¹, Cláudio Moisés Santos e Silva², Aline Gomes Silva³

¹Estudante de Graduação em Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.

(gilgdc@gmail.com); ² Professor do Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas,

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN. (claudiomoises@ccet.ufrn.br); ³Professora do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Parnamirim-RN. (aline.gomes@ifrn.edu.br)

RESUMO: O clima do Nordeste Brasileiro (NEB) é caracterizado pelas influências de diferentes sistemas meteorológicos tanto em escala espacial local, de meso escala e por sistemas de grande escala, se destacando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), bem como a penetração de sistemas frontais oriundos de latitudes médias e a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) influenciando principalmente o estado da Bahia. O NEB tem se destacado na geração de energia renováveis, como por exemplo, a energia eólica. O objetivo deste estudo é avaliar o campo de vento simulado sobre o Atlântico Tropical com o modelo regional ReGCM4. Os dados utilizados são diários, com grade de 0,25° x 0,25° referentes à direção e velocidade do vento offshore, são oriundos do produto *Blended Sea Winds* (BSW), que é um produto que junta informações de múltiplos satélites através de um método de interpolação gaussiana. O modelo de simulação é o RegCM4 (*Regional Climate Model, version 4*) e o período de estudo é o outono de 1991 a 2009. A simulação com a parametrização de Grell não representa de forma adequada a formação da ZCIT, enquanto a simulação com o esquema de Emanuel representa, embora deslocada para Norte e com velocidades do vento superestimadas.

PALAVRAS-CHAVE: Velocidade do vento, Nordeste Brasileiro, RegCM4.

EVALUATION OF THE OFFSHORE WIND SIMULATED BY DYNAMIC MODELS IN THE REGION OF THE EQUATORIAL ATLANTIC

ABSTRACT: Brazilian Northeast (NEB) climate is characterized by the influence of different weather systems in local spatial scale, mesoscale and global scale specially the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), as well as the penetration of frontal systems from middle latitudes and the South Atlantic Convergence Zone (SACZ) mainly influencing Bahia. NEB has been standing out in generating renewable energy such as wind power. The aim of this work is to evaluate the simulated wind field on the Tropical Atlantic with the regional model RegCM4. The data used are daily, within each 0.25° x 0.25° grid square concerning the wind direction and speed offshore, they are a product of *Blended Sea Winds* (BSW) which is a multiple satellite combining observations from different satellites by Gaussian interpolation. The simulation model is RegCM4 (*Regional Climatic Model, version 4*) for autumn period of 1991 to 2009. The simulation with the Grell parametrization does not adequately represent the ZCIT formation while the simulation with Emanuel parametrization does represent, although it is displaced to the North and overestimate wind speeds.

KEY-WORDS: Wind speed, Brazilian Northeast, RegCM4.

INTRODUÇÃO

O clima do Nordeste Brasileiro (NEB) é caracterizado pelas influências de diferentes sistemas meteorológicos tanto em escala espacial local, meso escala e por sistemas de grande escala, se destacando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT),

bem como a penetração de sistemas frontais oriundos de latitudes médias e a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) influenciando principalmente o estado da Bahia (CHAVES; CAVALCANTI, 2001). Nesse âmbito os estudos de velocidade e direção do vento próximo à superfície são importantes ferramentas em várias áreas, podendo ser aplicado, por exemplo, na construção civil, erosão costeira, agricultura, bem como parques eólicos para a geração de energia (SANTOS; SANTOS E SILVA, 2013; NCHABA; MPHULO; LENNARD, 2016). De acordo com Pereira et al (2013) a produção de energia eólica cresceu de 22 MW em 2003 para 602 MW em 2009. Com o aumento da produção de energia eólica no Brasil, o NEB tem grande destaque na geração dessa matriz energética renovável.

Devido existirem poucos estudos que avaliam a capacidade dos modelos dinâmicos de tempo e clima em simular de forma adequada a variabilidade do vento na região do NEB. Além disso, pouca atenção tem sido dada a avaliação da simulação da direção e velocidade do vento sobre a região oceânica, que pode ser um produto a ser usado para prospecção de potencial eólico *offshore*. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o campo de vento simulado sobre o Atlântico Tropical com o modelo regional ReGCM4.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de interesse do presente estudo está delimitada na faixa litorânea do Nordeste do Brasil que tem mais de 3300 km de extensão. Os dados observados utilizados correspondem à velocidade do vento *offshore*. O conjunto original de dados compreende o período de janeiro de 1988 a dezembro de 2016. Esses dados de velocidade e direção do vento foram obtidos do *The National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA/NCDC), que fornece o produto *Blended Sea Winds* (BSW). Esses dados são uma combinação de múltiplos satélites que utilizam a interpolação Gaussiana que faz com que haja um aumento na resolução temporal (ZHANG; BATES; REYNOLDS, 2006) e que monitoram o vento sobre o oceano, esse produto está disponível a partir de 9 de julho de 1987 até o presente. De acordo com Silva et al. (2015), a climatologia dos ventos na costa Norte e Nordeste é regido por dois sistemas: o comportamento dos ventos alísios e as brisas oceânicas e que a maior ocorrência da maior densidade de potência do vento na região Norte, por exemplo, é no período do outono. O produto está disposto em uma grade regular de espaçamento de $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ (Longitude por Latitude), que corresponde a aproximadamente 27,5 km na região tropical. A amostragem temporal é de 6 horas, nos horários sinóticos de 00, 06, 12 e 18 horas UTC. A velocidade do vento é medida a uma altura de 10 m acima da superfície do oceano e é expressa em metros por segundo (m/s).

As simulações numéricas foram realizadas com o modelo dinâmico RegCM4, originalmente desenvolvido pelo *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) (GIORGI et al., 2012). Como exposto por Santos et al. (2016) o RegCM4 é um modelo de área limitada discretizado em pontos de grade em que as equações que integram o núcleo dinâmico do modelo são para fluido compressível e hidrostático, e pode ser utilizado para estudos que abrange desde o paleoclima quanto simulações climáticas futuras, dentre outras áreas. As simulações foram realizadas para os outonos (março-abril-maio) dos anos 1991-2009 (19 anos), o espaçamento de grade do modelo foi de 50 km, as condições atmosféricas de grande escala foram oriundas do Era-Interim. Dois experimentos numéricos foram conduzidos, o primeiro utilizando a parametrização convectiva de Grell (1993) e o segundo de Emanuel (1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se na Figura 1 o resultado da média do período de 19 anos dos outonos (Chamada de “Climatologia” do período) para os dados observados e para as simulações. As médias do período das observações analisado indicam a região da ZCIT delimitada entre as latitudes de $-2,5^{\circ}$ e $3,0^{\circ}$ com valores mínimos da velocidade média do vento não ultrapassando 4,0 m/s. As maiores velocidades na região da ZCIT são nas regiões mais próximas à Costa Norte e Nordeste do Brasil. Outro aspecto de grande escala observado é a intensidade do vento na região da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e o ramo Nordeste da Alta Subtropical do Atlântico Norte (Altas dos Açores), que influenciam a posição da ZCIT. Na ASAS a velocidade do vento ultrapassa 7,0 m/s. Com relação à simulação realizada com a parametrização de Grell, pode-se verificar que tanto em termos de intensidade, quanto na direção, verifica-se que esse experimento apresentou um fraco desempenho relativamente às observações. A primeira característica é que a ZCIT não é bem definida em função do experimento não representar de maneira adequada a direção e intensidade do vento na zona de influência da Altas dos Açores. Por outro lado, apesar de indicar a posição da ASAS de forma relativamente correta, o modelo subestima a velocidade do vento, sendo que os máximos de velocidade nessa região não ultrapassam 6,5 m/s.

Por outro lado, quando comparada a simulação realizada com a parametrização de Emanuel aos dados, verifica-se que este experimento identifica de forma adequada (embora relativamente deslocada para o Hemisfério Sul) a posição da ZCIT. A direção do vento na região da ZCIT é praticamente de Leste. A principal deficiência apresentada é quanto a intensidade do vento, que é sempre superestimada nessa simulação. Por exemplo, na região próximo à costa Norte do Brasil, o experimento simulou velocidades acima de 5,5 m/s, enquanto as observações não ultrapassam 5,0 m/s.

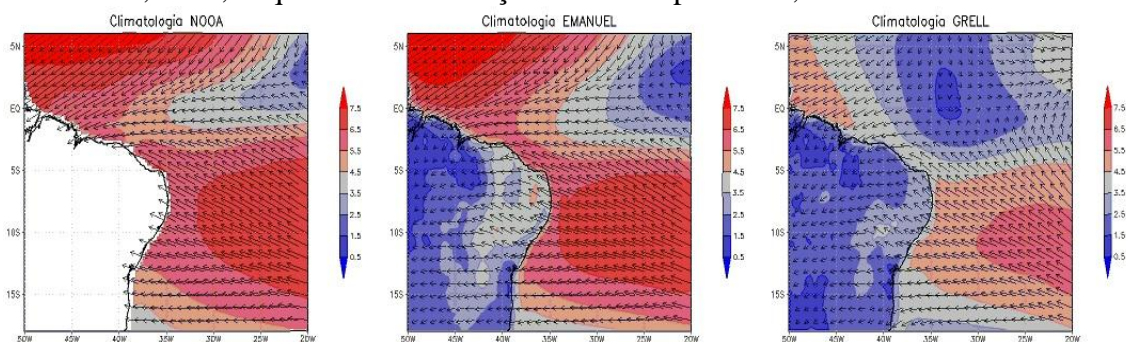


Figura 1. Climatologia dos dados observados e das simulações de Emanuel e Grell.

Para exemplificar o desempenho do modelo em simular a variabilidade interanual, apresenta-se na Figura 2 as observações e as simulações do ano de 1998, que foi um ano de El Niño, amplamente estudado na literatura científica. As observações apontam para uma intensificação da ASAS e com isso, um deslocamento do ramo ascendente da ZCIT para Norte, implicando em uma menor atividade convectiva sobre o Norte e Nordeste do Brasil, relativamente à climatologia. No experimento de Grell, a intensificação da ASAS é representada; contudo, o experimento, sistematicamente, não simula de maneira apropriada a circulação associada ao Hemisfério Norte. Com isso, a ZCIT não é bem caracterizada, conforme indicado na média do período. Por outro lado, o experimento com a parametrização de Emanuel simula a intensificação do escoamento em baixos níveis da ASAS e desloca a ZCIT mais para Norte. Ao mesmo tempo, observa-se o erro sistemático em superestimar a intensidade do vento em todo o domínio da simulação.

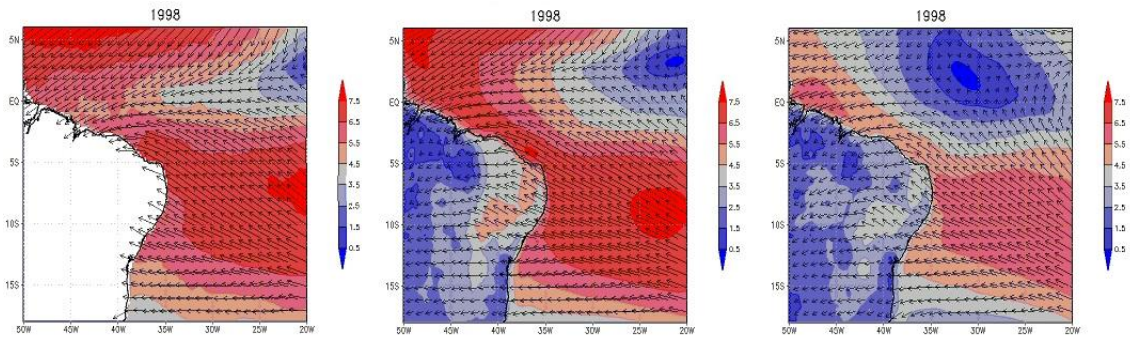


Figura 2. Dados observados e as simulações de Emanuel e Grell para o ano de 1998.

As parametrizações de convecção, em geral, não consideram de forma direta a velocidade do vento em suas formulações. Contudo, por determinarem a localização e a intensidade da atividade convectiva, elas influenciam de forma muito intensa o campo de divergência na coluna atmosférica. Por isso, uma representação inadequada de uma região de forte atividade convectiva tem impacto na simulação do campo de vento. Com isso, verifica-se que a parametrização de Grell, não apresentou de forma apropriada o campo de vento no Atlântico Tropical. Outros estudos indicam que essa parametrização apresenta essa característica de subestimar a atividade convectiva, tanto na região oceânica, quanto continental do Norte e Nordeste do Brasil, por outro lado, as simulações com a parametrização de Emanuel superestimam a atividade convectiva na região e, com isso, também superestimam a intensidade do vento (Santos e Silva et al., 2014). Dessa forma, novos experimentos e/ou outros modelos dinâmicos regionais, tal qual o WRF, podem ser testados e avaliados de forma a simular de forma apropriada a variabilidade do vento na região de transição continente-oceano nessa região de estudo.

CONCLUSÕES

Um conjunto de dados obtidos por técnicas de sensoriamento remoto e modelagem dinâmica foi analisado a fim de se analisar a variabilidade do vento na região do Atlântico Tropical. Dois experimentos numéricos com o modelo dinâmico regional RegCM4 foram realizados. O primeiro experimento usou a parametrização de Grell e o segundo de Emanuel. Verificou-se que o primeiro experimento não representa de maneira apropriada a dinâmica do escoamento de grande escala no Hemisfério Norte, por isso, não caracteriza a formação da ZCIT. Por outro lado, o experimento de Emanuel simula de forma apropriada a formação da ZCIT, embora deslocada mais para o Norte e com intensidade do vento superestimada.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos em Iniciação Científica da primeira autora.

REFERÊNCIAS

- CHAVES, R. R.; CAVALCANTI, I. F. A. Atmospheric Circulation Features Associated with Rainfall Variability over Southern Northeast Brazil, **Monthly Weather Review**, v. 129, p. 2614-2626, 2001.
- GIORGI, F. et al. RegCN4: model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains, **Climate Research**, v. 52, p. 7-29, 2012.
- NCHABA, T.; MPHULO, M.; LENNARD, C. Long-term austral summer wind speed trends over southern Africa, **International Journal of Climatology**. 2016 doi: 10.1002/joc.4883

- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F.R; PES, M.P.; SEGUNDO, E.I.C.; LYRA, A.A. The impacts of global climate changes on the Wind power density in Brazil, **Renewable Energy**, v. 49, p. 107-110, 2013.
- SANTOS, S. R. Q. et al. Aspectos regionais do padrão sazonal da precipitação sobre a Amazônia utilizando o modelo RegCM4, **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 3, p. 917-926, 2016.
- SANTOS, A. T. S.; SANTOS E SILVA, C. M. Seasonality, interannual variability, and linear tendency of wind speeds in the Northeast Brazil from 1986 to 2011. **The Scientific World Journal**, v. 2013, 2013.
- SANTOS E SILVA, C.M.; OLIVEIRA, A.S.P.; LIMA, K.C. Dynamical downscaling of the precipitation in Northeast Brazil with a regional climate model during contrasting years. **Atmospheric Science Letters**, v. 15, p. 50-57, 2014.
- SILVA, A. R.; PIMENTA, F.M.; ASSIREU, A.T.; SPYRIDES, M.H.C. Complementary of Brazil's hydro and offshore wind power, **Renewable and Sustained Energy Reviews**, v. 56, p. 413-427, 2015.
- ZHANG, H-M; BATES, J.J.; REYNOLDS, R.W. Assessment of composite global sampling: sea surface wind speed. *Geophys Res Lett* 2006;33(17). <http://dx.doi.org/10.1029/2006GL027086>.

CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE DA TEMPERATURA MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA DO OESTE DA BAHIA

Silas Alves Souza¹, Marcos Antônio Vanderlei da Silva², Charles Cardoso Santana¹,
Rafael de Souza Felix¹, Gutemberg Porto de Araujo¹

¹Acadêmicos do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: Silas_candiba@hotmail.com; ²Professor DSc da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: maavsilva@uneb.br.

RESUMO: O conhecimento da temperatura do ar e sua interação com outras variáveis meteorológicas é uma ferramenta que auxilia no planejamento das mais diversas atividades, principalmente em regiões que apresentam um regime climático com irregularidades e oscilações em sua distribuição espacial. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a variabilidade temporal e espacial da temperatura máxima, média e mínima da região oeste da Bahia. Para tal, utilizou-se uma série de dados médios mensais de temperatura do ar máxima, média e mínima no período de 1975 a 2015, provenientes de 30 estações meteorológicas convencionais, localizadas na região Oeste da Bahia e municípios adjacentes, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do INMET. O preenchimento de falhas dos dados foi realizado através do software estatístico R, utilizando a imputação múltipla de dados faltantes (missing data). Realizou-se, então, uma estatística descritiva apenas dos dados das estações meteorológicas compreendidas dentro da região. Para a caracterização espacial da temperatura da região realizou-se a espacialização, através da interpolação espacial utilizando o método do peso pelo inverso da distância (IDW) no programa QGIS. As análises demonstraram que as temperaturas na porção leste da região são, em geral, mais elevadas, e diminuem no sentido oeste, e que o mês de outubro se destaca pelas maiores temperaturas e, junho e julho pelas menores.

PALAVRAS-CHAVE: Interpolação; variabilidade climática; Geoestatística; Amplitude térmica.

CHARACTERIZATION OF THE VARIABILITY OF THE MINIMUM, AVERAGE AND MAXIMUM TEMPERATURE OF THE WEST OF BAHIA

ABSTRACT: The knowledge of air temperature and its interaction with other meteorological variables is a tool that helps to plan the most diverse activities, especially in regions that present a climatic regime with irregularities and oscillations in their spatial distribution. Thus, the objective of this work was to describe the temporal and spatial variability of the maximum, average and minimum temperature of the western region of Bahia. For that, a series of monthly average data of maximum, average and minimum air temperature were used from 1975 to 2015 from 30 conventional meteorological stations, located in the West region of Bahia and adjacent municipalities, obtained from the Database Meteorology for Teaching and Research - BDMEP, on the INMET website. Filling of the data was performed using the statistical software R with the multiple imputation of missing data (missing data). A descriptive statistic was then made only of the data of the meteorological stations included within the region. Spatial characterization of the temperature of the region was performed by spatial interpolation using the inverse distance weight (IDW) method in the QGIS program. The analyzes showed that the temperatures in the east portion of the region are generally higher, and decrease in the west, and that the month of October is notable for the higher temperatures, and June and July for the smaller ones.

KEY-WORDS: Interpolation; Climate variability; Geostatistics; Thermal amplitude.

INTRODUÇÃO

A busca pela otimização do planejamento das atividades agrícolas é uma questão estrategicamente fundamental diante da necessidade de produzir alimentos para uma população cada vez maior. A temperatura do ar é um elemento meteorológico fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas, condicionando a duração das fases fenológicas e do ciclo das culturas. Estudos envolvendo a temperatura do ar são limitados pela deficiência de dados meteorológicos e, principalmente, na falta de séries históricas confiáveis que, muitas vezes, comprometem o detalhamento e a precisão dos estudos de zoneamento agroclimático.

A agricultura compreende uma das principais atividades econômicas da região Oeste do estado da Bahia, com destaque para a produção de soja, milho e algodão, sendo Barreiras, São Desidério e Formosa do Rio Preto os principais municípios produtores. Esta região é caracterizada por pertencer ao bioma cerrado, com solos e clima que favorecem uma produção agrícola em larga escala, com rendimentos expressivos, quando comparados a outras regiões do país.

Por muitos anos se tem discutido a possibilidade das mudanças climáticas como consequência da emissão de gases do efeito estufa em função das atividades antrópicas. Muitas são as consequências das ações do homem ao meio, como por exemplo, à alteração na frequência e distribuição das chuvas, aumentando as ocorrências de secas. Com isso, há influência direta nas oscilações da temperatura, devido à interação entre as variáveis meteorológicas, o que poderá aumentar as possibilidades de ocorrência de perdas na produtividade final das culturas comercialmente importantes, pela ocorrência de quebra de safras.

Nesse sentido, informações técnicas/científicas de variáveis meteorológicas, como temperatura, colocadas à disposição dos agricultores são indispensáveis para o correto planejamento e na tomada de decisão, em decorrência do zoneamento agrícola da região. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a variabilidade espacial da temperatura máxima, média e mínima da região oeste da Bahia, por meio estatístico e pela interpolação e espacialização dos dados.

MATERIAL E MÉTODOS

A região Oeste da Bahia encontra-se em uma área de transição entre o cerrado e a caatinga, ocupando aproximadamente uma área de 117.000 km², sendo composta por três microrregiões que incluiu 24 municípios.

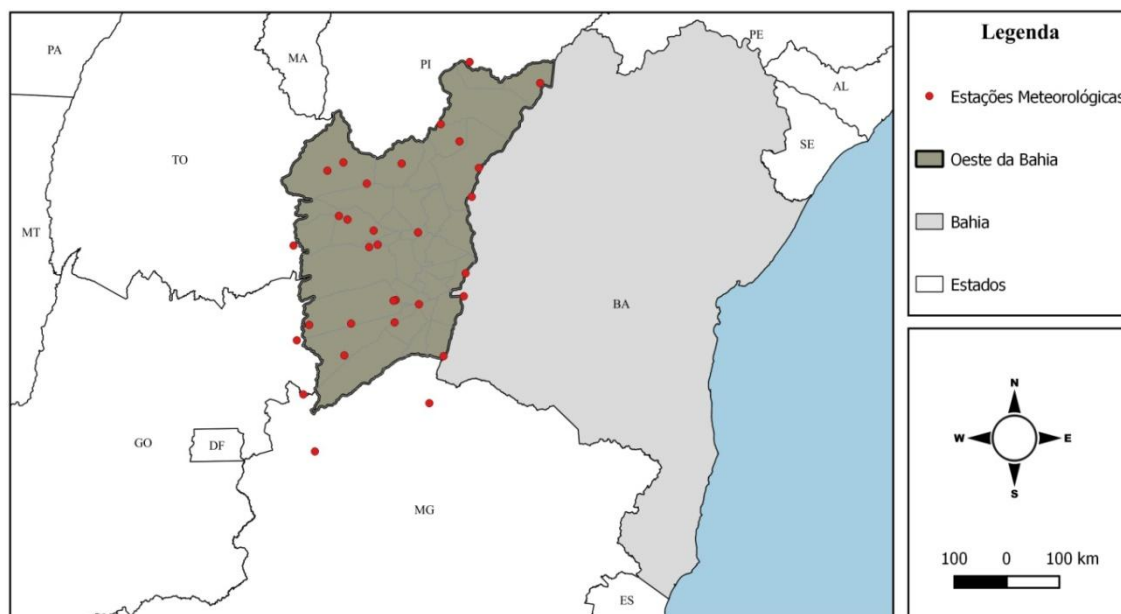


Figura 1 – Localização da região Oeste da Bahia e das Estações meteorológicas utilizadas.

Climaticamente, a região apresenta precipitação pluviométrica média anual de 500 a 1500 mm, e temperatura média anual de 21,3 a 27,2°C. Na região, normalmente, ocorrem veranicos, que se caracterizam por períodos de seca durante a estação chuvosa, sendo estes em um período de uma a três semanas, especialmente nos meses de janeiro e fevereiro.

Trata-se de uma região que apresenta grandes aptidões para a produção agrícola, isso devido às suas condições favoráveis à agricultura, como a distribuição de chuvas em duas estações do ano bem definidas, intensa luminosidade, e terrenos praticamente planos. É a região de maior produção agrícola no estado da Bahia, impulsionada pelo cultivo de grãos em grande escala.

Utilizou-se, neste trabalho, uma série de dados médios mensais de Temperatura do Ar Mínima, Média e Máxima, no período de 1975 a 2015 (41 anos de observação). Os dados foram provenientes de 30 estações meteorológicas convencionais, localizadas na região Oeste da Bahia e municípios adjacentes, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A tabela 1 mostra a localidade dos municípios utilizados no estudo para realizar a caracterização da variabilidade da temperatura do ar para a região.

A utilização dos dados de estações de municípios adjacentes se justifica por uma melhor caracterização da variabilidade da temperatura, uma vez que, apenas as estações localizadas na região são insuficientes para caracterizar esta variabilidade com uma boa acurácia. Após a obtenção e ajuste dos dados e análise de consistência, realizou-se o preenchimento das falhas dos dados.

Tabela 1 - Localidades utilizadas para a caracterização da variabilidade das temperaturas máxima e mínima média mensal.

ESTAÇÃO	ESTADO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
Arinos	MG	16° 05' 60" S	47° 57' 00" W	519,00 m
Barra	BA	12° 55' 12" S	44° 50' 24" W	401,58 m
Fazenda Boa Esperança – Barra	BA	10° 38' 00" S	43° 30' 00" W	430,00 m
Boqueirão – Barra	BA	11° 20' 34" S	43° 49' 30" W	450,00 m
Barreiras	BA	13° 50' 60" S	45° 00' 00" W	439,29 m
Fazenda São Roque – Barreiras	BA	11° 57' 24" S	45° 27' 23" W	622,00 m
Nova Vida - Montante - Barreiras	BA	11° 21' 08" S	45° 07' 20" W	458,00 m
Fazenda Johá – Barreiras	BA	11° 07' 31" S	45° 48' 39" W	725,00 m
Ponte Serafim - Montante - Barreiras	BA	11° 53' 46" S	45° 36' 43" W	713,00 m
Bom Jesus da Lapa	BA	14° 44' 24" S	44° 35' 24" W	439,96 m
Caracol	PI	10° 43' 12" S	44° 40' 12" W	522,77 m
Carinhanha	BA	15° 43' 12" S	44° 14' 24" W	450,18 m
Correntina	BA	14° 40' 12" S	45° 23' 24" W	459,47 m
Fazenda Planalto – Correntina	BA	13° 45' 01" S	46° 08' 30" W	947,00 m
Arrojolândia – Correntina	BA	13° 44' 03" S	45° 24' 12" W	679,00 m
Formoso	MG	15° 04' 12" S	47° 45' 00" W	840,00 m
Mocambinho	MG	16° 55' 12" S	45° 59' 24" W	452,00 m
Posse	GO	15° 59' 24" S	47° 38' 24" W	825,64 m
Remanso	BA	10° 22' 12" S	43° 53' 60" W	400,51 m
Santa Rita de Cássia	BA	12° 59' 24" S	45° 29' 24" W	450,30 m
Taguatinga	TO	13° 35' 60" S	47° 35' 24" W	603,59 m
Bom Jardim - Formosa do Rio Preto	BA	10° 59' 33" S	45° 31' 36" W	451,00 m
Fazenda Porto Alegre - Cocos	BA	11° 16' 06" S	45° 31' 20" W	500,00 m
Gatos - Jaborandí	BA	13° 42' 38" S	44° 37' 57" W	610,00 m
Fazenda Coqueiro - São Desidério	BA	12° 23' 21" S	44° 55' 56" W	502,00 m
Sítio Grande - São Desidério	BA	12° 26' 00" S	45° 05' 00" W	536,00 m
Santa Maria da Vitória	BA	13° 24' 00" S	44° 12' 00" W	431,00 m
Ibotirama	BA	12° 10' 50" S	44° 13' 24" W	420,00 m
Gameleira - Sítio do Mato	BA	12° 52' 00" S	43° 23' 00" W	415,00 m
Morpará	BA	11° 34' 00" S	43° 17' 00" W	415,00 m

Municípios do Oeste da Bahia
 Municípios adjacentes

O preenchimento de falhas foi realizado através do software estatístico R, versão 3.1.3, utilizando a imputação múltipla dos dados faltantes considerando o método da média preditiva ou Predictive Mean Matching (PMM) (BUUREN; OUDSHOORN, 2001).

De posse dos dados preenchidos, realizou-se uma estatística descritiva apenas dos dados das estações meteorológicas compreendidas dentro da região Oeste da Bahia. A estatística descritiva realizada foi dividida entre medidas de tendências central: média; mediana (Md); primeiro quartil (Q1); terceiro quartil (Q3); e medidas de

tendência de dispersão: Desvio padrão (S); coeficiente de variação (CV); amplitude (A) e intervalo interquartil (d).

Para a caracterização espacial da temperatura da região realizou-se a espacialização dos dados provenientes das 30 estações meteorológicas, através da interpolação espacial utilizando o método do peso pelo inverso da distância (IDW) disponível no programa computacional QGIS. A espacialização dos dados médios mensais do período analisado foi realizada para os meses da quadra chuvosa e os meses da quadra seca.

A espacialização das temperaturas mínima, média e máxima apenas para quatro meses de cada estação: chuvosa (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro), por ser caracterizado como o período mais importante para o agronegócio da região, ou seja, o período do plantio ao florescimento da maioria das cultivadas, e seca (Junho, julho, agosto e setembro) por se caracterizar, como o período ausente de precipitação, temperatura elevada, baixa umidade relativa, o que possivelmente comprometeria o sucesso produtivo das atividades agropecuárias, além de apresentar altos índices de desconforto térmico humano e animal, bem como, problemas e/ou doenças respiratórias.

Realizou-se, ainda, uma categorização em classes dos valores espacializados, a fim de se obter uma melhor representação espacial e temporal das temperaturas para a região. Esta categorização seguiu conforme a representação seguida abaixo (Figura 2):



Figura 2 - Classes Categóricas para representar os valores especializados de temperatura (°C).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva das temperaturas Mínima, Média e Máxima dos dados provenientes apenas das principais estações compreendidos dentro da região da região Oeste da Bahia, do período de 1975 a 2015, são apresentadas na Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4, respectivamente. De modo geral observa-se os maiores valores médios mensais de todas as medidas de tendência central (média, mediana, primeiro quartil e terceiro quartil) das Temperaturas do período estudado, os municípios de Barra e Remanso apresentaram maior temperatura média anual, com 26,67 e 26,38 °C, respectivamente.

Tabela 2 – Medidas mensais (°C) de tendência central: Média; mediana (Md); primeiro quartil (Q1); terceiro quartil (Q3), e dispersão: desvio padrão (S); coeficiente de variação (CV); amplitude (A); intervalo interquartil (d); da Temperatura Mínima do Ar das principais estações convencionais da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

	Barra				Barreiras				Carinhanha				Remanso				STª Rita de Cássia			
	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3
Jan.	26,4	26,6	25,1	27,2	25,4	24,8	24,6	26,4	25,8	25,7	25,1	26,7	26,7	26,9	25,7	27,2	25,0	25,2	24,2	25,7
Fev.	26,7	26,9	25,6	27,3	24,9	24,7	24,2	25,4	26,3	26,5	25,2	27,1	27,0	27,3	26,7	27,8	25,0	25,0	24,1	25,6
Mar.	26,4	26,1	25,8	26,9	24,9	25,0	24,9	25,2	25,9	26,0	25,2	26,4	26,6	26,4	25,7	27,0	24,9	24,8	24,2	25,5
Abr.	26,5	26,5	25,8	27,1	24,8	24,9	24,4	25,4	25,8	25,8	25,1	26,4	27,0	26,9	26,3	27,7	24,9	24,8	24,3	25,6
Mai.	25,9	26,1	25,4	26,8	24,2	24,3	23,4	25,0	25,0	25,2	24,5	25,6	26,6	26,6	26,3	27,2	24,3	24,6	23,7	25,1
Jun.	24,7	25,0	24,3	25,4	21,8	21,4	21,2	21,4	23,2	23,3	22,8	23,5	25,5	25,6	25,1	25,9	23,4	23,7	23,0	24,3
Jul.	24,4	24,4	24,0	25,0	22,3	22,2	21,9	22,2	23,0	23,0	22,5	23,7	25,4	25,4	24,8	25,7	22,8	22,8	22,2	23,9
Ago.	25,3	25,2	24,8	26,0	24,9	24,8	23,8	25,7	24,5	24,7	23,8	25,0	25,6	25,4	25,2	25,9	24,0	24,3	23,0	25,1
Set.	27,3	27,3	26,6	27,8	26,5	26,3	26,0	27,3	26,6	26,6	25,9	27,0	26,8	27,0	26,4	27,3	26,2	26,4	25,3	27,1
Out.	28,5	28,5	28,0	29,0	26,9	26,3	25,9	28,0	27,3	27,1	26,4	28,1	28,0	27,9	27,7	28,6	27,5	27,7	26,3	28,5
Nov.	27,7	27,7	26,8	28,4	26,1	27,1	24,5	27,3	26,6	26,9	25,4	27,6	27,9	27,9	27,4	28,2	26,3	26,1	25,3	27,4
Dez.	26,6	26,6	25,6	27,3	25,6	25,8	24,7	26,0	25,7	25,5	24,9	26,3	27,0	26,9	26,4	27,5	25,4	25,4	24,8	25,9
	S	CV	A	d	S	CV	A	D	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	D
Jan.	1,2	4,4	3,9	2,1	1,0	3,9	2,8	1,8	1,0	4,0	3,7	1,6	1,0	3,7	4,0	1,4	1,0	4,0	3,5	1,5
Fev.	1,2	4,6	4,6	1,8	1,0	4,1	4,2	1,2	1,3	4,8	4,4	1,9	1,3	4,8	6,9	1,2	1,1	4,4	4,5	1,5
Mar.	1,3	4,9	4,7	1,1	0,5	1,8	2,3	0,2	1,0	4,0	3,8	1,3	1,0	3,8	3,5	1,2	1,0	4,0	4,0	1,3
Abr.	1,0	3,7	4,6	1,4	0,7	2,7	2,3	1,1	1,0	4,0	4,9	1,3	1,0	3,5	3,8	1,4	1,1	4,3	4,5	1,3
Mai.	1,1	4,2	4,2	1,4	0,9	3,7	3,0	1,7	0,9	3,6	3,8	1,1	0,7	2,7	3,9	0,9	1,2	5,1	4,7	1,4
Jun.	1,1	4,3	4,8	1,1	1,1	5,0	3,2	0,3	1,0	4,2	4,4	0,8	1,0	3,8	4,7	0,8	1,2	5,1	5,7	1,3
Jul.	0,8	3,5	3,1	1,0	0,8	3,7	3,4	0,3	0,8	3,5	3,1	1,3	0,6	2,3	2,0	1,0	1,4	6,2	5,1	1,7
Ago.	0,8	3,1	2,6	1,3	1,2	4,6	4,1	1,9	0,8	3,4	3,5	1,2	0,6	2,3	2,3	0,7	1,4	5,7	4,7	2,1
Set.	0,7	2,7	2,9	1,2	0,9	3,5	3,1	1,3	0,9	3,4	4,0	1,1	1,0	3,7	5,1	0,8	1,3	4,8	4,9	1,8
Out.	0,9	3,0	3,6	1,1	1,4	5,4	5,1	2,0	1,1	4,2	3,9	1,7	0,6	2,2	2,4	0,9	1,4	5,2	5,0	2,2
Nov.	1,0	3,6	4,8	1,6	1,6	6,2	4,5	2,9	1,3	4,8	4,9	2,2	0,9	3,1	4,0	0,8	1,3	4,8	4,5	2,2
Dez.	1,3	4,7	5,5	1,8	1,2	4,7	4,4	1,3	1,1	4,4	6,1	1,4	1,3	4,8	8,9	1,2	1,1	4,2	4,8	1,2

Já os municípios que apresentaram menor temperatura média anual foram o de Barreiras, com 24,87°C, e o de Santa Rita de Cássia, com 24,97°C. Em relação à temperatura mínima anual, os municípios de maior temperatura foram Remanso, com 22,23 °C, e o de menor, Santa Rita de Cássia com 18,18°C. Enquanto que as constatações para temperatura máxima anual, os municípios de maior temperatura foi Barra, Santa Rita de Cássia e Barreiras, cujo seus respectivos foram 32,57°C, 32,53°C e 32,32°C.

Os municípios de menor temperatura máxima anual foram Remanso, com 31,80°C, e Carinhanha com 31,94°C. Em todos os municípios o mês de outubro corresponde ao mês de maior temperatura média e o mês de Junho e julho os de menores temperaturas médias.

Em relação à estatística descritiva com medidas de dispersão observa-se que há uma dominância de alguns meses do ano, tanto os valores temperaturas mínimos, como os valores máximos, na qual os meses de junho e junho se destacam por apresentarem as menores médias das temperaturas e o mês de outubro, que se configura como o mês de transição entre a estação seca e chuvosa, com as maiores médias das temperaturas. Congruentemente observou-se um comportamento similar às medidas de tendência central, quando se compara os valores de cada estação. Observou-se, ainda, que os dados de uma mesma estação apresentam o mesmo comportamento entre as medidas de dispersão.

Tabela 3 – Medidas mensais (°C) de tendência central: Média; mediana (Md); primeiro quartil (Q1); terceiro quartil (Q3), e dispersão: desvio padrão (S); coeficiente de variação (CV); amplitude (A); intervalo interquartil (d); da Temperatura Média do Ar das principais estações convencionais da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

	Barra				Barreiras				Carinhanha				Remanso				STª Rita de Cássia			
	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3
Jan.	26,4	26,6	25,1	27,2	25,4	24,8	24,6	26,4	25,8	25,7	25,1	26,7	26,7	26,9	25,7	27,2	25,0	25,2	24,2	25,7
Fev.	26,7	26,9	25,6	27,3	24,9	24,7	24,2	25,4	26,3	26,5	25,2	27,1	27,0	27,3	26,7	27,8	25,0	25,0	24,1	25,6
Mar.	26,4	26,1	25,8	26,9	24,9	25,0	24,9	25,2	25,9	26,0	25,2	26,4	26,6	26,4	25,7	27,0	24,9	24,8	24,2	25,5
Abr.	26,5	26,5	25,8	27,1	24,8	24,9	24,4	25,4	25,8	25,8	25,1	26,4	27,0	26,9	26,3	27,7	24,9	24,8	24,3	25,6
Mai.	25,9	26,1	25,4	26,8	24,2	24,3	23,4	25,0	25,0	25,2	24,5	25,6	26,6	26,6	26,3	27,2	24,3	24,6	23,7	25,1
Jun.	24,7	25,0	24,3	25,4	21,8	21,4	21,2	21,4	23,2	23,3	22,8	23,5	25,5	25,6	25,1	25,9	23,4	23,7	23,0	24,3
Jul.	24,4	24,4	24,0	25,0	22,3	22,2	21,9	22,2	23,0	23,0	22,5	23,7	25,4	25,4	24,8	25,7	22,8	22,8	22,2	23,9
Ago.	25,3	25,2	24,8	26,0	24,9	24,8	23,8	25,7	24,5	24,7	23,8	25,0	25,6	25,4	25,2	25,9	24,0	24,3	23,0	25,1
Set.	27,3	27,3	26,6	27,8	26,5	26,3	26,0	27,3	26,6	26,6	25,9	27,0	26,8	27,0	26,4	27,3	26,2	26,4	25,3	27,1
Out.	28,5	28,5	28,0	29,0	26,9	26,3	25,9	28,0	27,3	27,1	26,4	28,1	28,0	27,9	27,7	28,6	27,5	27,7	26,3	28,5
Nov.	27,7	27,7	26,8	28,4	26,1	27,1	24,5	27,3	26,6	26,9	25,4	27,6	27,9	27,9	27,4	28,2	26,3	26,1	25,3	27,4
Dez.	26,6	26,6	25,6	27,3	25,6	25,8	24,7	26,0	25,7	25,5	24,9	26,3	27,0	26,9	26,4	27,5	25,4	25,4	24,8	25,9
	S	CV	A	d	S	CV	A	D	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	D
Jan.	1,2	4,4	3,9	2,1	1,0	3,9	2,8	1,8	1,0	4,0	3,7	1,6	1,0	3,7	4,0	1,4	1,0	4,0	3,5	1,5
Fev.	1,2	4,6	4,6	1,8	1,0	4,1	4,2	1,2	1,3	4,8	4,4	1,9	1,3	4,8	6,9	1,2	1,1	4,4	4,5	1,5
Mar.	1,3	4,9	4,7	1,1	0,5	1,8	2,3	0,2	1,0	4,0	3,8	1,3	1,0	3,8	3,5	1,2	1,0	4,0	4,0	1,3
Abr.	1,0	3,7	4,6	1,4	0,7	2,7	2,3	1,1	1,0	4,0	4,9	1,3	1,0	3,5	3,8	1,4	1,1	4,3	4,5	1,3
Mai.	1,1	4,2	4,2	1,4	0,9	3,7	3,0	1,7	0,9	3,6	3,8	1,1	0,7	2,7	3,9	0,9	1,2	5,1	4,7	1,4
Jun.	1,1	4,3	4,8	1,1	1,1	5,0	3,2	0,3	1,0	4,2	4,4	0,8	1,0	3,8	4,7	0,8	1,2	5,1	5,7	1,3
Jul.	0,8	3,5	3,1	1,0	0,8	3,7	3,4	0,3	0,8	3,5	3,1	1,3	0,6	2,3	2,0	1,0	1,4	6,2	5,1	1,7
Ago.	0,8	3,1	2,6	1,3	1,2	4,6	4,1	1,9	0,8	3,4	3,5	1,2	0,6	2,3	2,3	0,7	1,4	5,7	4,7	2,1
Set.	0,7	2,7	2,9	1,2	0,9	3,5	3,1	1,3	0,9	3,4	4,0	1,1	1,0	3,7	5,1	0,8	1,3	4,8	4,9	1,8
Out.	0,9	3,0	3,6	1,1	1,4	5,4	5,1	2,0	1,1	4,2	3,9	1,7	0,6	2,2	2,4	0,9	1,4	5,2	5,0	2,2
Nov.	1,0	3,6	4,8	1,6	1,6	6,2	4,5	2,9	1,3	4,8	4,9	2,2	0,9	3,1	4,0	0,8	1,3	4,8	4,5	2,2
Dez.	1,3	4,7	5,5	1,8	1,2	4,7	4,4	1,3	1,1	4,4	6,1	1,4	1,3	4,8	8,9	1,2	1,1	4,2	4,8	1,2

Comparando os valores médios das medidas de dispersão entre os meses, observou-se o mesmo comportamento com os valores entre as estações. Apesar da existência de dominância de alguns meses em termos dos maiores e/ou menores valores percebeu-se que as maiores amplitudes térmicas ocorreram durante a estação seca, e as menores amplitudes, na estação chuvosa. Nesta última estação, os valores das temperaturas permanecem quase que constantes.

A ocorrência dos maiores valores de medidas de tendência na estação seca da região se deu em função da falta de precipitação e conseqüentemente menor umidade relativa do ar, principalmente nos últimos anos do período analisado. Ainda, a ocorrência de muitos eventos secos propiciou o aumento da oscilação dos valores médios mensais das temperaturas de cada ano, que conseqüentemente aumenta a variabilidade dos dados durante o período analisado.

A Figura 3 apresenta as médias mensais das Temperaturas mínima, média e máxima do período analisado. Regionalmente, as características seguem as mesmas configurações, onde as oscilações entre a amplitude das temperaturas ocorrem de forma paralela.

Tabela 4 – Medidas mensais (°C) de tendência central: Média; mediana (Md); primeiro quartil (Q1); terceiro quartil (Q3), e dispersão: desvio padrão (S); coeficiente de variação (CV); amplitude (A); intervalo interquartil (d); da Temperatura Máxima do Ar das principais estações convencionais da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

	Barreiras				Carinhanha				Remanso				STª Rita de Cássia			
	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3
Jan.	31,5	32,0	30,5	32,4	31,8	31,8	30,6	32,8	31,4	31,5	30,1	32,9	31,1	30,7	29,6	32,0
Fev.	31,2	31,0	30,8	31,9	31,9	32,1	29,9	33,9	31,9	31,9	31,4	32,9	30,8	29,7	29,3	32,0
Mar.	31,4	31,4	31,1	31,8	32,1	31,7	31,3	33,3	31,8	31,3	30,4	32,9	31,6	31,2	30,7	32,5
Abr.	30,9	30,5	30,1	31,9	32,1	32,2	31,1	33,2	31,4	31,1	30,6	32,0	31,5	31,1	30,0	32,4
Mai.	32,0	32,1	31,3	32,5	32,0	32,3	31,4	32,7	31,3	31,1	30,7	32,2	31,7	31,7	30,6	32,6
Jun.	31,9	32,2	31,7	32,5	30,8	31,1	30,4	31,3	30,7	30,8	30,3	31,4	31,9	32,7	31,6	32,8
Jul.	32,1	32,0	31,4	33,0	30,5	30,4	30,2	31,1	30,4	30,2	29,8	31,4	32,1	32,0	30,7	33,1
Ago.	33,5	33,7	32,6	34,0	31,9	32,0	31,3	32,5	31,2	31,1	30,5	31,9	33,1	33,2	33,0	34,0
Set.	34,8	34,8	34,5	34,8	32,3	33,3	32,0	34,1	32,5	32,4	31,7	33,1	35,7	36,3	34,7	36,4
Out.	33,9	34,0	32,1	35,8	34,0	33,8	32,7	35,6	33,4	33,1	32,5	34,3	35,2	35,7	34,4	36,4
Nov.	32,4	32,7	31,0	33,1	31,9	32,2	30,3	32,9	32,9	33,0	32,0	34,1	33,4	34,0	32,1	34,3
Dez.	32,2	31,6	30,3	31,9	31,9	32,1	30,3	32,9	32,6	32,5	31,2	34,1	32,4	31,8	30,6	34,4
	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	D
Jan.	1,3	4,1	4,6	1,9	1,6	4,9	6,0	2,2	1,5	4,9	5,5	2,8	1,3	4,3	4,3	2,4
Fev.	1,4	4,4	6,4	1,1	2,2	6,8	7,1	4,0	1,4	4,5	6,5	1,5	1,8	5,8	5,6	2,8
Mar.	0,8	2,7	3,4	0,7	1,5	4,6	5,9	2,0	1,5	4,7	4,8	2,5	1,8	5,8	5,5	1,8
Abr.	0,9	2,8	2,3	1,7	1,5	4,7	7,2	2,1	1,2	3,7	5,5	1,3	1,4	4,3	3,7	2,4
Mai.	0,7	2,2	2,9	1,2	1,2	3,7	5,0	1,3	1,0	3,1	4,1	1,5	1,2	3,8	3,9	2,0
Jun.	0,9	2,9	3,1	0,9	0,9	2,9	4,4	0,9	0,8	2,5	3,4	1,1	1,9	5,8	5,4	1,2
Jul.	0,8	2,4	2,5	1,7	0,8	2,6	2,8	0,8	0,9	2,9	2,8	1,7	1,1	3,6	2,9	2,4
Ago.	1,0	2,9	2,9	1,4	0,8	2,6	3,1	1,2	0,7	2,3	2,2	1,5	0,8	2,4	2,4	1,0
Set.	0,9	2,6	4,2	0,3	3,4	10,4	13,4	2,1	0,9	2,9	3,3	1,5	1,2	3,3	4,0	1,6
Out.	1,8	5,2	6,0	3,8	1,6	4,8	5,0	2,9	1,1	3,2	3,4	1,8	1,8	5,0	6,2	1,9
Nov.	2,1	6,4	6,9	2,1	1,8	5,7	6,8	2,6	1,4	4,2	5,1	2,1	1,6	4,9	5,1	2,1
Dez.	2,4	7,5	6,7	1,6	1,8	5,8	7,9	2,6	2,1	6,4	6,3	3,0	2,1	6,6	7,3	3,9

A Análise descritiva da Figura 3 constata um comportamento da variabilidade das temperaturas semelhante para todos os municípios de estudo. Os valores de temperatura seguem com amplitude entre elas quase que paralelamente, havendo uma maior oscilação desta amplitude no período caracterizado como estação seca, de junho a setembro, exceto no município de Remanso, onde a oscilação é pouca, comparado aos demais municípios.

Os meses de dezembro a abril, as temperaturas permaneceram basicamente que constantes por ser compreender o período dentro da estação chuvosa, e, dessa forma, inexistência de alta discrepância das temperaturas ao longo desses meses. Ao final desta estação, observou-se uma queda na temperatura média e mínima, e um aumento na temperatura máxima, permanecendo até o mês de agosto. Isto ocorreu devido o final da precipitação, fazendo com que os dias fossem mais quentes e as noites mais frias, razão pela qual a amplitude térmica desses meses apresentaram-se maiores que os demais.

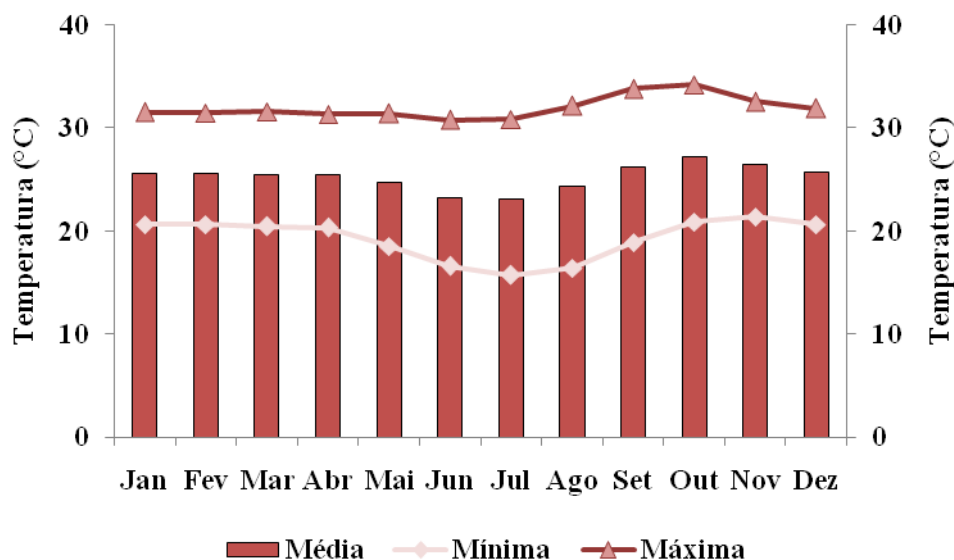


Figura 3 - Comportamento da variabilidade da Temperatura Mínima, Média e Máxima mensal da região Oeste da Bahia, no período de 1975 a 2015.

As maiores temperaturas média e máxima aconteceram no mês de outubro, 27,61°C e 34,40°C, e a maior temperatura mínima ocorreu no mês de novembro. As menores temperaturas foram nos meses de junho e julho, em decorrência da estação de inverno. Destas as menores temperaturas mínimas e médias, aconteceram no mês de julho, correspondendo a, respectivamente, 16,32°C e 23,59°C, e a menor temperatura máxima em junho, com 31,19°C.

Através das Figura 4, Figura 5 e Figura 6 é possível identificar o comportamento médio da variabilidade espacial e temporal da temperatura média durante o ano na região Oeste da Bahia. Ao analisá-las, nota-se que as maiores temperaturas estão situadas na parte leste da região, diminuindo à medida que se desloca para a parte oeste. Entre dezembro e abril houve pouca oscilação da temperatura média em toda extensão da região, enquanto que nos meses seguintes as oscilações aumentaram, não obstante, seguindo a mesma configuração identificada anteriormente, onde o leste da região contribuíram com as maiores temperaturas e o oeste com as menores.

Observou-se registros de temperatura mais amena no bimestre junho-julho condicionando a baixa energia do ar com raras entrada de umidade na atmosfera por meio da precipitação pluvial. Enquanto que em Outubro, há incidência de maior temperatura média, visto que se caracteriza como mês de transição entre a estação seca e estação chuvosa.

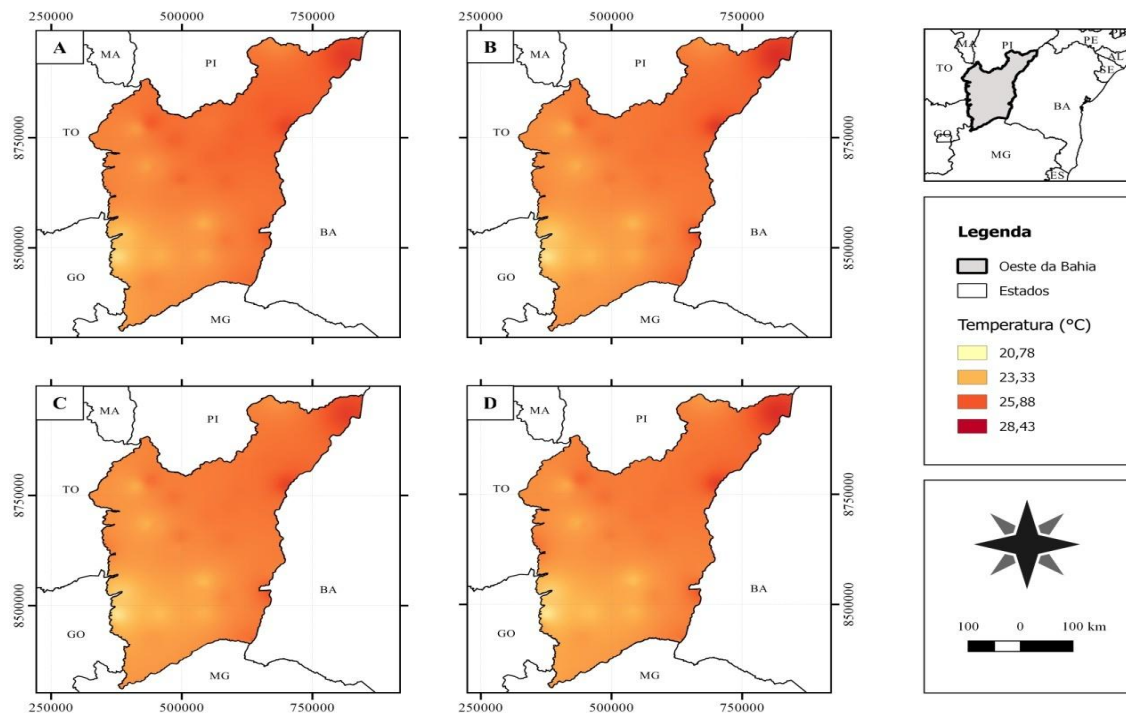


Figura 4 - Mapa da variabilidade espacial da Temperatura Compensada Média: a) janeiro; b) fevereiro; c) março; d) abril, da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

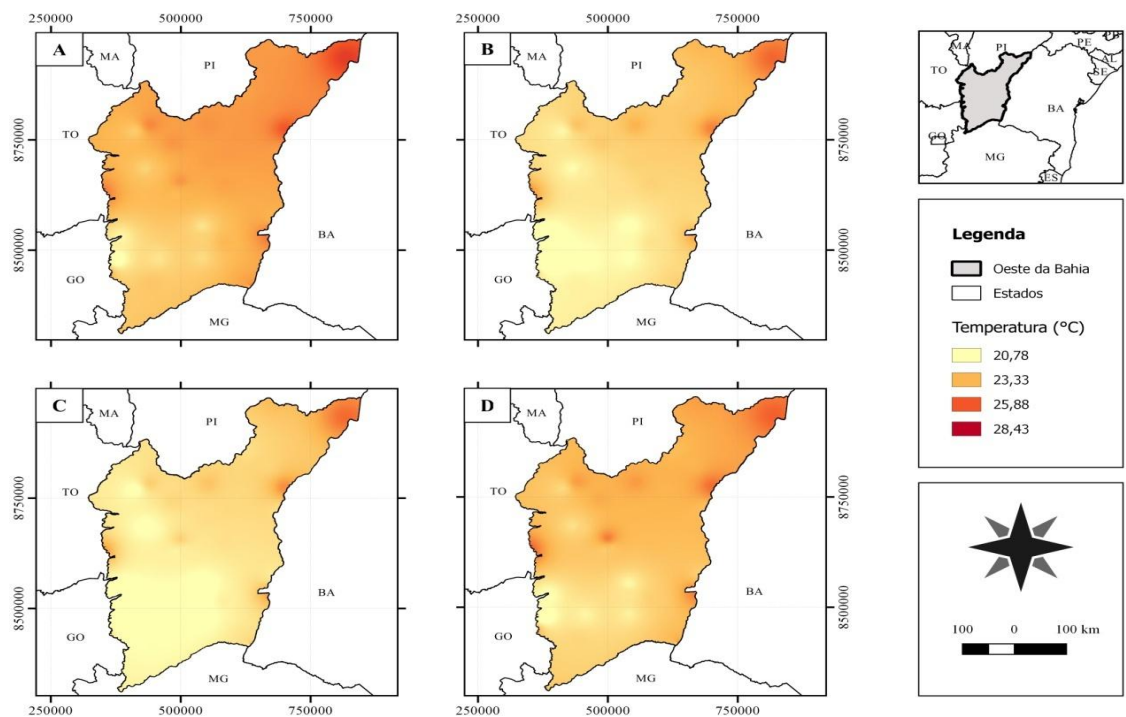


Figura 5 - Mapa da variabilidade espacial da Temperatura Compensada Média: a) maio; b) junho; c) julho; d) agosto, da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

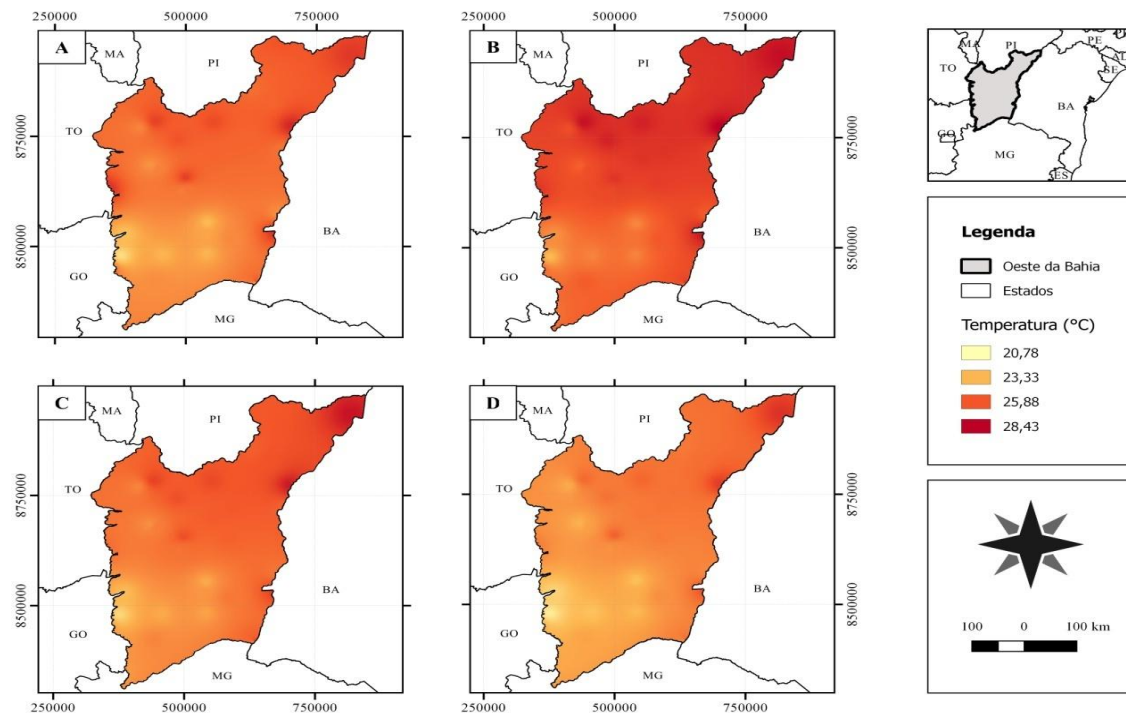


Figura 6 - Mapa da variabilidade espacial da Temperatura Compensada Média: a) setembro; b) outubro; c) novembro; d) dezembro, da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que as temperaturas na porção região leste são, em geral, mais elevadas, e diminuem no sentido oeste, e que o mês de outubro se destaca com os maiores valores e junho e julho com os menores. Assim, o estudo comportamental das temperaturas mínimas, médias e máximas é fundamental para ampliar a base de informações climáticas, uma vez que a elaboração de mapas temáticos de temperatura do ar, para a região Oeste da Bahia, colabora com subsídios para um melhor planejamento agropecuário da região.

REFERÊNCIAS

- BUUREN .V, S., OUDSHOORN , K.G. **mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R**. *Journal of Statistical Software*, 45(3), 1-67, 2011.
- FOLHES, M. T.; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 1, n. 1, p. 61-71, 2006.
- SALVIANO, M. F.; GROppo, J. D.; PELLEGRINO,G. Q. Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, 64-73, 2016.

S. DE S. MEDEIROS et al. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p.247-255, 2005.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.1, p.151-158, 2004.

LUDMILA BARDIN et al. Estimativa das temperaturas máximas e mínimas do ar para a região do Circuito das Frutas, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.618-624, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T. Variabilidade temporal e espacial do tamanho de amostra da temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1156-1163, 2006.

INFLUÊNCIA DO CONFORTO TÉRMICO SOBRE A PRODUÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS NO MUNICÍPIO DE BARREIRAS-BA

Silas Alves Souza¹, Charles Cardoso Santana¹, Marcos Antônio Vanderlei da Silva²,
Maikon Figueiredo Lemos¹, Herlandia Cotrim Santos³

¹Acadêmicos do curso de Engenharia Agrônoma da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: Silas_candiba@hotmail.com; ²Professor DSc da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: maavsilva@uneb.br. ³ Acadêmica do curso de Tecnologia em Agroindústria do Instituto Federal de Ciências Educação e Tecnologia Baiano.

RESUMO: O estresse térmico, ocasionado pelo aumento da temperatura e a falta ou excesso de umidade, se destaca como o fator de maior impacto econômico na eficiência do rebanho. Com isso, faz-se necessário estudos que avaliem se a localidade possui aptidão climática para o desenvolvimento da atividade leiteira. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) surge como uma ferramenta indispensável para auxiliar no planejamento de produção pecuária, pois identifica os possíveis riscos presentes do ponto de vista do conforto térmico de diferentes espécies animais. Sendo assim, este trabalho objetivou-se avaliar o efeito do estresse térmico sobre a produção de bovinos leiteiros no município de Barreiras-BA, através do Índice de Temperatura e Umidade do ar (ITU). Para tal, utilizou-se dados climatológicos horários de Temperatura do ar e Umidade Relativa, provenientes da estação meteorológica automática, localizada no município de Barreiras-BA, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O período de observação foi entre 2001 e 2016. Para a estimação do ITU utilizou-se a equação proposta por BUFFINGTON et al., (1982). Para a análise do ITU utilizou-se a classificação proposta ROSENBERG et al. (1983). Entre setembro e o final de abril, verifica-se que o município de Barreiras – BA apresenta valores médios do Índice de Temperatura e Umidade considerados de alerta e perigo, indicando a necessidade de meios de acondicionamento térmico para minimizar o efeito estressante do ambiente térmico na produção de leite, consumo alimentar e taxa de concepção das vacas leiteiras.

PALAVRAS-CHAVE: ITU; Declínio de Produção; Agroclimatologia; Conforto Animal.

INFLUENCE OF THERMAL COMFORT ON THE PRODUCTION OF DAIRY CATTLE IN THE MUNICIPALITY OF BARREIRAS-BA

ABSTRACT: Thermal stress, caused by the increase in temperature and the lack or excess of humidity, stands out as the factor of greatest economic impact on the efficiency of the herd. Therefore, if necessary, studies are carried out to evaluate if the locality has climatic aptitude for the development of milk production. The Temperature and Humidity Index (ITU) appears as an indispensable tool to assist in the planning of livestock production, since it identifies the possible risks present from the point of view of the thermal comfort of different animal species. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of thermal stress on dairy cattle production in the city of Barreiras-BA, using the Air Temperature and Humidity Index (ITU). For that, hourly weather data of Air Temperature and Relative Humidity, from the automatic meteorological station, located in the municipality of Barreiras-BA, obtained from the Meteorological Database for Teaching and Research - BDMEP, on the website of the

National Institute of Meteorology (INMET). The period of observation was between 2001 and 2016. For the estimation of UTI, the equation proposed by BUFFINGTON et al. (1982) was used. For the analysis of the UTI, the proposed classification ROSENBERG et al. (1983). Between September and the end of April, it is verified that the municipality of Barreiras - BA presents average values of the Temperature and Humidity Index considered as alert and danger, indicating the need for thermal conditioning media to minimize the stressing effect of the thermal environment in the Milk production, food consumption and design rate of dairy cows.

KEY WORDS: ITU; Production Decline; Agroclimatology; Animal Comfort.

INTRODUÇÃO

Dentre as atividades altamente rentáveis do agronegócio, a pecuária merece destaque no setor produtivo. Sabe-se que o manejo e a produção de animal são fortemente influenciados por oscilações das condições climáticas, e a depender das condições em que são manejados, diminui consideravelmente o desempenho desses animais.

O estresse térmico, ocasionado pelo aumento da temperatura e a falta ou excesso de umidade, se destaca como o fator de maior impacto econômico na eficiência do rebanho. Com isso a produção de leite tem decrescido significativamente nas épocas em que este fenômeno é favorecido.

Segundo Dahl (2010), a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar elevada compromete a capacidade da vaca de dissipar calor para o ambiente, influenciando diretamente na diminuição da produção leiteira. Isto pode ser explicado pela diminuição da ingestão de matéria seca pelo animal, e conseqüentemente menor ingestão de energia metabolizável que seria destinada a produção de leite.

Em função destas influências das condições climáticas no declínio da produção de leite, faz se necessário estudos que avaliem se a localidade possui aptidão climática para o desenvolvimento da atividade leiteira, visando sempre oferecer condições que atendam às exigências do animal para melhor desempenho produtivo e reprodutivo.

Vários são os meios de estimar o conforto térmico, dentre eles está o Índice de Temperatura e Umidade do ar (ITU), onde se utiliza a associação entre duas variáveis meteorológicas, Temperatura do ar e Umidade relativa, com produção. Sendo assim, o ITU surge como uma ferramenta indispensável para auxiliar no planejamento de produção pecuária, pois identifica os possíveis riscos presentes do ponto de vista do conforto térmico de diferentes espécies animais, sendo possível interferir no controle dos danos causados aos animais, potencializando a produção (SILVA et al., 2010).

Outro parâmetro de grande importância nesse meio, e que está associado ao Índice de Temperatura e Umidade, é o Declínio na Produção de Leite (DPL), este avalia a influência do ITU na diminuição da produção de leite em uma localidade. O conhecimento destes parâmetros é essencial, não apenas no ciclo de planejamento da propriedade, mas também na tomada de decisão.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do estresse térmico sobre a produção de bovinos leiteiro no município de Barreiras-BA, através do Índice de Temperatura e Umidade do ar (ITU).

MATERIAL E MÉTODOS

O clima do município de Barreiras, conforme classificação de Köppen é do tipo Aw, ou seja, típico de savana, com inverno seco e temperatura média do ar do mês mais frio superior a 22° C. A figura 1 representa a localização da área de estudo.

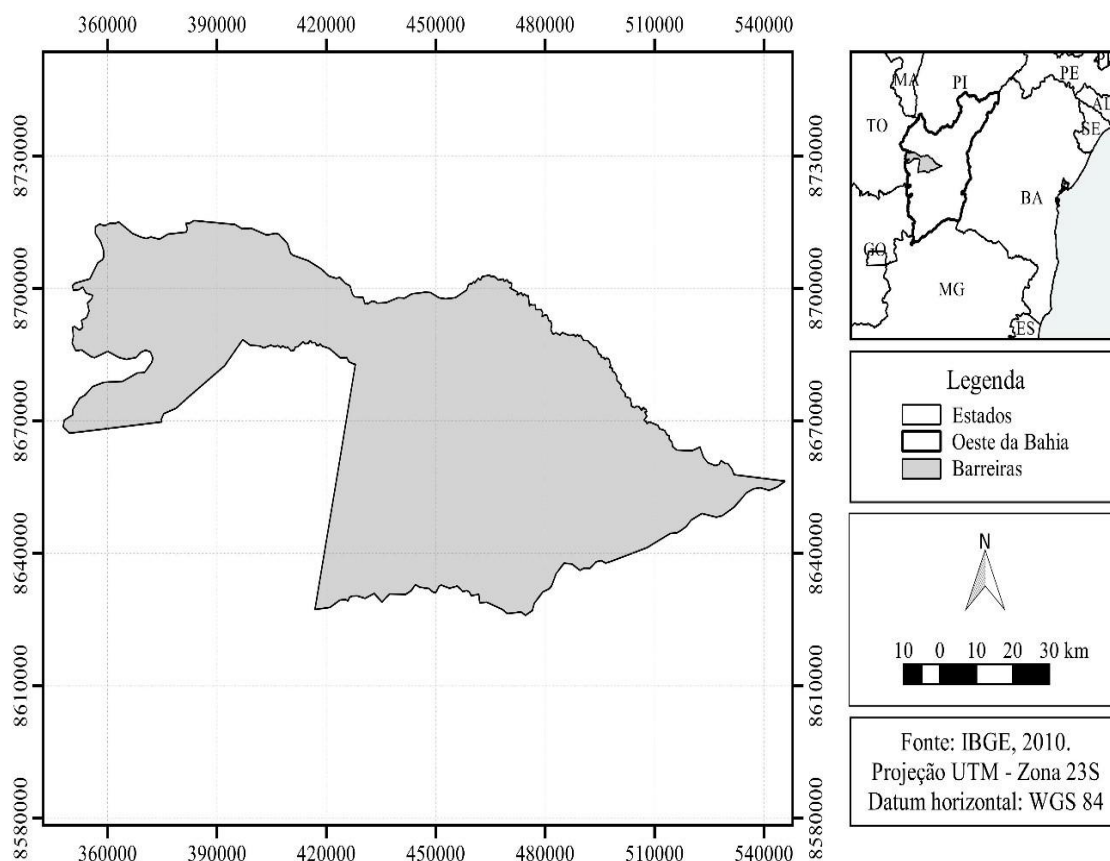


Figura 1 – Localização da área de estudo, Barreiras – BA.

Os dados climatológicos utilizados neste trabalho foram de Temperatura do ar e Umidade Relativa, sendo estes dados horários, provenientes da estação meteorológica automática, localizada no município de Barreiras-BA, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O período de observação foi entre 2007 e 2016. Por se tratar de uma extensa série de dados (10 anos) foi realizada uma análise crítica dos mesmos no sentido de suprimir eventuais erros grosseiros e falhas nos dados. Após a tabulação dos dados em editor de planilhas Excel© foram realizados os procedimentos para determinar os valores de ITU.

O ITU foi estimado por meio da seguinte equação proposta por BUFFINGTON et al., (1982):

$$\text{ITU} = 0,8 \text{ Ta} + \frac{\text{UR} (\text{Ta} - 14,3)}{100} + 46,3 \quad \text{Eq (1)}$$

Onde:

ITU = Índice de Temperatura e Umidade, adimensional;
Ta = Temperatura média do ar, (°C);
UR = Umidade Relativa média do ar, (%).

Utilizou-se para análise do ITU a classificação proposta ROSENBERG et al. (1983) que consideram o ITU nas seguintes classes: menor ou igual a 75 é considerado condição normal; entre 75 e 78 como alerta aos produtores (providências são necessárias para evitar perdas); entre 79 a 83 significa ambientes perigosos (principalmente para os rebanhos confinados e medidas de segurança devem ser empreendidas para evitar perdas desastrosas); ITU acima de 84 caracteriza emergência (providências urgentes devem ser tomadas).

O declínio na produção de leite, foi estimado a partir da equação 2, proposta por BERRY et al., (1964), adaptada por HAHN (1993):

$$DPL = -1,075 - 1,736(PN) + 0,02474(ITU) \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

DPL é o declínio na produção de leite (kg.dia⁻¹);
PN é o Nível Normal de Produção (kg.dia⁻¹).

Considerou-se, para análise, vacas com níveis de produção média diária de 10, 15, 20 e 25 kg de leite.

Foi estimado o valor da redução do consumo alimentar dos animais (RCA), em kg.dia⁻¹.vaca⁻¹, utilizando-se da equação 3 proposta por HAHN & OSBURN (1969):

$$RCA = -28,23 + 0,391(ITU) \quad \text{Eq. (3)}$$

A taxa de concepção, quociente do total de vacas prenhes pelo total de vacas do rebanho, foi estimado a partir da equação 4, proposta por PIRES (1997):

$$TC = 388,3 - 4,62 (ITU) \quad \text{Eq. (4)}$$

em que:

TC = taxa de concepção (%);

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 apresenta comportamento da variabilidade temporal da precipitação média mensal do município de Barreiras - BA, no período de 1975 a 2015. Os meses de maio a setembro caracterizam-se pelos menores volumes de precipitação, sendo que de junho a setembro constituem a quadra seca da região. O mês de menor precipitação foi o de julho, com média de 1 mm de chuva ao longo desses anos. O mês de novembro a janeiro caracterizaram como os meses de maior precipitação, com valores respectivos a 171,2 mm, 189,3 mm e 176,6 mm, sendo que dezembro foi o mês de maior precipitação municipal.

A média acumulada anual do município é de 1008,9 mm/ano. Enquanto que as médias para a quadra chuvosa é de 169,7 mm.

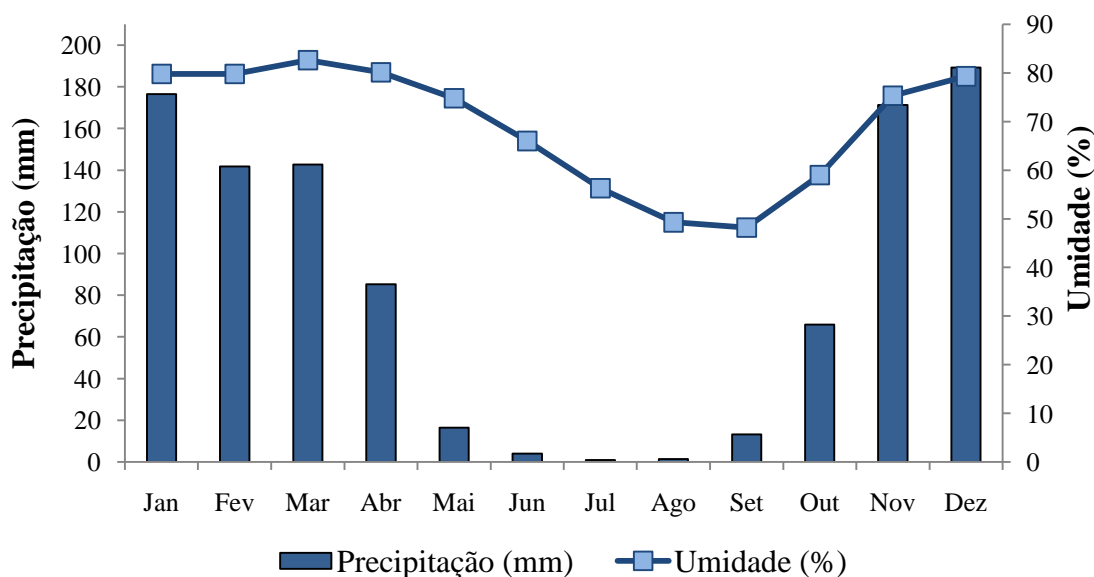


Figura 2 – Comportamento da variabilidade temporal da precipitação média mensal do município de Barreiras - BA, no período de 1975 a 2015.

Segundo Pires e Campos (2003), as melhores condições de temperatura e umidade relativa para criar animais, em termos gerais, estão em torno de 13 a 18°C e 60 a 70%, respectivamente.

A Figura 3 apresenta as médias mensais das Temperaturas mínima, média e máxima do período analisado. As características seguem as mesmas configurações para os três tipos de temperaturas, onde as oscilações entre a amplitude das temperaturas ocorrem quase que paralelamente, havendo uma maior oscilação desta amplitude no período caracterizado como estação seca, de junho a setembro.

Os meses de dezembro a abril, as temperaturas permaneceram basicamente que constantes por ser compreender o período dentro da estação chuvosa, e, dessa forma, inexistência de alta discrepância das temperaturas ao longo desses meses. Ao final desta estação, observou-se uma queda na temperatura média e mínima, e um aumento na temperatura máxima, permanecendo até o mês de agosto. Isto ocorreu devido o final da precipitação, fazendo com que os dias fossem mais quentes e as noites mais frias, razão pela qual a amplitude térmica desses meses apresentaram-se maiores que os demais.

As maiores temperaturas média e máxima aconteceram no mês de setembro e outubro, sendo a temperatura média de 26,5°C e 26,9°C, e a máxima de 34,8°C, respectivamente. Já a maior temperatura mínima ocorreu no mês de novembro, com 20,8°C. As menores temperaturas foram nos meses de junho e julho, em decorrência da estação de inverno. Destas as menores temperaturas mínimas e médias, aconteceram no mês de julho e junho, correspondendo a, respectivamente, 14,9°C e 21,4°C, e a menor temperatura máxima em junho, com 30,9°C.

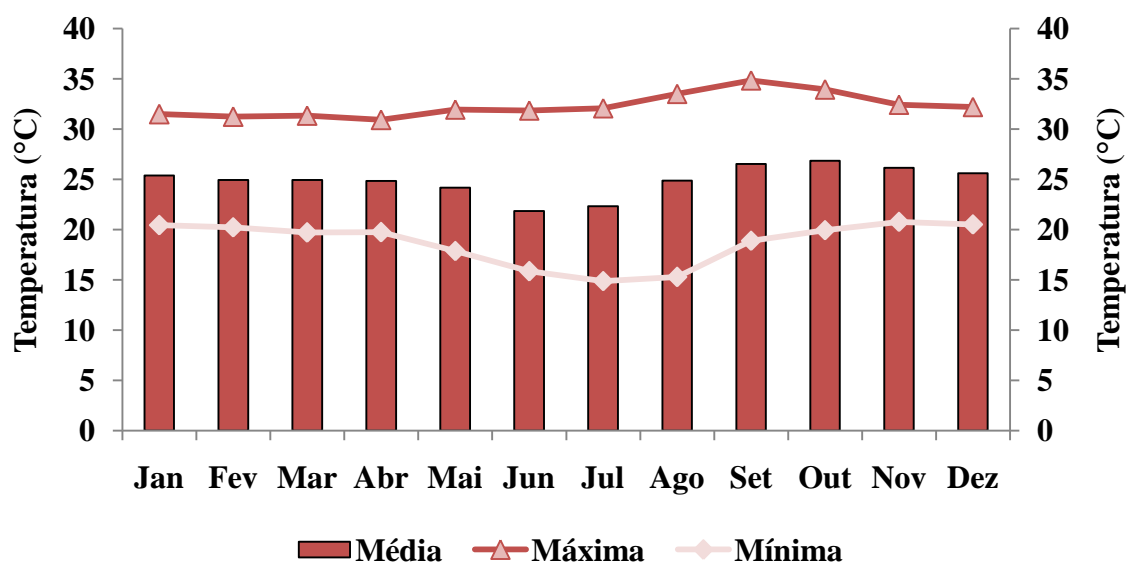


Figura 3 - Comportamento da variabilidade da Temperatura Mínima, Média e Máxima mensal do município de Barreiras - BA, no período de 1975 a 2015.

São apresentados na Figura 4 os valores mensais de ITU, onde são indicados os valores limites de ITU, assim como a zona considerada crítica às vacas, sendo este valor de 72. Consta-se que, o valor de ITU entre maio a final de agosto permaneceram abaixo do valor crítico de 72 para a produção de leite, revelando que estes meses não têm risco de estresse térmico para bovinocultura de leite no município de Barreiras - BA. No entanto, verificou-se que, entre os meses de setembro e abril os valores de ITU superam 72, revelando que estes meses são os mais críticos para a produção leiteira na região, pois as condições climáticas induzem um desconforto térmico a estes animais.

Segundo Machado (1998), o valor de ITU igual a 72 pode ser alcançado com temperaturas do ar próximas de 23°C, e quando a umidade relativa do ar for superior a 95%, ou quando a temperatura do ar for de 25°C e com umidade de 50%.

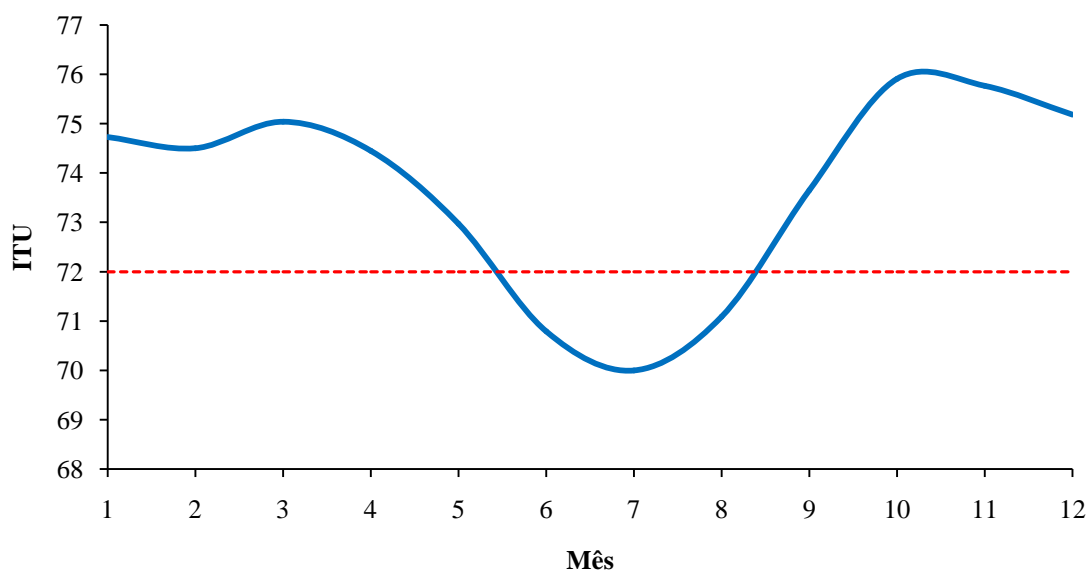


Figura 4 - Valores médios mensais do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), estimados para o município de Barreiras - BA, no período de 2007-2016.

Na Figura 5 foram apresentadas as variações mensais da produção de leite para quatro níveis Normais de Produção (10, 15, 20 e 25). Pode se observar, que no período de setembro a maio, os decréscimos na produção poderão alcançar 2,5 kg.dia⁻¹. De modo geral, durante esses meses, o Declínio na Produção Leiteira aumentou a medida que aumentaram se os Níveis Normais de Produção.

Verificou se ainda que animais menos produtivos (PN 10) apresentaram maior acréscimo de produção do que aqueles mais produtivos (PN 25), nos meses de maio, junho, agosto e setembro. Durante os meses de junho, julho e agosto as condições climáticas observadas, indicaram um aumento significativo na estimativa da produção de leite para os quatro níveis normais de produção no município de Barreiras - BA.

No mês de maio, apenas as vacas de PN 10 apresentou acréscimo significativo, sendo este de aproximadamente 0,5 kg.dia⁻¹ por vaca. Enquanto que para vacas de PN 25, para o mesmo mês, o declínio foi de 0,75 kg.dia⁻¹ por vaca. Em setembro observou-se comportamento semelhante, porém em menores magnitudes de acréscimo, e maiores em declínio, assim, animais de PN 10 apresentou acréscimo de aproximadamente 0,25 kg.dia⁻¹ por vaca, e PN 20 e PN 25, declínio na produção de leite em torno de 0,80 e 1,25 kg.dia⁻¹ por vaca, respectivamente.

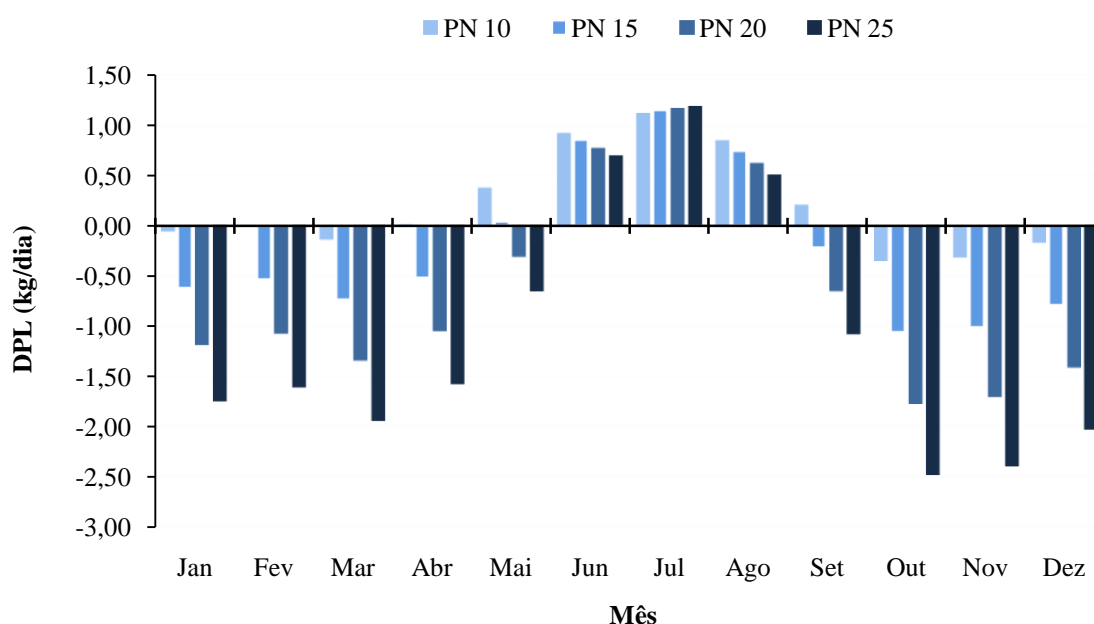


Figura 5 - Valores médios mensais do Declínio da Produção de Leite (DPL - kg/dia), para os níveis de produção de 10, 15, 20 e 25 kg/vaca/dia, estimados para o município de Barreiras - BA, no período de 2007-2016.

Ainda na Figura 5, é possível observar outubro e novembro foram os meses que apresentaram maiores declínios na produção de leite, podendo ultrapassar 2,5 kg/vaca/dia, para todos os níveis de normais de produção, exceto para vacas de PN 10. Este declínio pode ser explicado por outubro se caracterizar como o mês de transição entre a estação seca e a estação chuvosa no município, apresentando se como o mês de maior temperatura média do ar e de retorno do aumento da umidade relativa, como consequência do início da precipitação. Dentro dos meses que apresentaram declínio a produção de leite, o mês de maio ocorreu os menores valores.

Pode ser verificada na Figura 6 a variação temporal dos valores de redução do consumo alimentar das vacas leiteiras nas condições ambientais do município. Percebe-se que, nos mês mais quente, o mês de outubro, os animais apresentaram valores de RCA de até $1,5 \text{ kg animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$, enquanto que em maio ocorreu menor redução atingiu em torno de $400 \text{ g animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Porcionatto et al. (2009), consideram que a redução na ingestão de alimentos é a principal causa da diminuição da produção de leite das vacas em estresse térmico por calor.

Nos meses de junho, julho e setembro não ocorreram reduções no consumo alimentar dos animais, e sim um acréscimo no consumo de ração, sendo de $0,6 \text{ Kg animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$, $1 \text{ Kg animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$ e $0,4 \text{ Kg animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$, respectivamente.

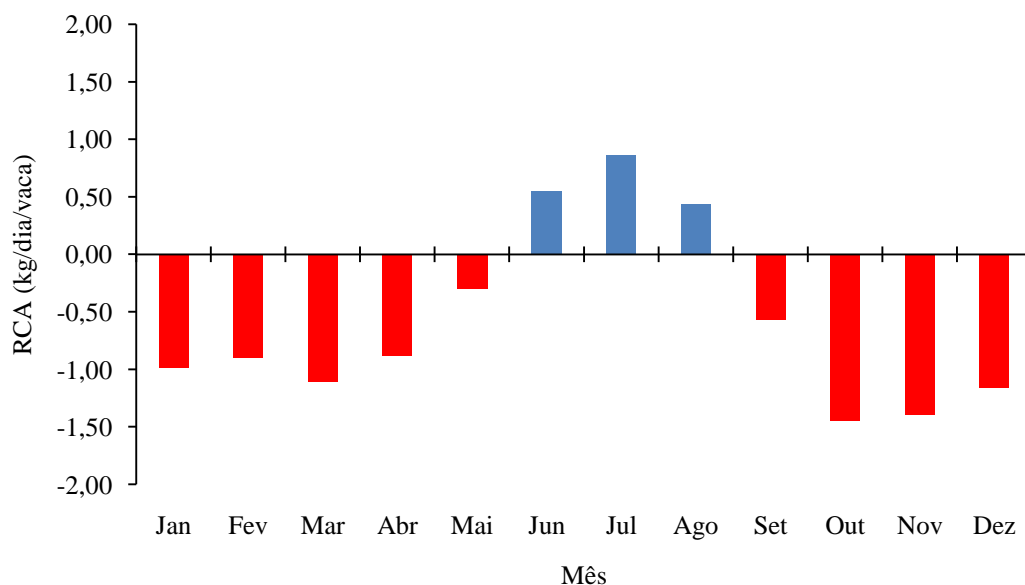


Figura 6 - Valores médios mensais de Redução de Consumo Alimentar (RCA - kg/dia/vaca), estimados para o município de Barreiras - BA, no período de 2007-2016.

Silanikove (1992) relatou que temperaturas elevadas reduzem a frequência de alimentação nas horas mais quentes do dia, retardam o início do pico de procura à tarde e aumentam a frequência nas primeiras horas da manhã. O padrão de procura de alimento por bovinos confinados é bem característico, com dois momentos principais: início da manhã e final da tarde. O tempo despendido diariamente nessa atividade, por vacas leiteiras estabuladas, tem sido cerca de 4,5 horas.

Staples (2009) indica que, para reverter pelo menos em parte a diminuição da ingestão de matéria seca ocasionada pelo estresse térmico é necessário resfriar fisicamente os animais e alimentá-los nas primeiras horas do dia e no final da tarde, atenuando a carga de calor sobre as vacas.

Constata-se na Figura 7 os valores médios das taxas de concepção durante o período de avaliação. Observa-se que as taxas de concepção caem drasticamente a partir de julho a novembro, com uma queda de 27% ao final deste período, e recuperam-se gradativamente após o mês de novembro, onde se caracterizou pelo aumento de 27% na taxa de concepção entre o mês de menor taxa e o mês de maior.

O mês de julho foi o de maior taxa de concepção, sendo essa é de 65%. Enquanto que o mês de outubro e novembro, meses de maiores temperaturas do ar, foram os de menores taxa de concepção, ambos com 38%. Entre os meses de dezembro

a abril, onde a precipitação e a umidade relativa se estabilizam, havendo uma sequência de valores médios quase que constantes da taxa de concepção, onde a amplitude maior entre este período é de apenas 3%.

Rensis e Scaramuzzi (2003) encontraram uma variação de 20 e 30% na taxa de concepção quando compararam as estações quente e fria. Segundo Hansen (2007), em rebanhos leiteiros são comuns às reduções na fertilidade das vacas em períodos quentes, essas alterações ocorrem devido ao efeito direto do estresse térmico, onde é reduzida a competência dos oócitos, a taxa de fertilização e a sobrevivência ao desenvolvimento embrionário precoce.

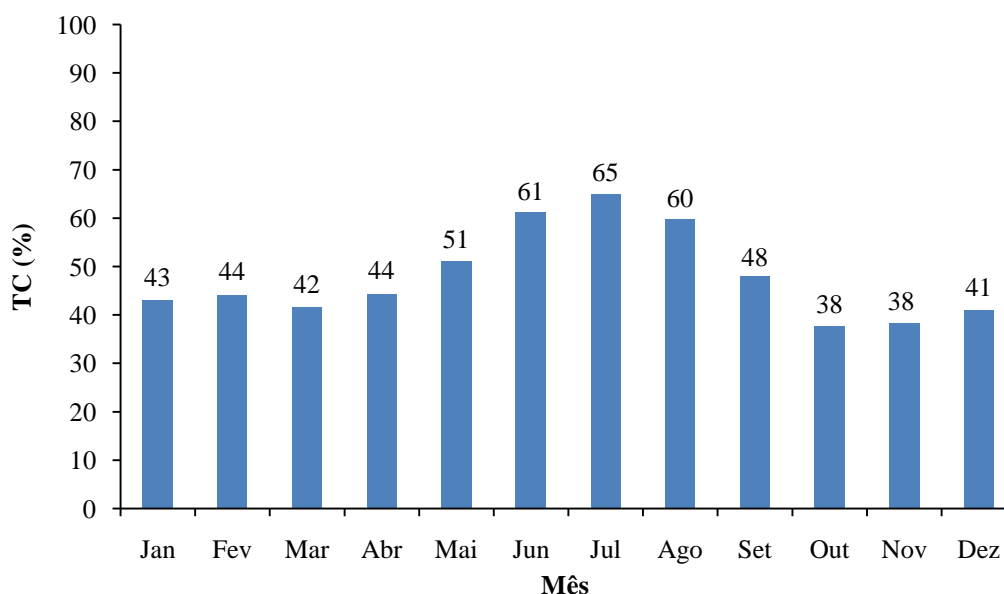


Figura 7 - Valores médios mensais da Taxa de Concepção (TC - %) de vacas leiteiras, estimados para o município de Barreiras - BA, no período de 2007-2016.

CONCLUSÕES

Mediante os resultados, entre setembro e o final de abril, verifica-se que o município de Barreiras – BA apresenta valores médios do Índice de Temperatura e Umidade considerados de alerta e perigo, indicando a necessidade de meios naturais e artificiais de condicionamento térmico para minimizar o efeito estressante do ambiente térmico na produção de leite, consumo alimentar e taxa de concepção das vacas leiteiras. As condições de temperatura e umidade relativa do ar observadas durante o inverno proporcionam ambiente térmico confortável para a atividade leiteira na localidade. Assim, o estresse térmico é responsável por perdas produtivas, reprodutivas e pela carência de bem estar nos animais. Sua prevenção é de grande importância para que não haja perdas econômicas no sistema de produção leiteira.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, A. T. DE; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, D. S. Prognóstico de declínio na produção de leite em função do clima para

a região de Goiânia, GO. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.11-13.

DAHL, G. E. Efeito do estresse térmico durante o período seco no desempenho pós-parto. In: Anais do 14º Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos; 2010, Uberlândia. Uberlândia: Conapec Jr; 2010. p.357-62.

HANSEN, P. J. Manejo da vaca de leite durante o estresse calórico para aumento da eficiência reprodutiva. In: XI CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS. Uberlândia, MG **Anais...**2007, p. 3-12.

KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A.T.; CAMPOS.; A.T.; Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá-PR, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.283-288, 2002.

MACHADO, P.F. **Efeitos da alta temperatura sobre a produção, reprodução e sanidade de bovinos leiteiros**. In: SILVA, I.J.O. **Ambiência na produção de leite em clima quente**. Piracicaba: FEALQ. Cap. 4, p. 179-188, 1998.

PERISSINOTO, M.; CRUZ, V. F.; PEREIRA, A.; MOURA, D. J. Influência das condições ambientais na produção de leite da vacaria da Mitra. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 143-149, 2007.

PIRES, M. F. Á. **Comportamento, parâmetros fisiológicos e reprodutivos de fêmeas da raça holandesa confinadas em free stall, durante o verão e o inverno**. Belo Horizonte: UFMG/Escola de Veterinária, 1997. 151p. Tese Doutorado.

PIRES, M. F. Á. Manejo alimentar para vacas com stress calórico. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, 2006 (Comunicado Técnico).

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: Resende H, Campos AT. **Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira**. Juiz de Fora: Embrapa; 2003. p.103-14.

PORCIONATTO, M.A.F., FERNANDEZ, A.M., SARAN NETTO, A.; et al.. Influência do estresse calórico na qualidade e na produção de leite. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.7, n.4, p.483-490, 2009.

SILANIKOVE, N. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. *Livest Prod Sci.* 1992;30:175-94.

SOUZA, R.; SANTOS, G.T.; VALLOTO, A.A.; et al. Produção e qualidade do leite de vacas da raça Holandesa em função da estação do ano e ordem de parto. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p.484-495, 2010.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; SA, I. I. S.; ZOLNIER, S.; TURCO.; SOUZA, L. S. B. Cenários de mudanças e seus impactos na produção leiteira em estados nordestinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Vol.4 n° 8. Campina Grande, 2010.

RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA, UMIDADE DO AR E A TEMPERATURA NO OESTE BAIANO

Rafael de Souza Felix¹, Silas Alves Souza¹, Marcos Antônio Vanderlei da Silva², Charles Cardoso Santana¹, Gutemberg Porto de Araujo¹.

¹Acadêmicos do curso de Engenharia Agrônoma da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: rafasouza.1844@hotmail.com¹; ²Professor DSc da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: maavsilva@uneb.br.

RESUMO: Saber como estas variáveis se interage entre si é essencial para o sucesso de um ciclo altamente produtivo. As informações meteorológicas colocadas à disposição dos produtores são de fundamental importância para o correto planejamento da produção agrícola. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo acerca da relação entre variáveis meteorológicas (Precipitação pluvial, Umidade e Temperatura Média do Ar). Além disso, o trabalho visa proceder a uma avaliação da série temporal desses elementos climáticos a fim de subsidiar as questões sobre mudanças climáticas na região. Utilizou-se uma série de dados médios mensais de Precipitação, Umidade Relativa e Temperatura Média do Ar, no período de 1975 a 2015, provenientes de 30 estações meteorológicas convencionais, localizadas na região Oeste da Bahia e municípios adjacentes, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do INMET. O preenchimento de falhas dos dados foi realizado através do software estatístico R. Realizou-se, então, uma estatística descritiva apenas dos dados das estações meteorológicas compreendidas dentro da região. Regionalmente, o mês de maior volume de chuva no período de estudo foi de dezembro. Entre os meses de dezembro e março acontece um comportamento constante da Temperatura do ar e a Umidade relativa. Assim, existe uma relação direta entre a precipitação e a umidade, e relação inversa entre a precipitação e a temperatura do ar, e a distribuição temporal destas variáveis dependem desta interação entre elas.

PALAVRAS-CHAVE: Variáveis meteorológicas; Variabilidade climática; Estatística Descritiva; Interações meteorológica.

RELATIONSHIP BETWEEN PLUVIOMETRIC PRECIPITATION, AIR HUMIDITY AND TEMPERATURE IN WEST BAIAN

ABSTRACT: Knowing how these variables interact is essential for the success of a highly productive cycle. The meteorological information made available to the producers is of fundamental importance for the correct planning of agricultural production. The objective of this work is to study the relationship between meteorological variables (Rainfall, Humidity and Average Air Temperature). In addition, the work aims to assess the time series of these climatic elements in order to subsidize climate change issues in the region. A series of monthly average data of Precipitation, Relative Humidity and Average Air Temperature, from 1975 to 2015, were obtained from 30 conventional meteorological stations, located in the West region of Bahia and adjacent municipalities, obtained from the Meteorological Data Bank For Teaching and Research - BDMEP, at the INMET website. Filling of the data was performed using the statistical software R. A descriptive statistic was then made only of the data of the meteorological stations included within the region. Regionally, the month of greatest rainfall during the study period was December. Between the months of December and March a constant behavior of the Air Temperature and Relative

Humidity occurs. Thus, there is a direct relationship between precipitation and humidity, and the inverse relation between precipitation and air temperature, and the temporal distribution of these variables depend on this interaction between them.

KEY-WORDS: Meteorological variables; Climatic variability; Descriptive statistics; Meteorological interactions.

INTRODUÇÃO

O estudo das relações entre variáveis meteorológicas apesar de possuir grande importância na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores na determinação dos caracteres complexos, pois uma variável pode apresentar variações em função de a outra variável, podendo ser negativa ou positiva. No entanto, estudos deste caráter não relatam exatamente as relações de causa e efeito entre as variáveis.

As informações meteorológicas colocadas à disposição dos produtores são de fundamental importância para o correto planejamento da produção agrícola, uma vez que a necessidade de produzir alimentos demandado pela crescente população habitacional é cada vez maior. Saber como estas variáveis se interage entre si é essencial para o sucesso de um ciclo altamente produtivo.

A existência de água na atmosfera e suas mudanças de fase desempenham papel importantíssimo em vários processos físicos naturais, como o transporte e a distribuição de calor na atmosfera, a evaporação e evapotranspiração, a absorção de diversos comprimentos de onda da radiação solar e terrestre (FALCÃO et al., 2010). Assim, dentre as variáveis meteorológicas, a precipitação merece grande destaque, uma vez que se constitui o principal componente do ciclo hidrológico, por esta razão possui maior interferência nas outras variáveis, tais como umidade e temperatura do ar. O Comportamento da natureza vem sofrendo constantes mudanças devido à falta de chuvas, provocando baixas umidades relativa (SALVIANO et al., 2016), e altas temperaturas do ar.

Uma das alternativas para se colocar estas informações a disposição dos produtores, trata-se da realização de um correto estudo que caracterize e descreva o comportamento destas variáveis climatológicas no passado. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo acerca da relação entre variáveis meteorológicas (Precipitação pluvial, Umidade e Temperatura Média do Ar), utilizando para tal, parâmetros estatísticos de uma série de dados históricos de 1975 a 2015. Além disso, o trabalho visa proceder a uma avaliação da série temporal desses elementos climáticos a fim de subsidiar as questões sobre mudanças climáticas na região.

MATERIAL E MÉTODOS

A região Oeste da Bahia encontra-se em uma área de transição entre o cerrado e a caatinga, ocupando aproximadamente uma área de 117.000 km², sendo composta por três microrregiões que incluiu 24 municípios. A tabela 1 mostra a localidade dos municípios utilizados no estudo para realizar o estudo da relação entre as variáveis meteorológicas para a região.

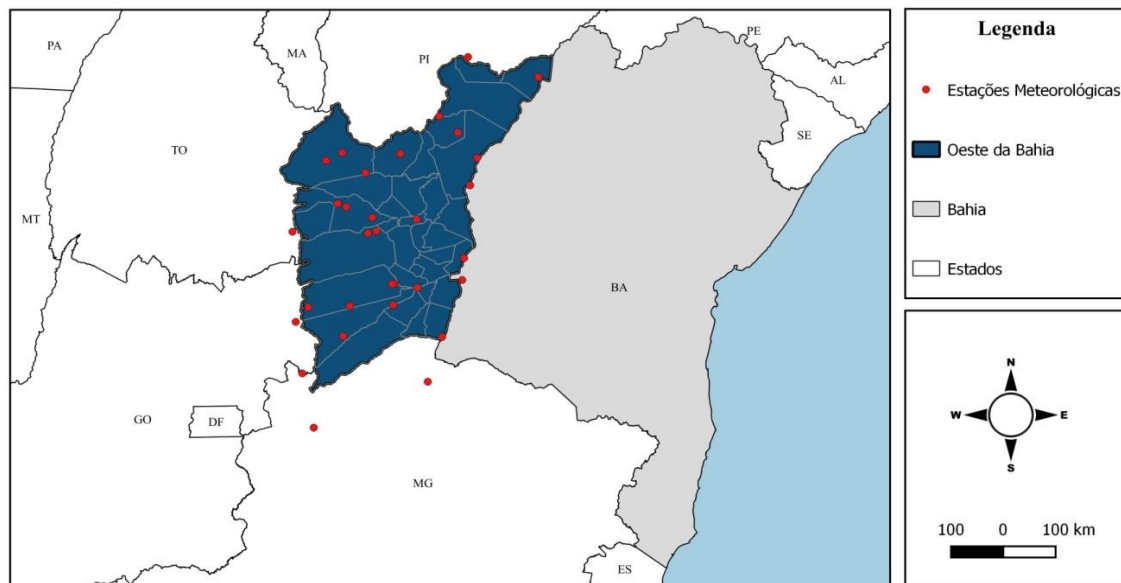


Figura 1 – Localização da região Oeste da Bahia e das Estações meteorológicas utilizadas.

Climaticamente, a região apresenta precipitação pluviométrica média anual de 500 a 1500 mm, e temperatura média anual de 21,3 a 27,2°C. Na região, normalmente, ocorrem veranicos, que se caracterizam por períodos de seca durante a estação chuvosa, sendo estes em um período de uma a três semanas, especialmente nos meses de janeiro e fevereiro.

Utilizou-se, neste trabalho, uma série de dados médios mensais de Precipitação, Umidade, Temperatura Compensada do Ar, no período de 1975 a 2015 (41 anos de observação). Os dados foram provenientes de 13 estações meteorológicas convencionais, localizadas na região Oeste da Bahia e municípios adjacentes, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A tabela 1 mostra a localidade dos municípios utilizados no estudo para realizar o estudo entre a relação entre as variáveis meteorológicas para a região.

Tabela 1 - Localidades utilizadas para a caracterização da variabilidade das temperaturas máxima e mínima média mensal.

ESTAÇÃO	ESTADO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
Arinos	MG	16° 05' 60" S	47° 57' 00" W	519,00 m
Barra	BA	12° 55' 12" S	44° 50' 24" W	401,58 m
Fazenda Boa Esperança - Barra	BA	10° 38' 00" S	43° 30' 00" W	430,00 m
Boqueirão - Barra	BA	11° 20' 34" S	43° 49' 30" W	450,00 m
Barreiras	BA	13° 50' 60" S	45° 00' 00" W	439,29 m
Fazenda São Roque - Barreiras	BA	11° 57' 24" S	45° 27' 23" W	622,00 m
Nova Vida - Montante - Barreiras	BA	11° 21' 08" S	45° 07' 20" W	458,00 m
Fazenda Johá - Barreiras	BA	11° 07' 31" S	45° 48' 39" W	725,00 m
Ponte Serafim - Montante - Barreiras	BA	11° 53' 46" S	45° 36' 43" W	713,00 m
Bom Jesus da Lapa	BA	14° 44' 24" S	44° 35' 24" W	439,96 m
Caracol	PI	10° 43' 12" S	44° 40' 12" W	522,77 m
Carinhanha	BA	15° 43' 12" S	44° 14' 24" W	450,18 m
Correntina	BA	14° 40' 12" S	45° 23' 24" W	459,47 m
Fazenda Planalto - Correntina	BA	13° 45' 01" S	46° 08' 30" W	947,00 m
Arrojolândia - Correntina	BA	13° 44' 03" S	45° 24' 12" W	679,00 m
Formoso	MG	15° 04' 12" S	47° 45' 00" W	840,00 m
Mocambinho	MG	16° 55' 12" S	45° 59' 24" W	452,00 m
Posse	GO	15° 59' 24" S	47° 38' 24" W	825,64 m
Remanso	BA	10° 22' 12" S	43° 53' 60" W	400,51 m
Santa Rita de Cássia	BA	12° 59' 24" S	45° 29' 24" W	450,30 m
Taguatinga	TO	13° 35' 60" S	47° 35' 24" W	603,59 m
Bom Jardim - Formosa do Rio Preto	BA	10° 59' 33" S	45° 31' 36" W	451,00 m
Fazenda Porto Alegre - Cocos	BA	11° 16' 06" S	45° 31' 20" W	500,00 m
Gatos - Jaborandí	BA	13° 42' 38" S	44° 37' 57" W	610,00 m
Fazenda Coqueiro - São Desidério	BA	12° 23' 21" S	44° 55' 56" W	502,00 m
Sítio Grande - São Desidério	BA	12° 26' 00" S	45° 05' 00" W	536,00 m
Santa Maria da Vitória	BA	13° 24' 00" S	44° 12' 00" W	431,00 m
Ibotirama	BA	12° 10' 50" S	44° 13' 24" W	420,00 m
Gameleira - Sítio do Mato	BA	12° 52' 00" S	43° 23' 00" W	415,00 m
Morpará	BA	11° 34' 00" S	43° 17' 00" W	415,00 m

- Municípios do Oeste da Bahia
 Municípios adjacentes

A utilização dos dados de estações de municípios adjacentes se justifica por uma melhor caracterização desta relação, uma vez que, apenas as estações localizadas na região são insuficientes para caracterizar esta variabilidade com uma boa acurácia. Após a obtenção e ajuste dos dados e análise de consistência, realizou-se o preenchimento das falhas dos dados. O preenchimento de falhas foi realizado através do software estatístico R, versão 3.1.3.

De posse dos dados preenchidos, realizou-se uma estatística descritiva apenas dos dados das principais estações meteorológicas compreendidas dentro da região Oeste da Bahia. As principais estações constituem aquelas que apresentaram menores falhas da série de dados. A estatística descritiva realizada foi dividida entre medidas de tendências central: média; mediana (Md); primeiro quartil (Q1); terceiro quartil (Q3); e medidas de tendência de dispersão: Desvio padrão (S); coeficiente de variação (CV); amplitude (A) e intervalo interquartil (d).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estão apresentadas na Tabela 2 as medidas mensais de tendência central da Precipitação Pluviométrica (mm) das principais estações convencionais da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015. Em relação aos maiores e menores valores médios de todas as medidas de tendência central da precipitação, observou-se uma variação entre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, dos maiores valores médios. Em relação aos menores valores, foram nos meses de junho, julho e agosto (Tabela 2).

O mês de outubro é caracterizado por ser o mês de transição entre a estação seca e a estação chuvosa, desta forma, o período de chuvas, na região, inicia-se em outubro, estendendo-se até meados do mês de abril, justificando desta forma, a ocorrência dos maiores valores médios de precipitação entre os meses de dezembro a março. Em relação os menores valores nos meses de junho e julho, os mesmos ocorreram em função de um cumulativo de dias praticamente sem precipitação, compreendendo um período de cinco meses sem precipitação na região.

O regime de chuvas nos municípios se concentra nos meses de outubro a abril, sendo de novembro a março os meses de maior volume precipitado, onde novembro se caracteriza, de fato, o início da quadra chuvosa da região, e de fevereiro a meados de março o final desta quadra. Regionalmente, o mês de maior volume de chuva no período de estudo foi de dezembro, correspondendo a 992,5 mm acumulados para a região e em média 165,4 mm para cada município.

A Tabela 3 representa as medidas mensais de Umidade Relativa do Ar (%) das principais estações convencionais da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015. De maneira geral observa os maiores valores médios mensais de todas as medidas de tendência central da umidade relativa (UR) do período estudado, foram maiores nos municípios de Barreiras e Correntina. Já para os menores valores médios ocorreram municípios de Barra e Remanso.

Analisando os dados da região em relação aos maiores e menores valores médios de todas as medidas de tendência central, observou-se uma variação entre os meses de janeiro, fevereiro e março, dos maiores valores médios. Em relação aos menores valores, foram no mês de setembro (Tabela 3).

Quando se compara os valores médios das medidas de dispersão entre os meses, observou se o mesmo comportamento quando se compara os valores entre as estações (Tabela 3). Apesar da inexistência de dominância de um mês em termos dos maiores e/ou menores valores médios, percebeu-se que os maiores valores ocorreram durante a estação chuvosa, e os menores valores na estação seca.

Tabela 2 – Medidas mensais (mm) de tendência central: Média; mediana (Md); primeiro quartil (Q1); terceiro quartil (Q3), e dispersão: desvio padrão (S); coeficiente de variação (CV); amplitude (A); intervalo interquartil (d); da Precipitação Pluviométrica das principais estações convencionais da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

	Barra				Barreiras				Carinhanha			
	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	
Jan	105,6	72,3	38,3	141,2	176,6	166,6	94,0	229,4	136,9	119,3	53,4	199,4
Fev	118,2	108,9	53,2	164,1	141,8	119,1	70,3	180,0	98,7	64,6	30,8	120,3
Mar	94,1	69,9	3,8	143,8	142,7	128,8	76,3	204,6	107,4	112,8	51,3	148,1
Abr	75,9	72,0	34,1	97,3	85,3	73,8	43,6	108,7	45,3	32,8	6,1	74,4
Mai	11,1	3,1	0,0	11,2	16,5	7,4	1,7	16,5	9,8	2,1	0,0	12,7
Jun	1,4	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	1,1	1,3	0,0	0,0	0,6
Jul	0,2	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,2	1,9	0,0	0,0	0,0
Ago	0,5	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Set	7,8	0,0	0,0	0,0	13,3	6,0	0,6	13,7	6,8	5,0	0,0	8,8
Out	30,6	29,4	3,0	47,3	66,0	43,4	30,0	96,9	40,6	35,8	6,4	56,2
Nov	104,8	111,1	74,4	121,9	171,2	153,9	121,6	225,7	156,2	129,6	92,5	188,3
Dez	116,4	104,1	63,1	143,5	189,3	203,5	140,0	233,1	183,4	186,9	113,6	229,7
	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	d
Jan	86,2	81,6	325,9	102,9	125,2	70,9	502,3	135,4	101,0	73,8	342,7	146,0
Fev	90,6	76,7	355,5	110,9	90,3	63,7	388,1	109,7	96,4	97,7	421,5	89,5
Mar	97,4	103,5	443,5	140,0	89,8	63,0	374,9	128,3	73,4	68,4	285,3	96,8
Abr	63,6	83,8	302,4	63,2	58,1	68,1	218,3	65,1	42,9	94,6	162,9	68,3
Mai	21,7	195,6	111,0	11,2	24,1	146,5	99,1	14,8	14,8	152,0	60,7	12,7
Jun	5,9	426,8	35,0	0,0	11,9	296,3	59,0	1,1	5,6	435,7	36,0	0,6
Jul	0,5	193,1	1,6	0,0	3,0	304,2	14,8	0,2	3,7	192,8	11,1	0,0
Ago	1,6	349,0	8,4	0,0	3,6	257,1	15,8	0,0	1,3	325,8	4,8	0,0
Set	21,3	272,8	80,6	0,0	20,2	151,2	107,4	13,1	9,8	142,6	45,1	8,8
Out	29,0	94,7	136,7	44,3	53,3	80,8	194,6	66,9	38,9	95,8	163,0	49,8
Nov	52,3	49,9	210,3	47,5	81,3	47,5	337,2	104,1	99,0	63,4	368,0	95,8
Dez	69,6	59,8	327,1	80,4	84,4	44,6	325,4	93,1	89,5	48,8	360,1	116,1
	Correntina				Remanso				STª Rita de Cássia			
	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3
Jan	168,5	123,5	89,0	183,4	116,6	97,5	38,0	157,2	146,8	114,7	70,8	203,7
Fev	140,0	94,9	53,0	151,6	109,1	88,4	37,7	159,3	152,6	128,9	86,6	230,8
Mar	132,0	136,1	18,3	203,3	124,0	126,4	27,3	202,4	157,5	155,5	84,7	240,9
Abr	75,0	49,2	31,9	84,2	58,3	49,9	1,8	87,1	79,4	71,6	23,6	118,4
Mai	15,4	5,2	0,0	14,7	8,2	4,4	0,2	8,0	19,6	10,5	1,0	25,3
Jun	0,8	0,0	0,0	0,0	1,2	0,1	0,0	0,8	1,2	0,0	0,0	1,4
Jul	0,2	0,0	0,0	0,0	1,0	0,3	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Ago	1,8	0,0	0,0	0,1	1,9	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
Set	13,7	3,5	0,0	21,5	1,1	0,0	0,0	0,0	9,9	0,9	0,0	4,3
Out	77,5	74,3	20,1	136,6	22,9	1,8	0,0	37,6	79,2	40,9	7,3	140,6
Nov	163,4	140,5	107,1	192,9	74,4	71,0	34,6	79,6	178,8	182,1	132,8	223,3
Dez	206,8	169,5	109,3	288,4	92,0	89,7	26,7	151,0	204,5	197,0	136,9	253,6
	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	D
Jan	126,2	74,9	418,5	94,4	97,9	84,0	350,2	119,2	119,7	81,6	543,2	132,9
Fev	133,1	95,0	500,6	98,6	88,2	80,9	292,3	121,6	115,4	75,6	578,3	144,2
Mar	102,8	77,9	306,9	185,0	90,1	72,6	357,8	175,1	93,4	59,3	410,5	156,2
Abr	71,1	94,8	263,9	52,3	57,3	98,4	231,0	85,3	55,1	69,4	193,2	94,8
Mai	23,2	150,5	95,5	14,7	11,6	141,3	50,2	7,8	26,4	134,3	103,1	24,3
Jun	1,9	254,9	9,8	0,0	3,1	255,3	17,7	0,8	4,1	329,3	25,8	1,4
Jul	0,8	391,2	4,6	0,0	1,5	156,0	7,4	1,6	0,1	213,3	0,3	0,0
Ago	4,5	248,0	22,9	0,1	6,3	331,0	24,0	0,0	6,2	472,2	38,8	0,0
Set	20,0	145,9	65,0	21,5	4,6	429,1	28,8	0,0	31,0	312,7	185,1	4,3
Out	58,9	76,0	179,0	116,5	32,1	140,3	156,7	37,6	75,2	95,0	213,8	133,3
Nov	84,3	51,6	392,0	85,8	58,5	78,7	287,2	45,0	86,4	48,3	335,8	90,5
Dez	119,4	57,8	432,5	179,1	67,1	72,9	218,7	124,3	97,2	47,5	342,1	116,7

Tabela 3 – Medidas mensais (%) de tendência central: Média; mediana (Md); primeiro quartil (Q1); terceiro quartil (Q3), e dispersão: desvio padrão (S); coeficiente de variação (CV); amplitude (A); intervalo interquartil (d); da Umidade Relativa das principais estações convencionais da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

	Barra				Barreiras				Carinhanha			
	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3
Jan	65,3	66,9	58,2	72,7	79,8	80,4	74,7	83,0	67,9	66,0	62,8	73,7
Fev	66,5	65,6	58,0	75,0	79,8	81,0	77,5	84,8	65,5	67,2	54,6	79,1
Mar	65,6	64,3	59,2	76,0	82,6	83,0	82,1	86,0	65,3	66,0	59,6	71,2
Abr	64,6	64,5	57,6	72,5	80,1	80,0	75,1	83,8	65,0	66,1	58,6	69,0
Mai	58,6	58,0	53,9	62,7	74,8	73,4	73,2	74,3	58,5	58,4	53,3	65,0
Jun	56,0	54,1	52,9	59,0	66,0	64,4	62,1	75,3	54,8	54,6	51,2	59,2
Jul	53,9	54,2	49,9	57,6	56,3	57,9	51,4	59,7	50,6	50,4	48,0	52,7
Ago	49,1	47,8	45,7	53,8	49,3	49,0	44,1	53,6	45,5	45,6	41,7	47,9
Set	45,7	44,9	42,4	50,5	48,2	48,7	46,5	52,4	44,6	44,1	40,9	50,1
Out	47,6	47,2	43,1	51,4	59,0	60,9	51,9	65,8	47,5	47,0	39,8	52,9
Nov	57,2	55,2	50,8	60,4	75,3	75,4	71,3	77,9	61,7	63,6	53,9	68,5
Dez	62,8	63,5	58,2	68,8	79,3	80,8	73,1	82,7	70,1	70,6	64,7	75,8
	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	d
Jan	8,5	13,1	29,3	14,4	3,9	4,9	11,5	8,3	7,2	10,6	29,2	11,0
Fev	9,2	13,8	31,9	17,0	6,6	8,2	23,0	7,3	11,7	17,9	36,3	24,5
Mar	9,2	13,8	34,9	16,7	3,3	4,0	10,8	3,9	8,5	13,1	28,4	11,6
Abr	8,5	13,2	30,7	14,9	3,6	4,4	9,1	8,7	7,5	11,5	32,1	10,4
Mai	5,9	10,1	26,3	8,8	4,7	6,3	14,2	1,1	8,0	13,6	31,3	11,8
Jun	4,4	7,9	20,8	6,1	6,8	10,4	18,8	13,2	5,6	10,2	24,7	8,0
Jul	4,8	9,0	16,2	7,7	7,2	12,8	22,1	8,3	4,6	9,1	19,1	4,7
Ago	4,9	10,0	16,5	8,2	4,5	9,1	14,7	9,5	4,3	9,4	14,7	6,2
Set	4,6	10,1	16,2	8,1	4,1	8,5	11,2	5,9	5,2	11,7	17,8	9,2
Out	5,6	11,9	23,2	8,2	7,1	12,0	25,1	13,9	8,8	18,5	30,2	13,1
Nov	7,3	12,8	25,0	9,6	4,8	6,4	15,2	6,6	9,6	15,6	28,7	14,6
Dez	7,5	12,0	32,1	10,6	4,6	5,8	11,9	9,6	6,9	9,8	28,7	11,1
	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	d
	Correntina				Remanso				STª Rita de Cássia			
	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3
Jan	79,2	80,1	74,3	83,0	66,5	65,1	62,1	69,8	72,1	72,0	69,0	78,2
Fev	78,1	82,4	70,8	85,4	68,7	72,1	58,7	79,0	75,1	75,4	70,6	79,7
Mar	75,6	77,3	73,5	83,0	69,2	69,2	63,1	74,8	75,7	77,0	73,7	80,2
Abr	72,8	76,5	60,3	81,5	65,9	64,8	62,3	68,6	72,3	72,9	69,3	77,5
Mai	69,6	72,6	62,4	75,4	62,0	61,8	59,6	63,0	66,6	64,0	60,9	74,4
Jun	68,1	67,4	65,9	73,0	59,8	59,5	57,7	61,0	56,9	55,0	50,7	61,9
Jul	59,6	63,0	53,7	63,5	57,1	55,5	53,6	57,8	52,5	50,4	47,6	59,0
Ago	54,3	53,6	47,8	55,6	53,2	52,9	50,2	55,2	47,1	47,3	42,3	49,3
Set	48,7	48,3	46,5	49,9	52,7	51,2	49,1	54,9	42,6	40,3	36,9	46,3
Out	56,7	54,8	52,9	61,5	57,0	57,3	51,8	64,3	53,1	52,5	45,0	63,0
Nov	75,6	75,7	71,7	80,8	63,7	65,1	56,5	71,3	65,0	67,4	57,2	74,1
Dez	77,7	80,1	72,2	82,0	65,5	65,6	61,8	70,4	71,1	72,7	68,4	78,4
	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	d
Jan	3,7	4,7	10,3	8,7	7,0	10,5	31,7	7,7	7,7	10,6	27,4	9,2
Fev	7,9	10,1	23,7	14,6	9,7	14,2	31,1	20,3	7,7	10,2	30,6	9,1
Mar	8,0	10,5	26,4	9,4	8,1	11,7	35,1	11,6	6,4	8,5	24,6	6,4
Abr	10,9	14,9	35,6	21,2	5,0	7,6	22,6	6,3	7,1	9,9	26,6	8,3
Mai	9,6	13,8	32,8	13,1	4,3	7,0	23,2	3,3	8,0	12,0	33,0	13,5
Jun	7,0	10,3	35,9	7,1	4,6	7,7	27,2	3,3	7,7	13,5	33,6	11,2
Jul	7,5	12,5	23,8	9,8	6,4	11,2	28,9	4,1	7,0	13,3	30,0	11,3
Ago	7,5	13,8	28,0	7,9	5,5	10,4	30,5	5,0	5,6	11,9	19,9	7,0
Set	8,1	16,5	33,4	3,5	6,7	12,7	33,8	5,8	6,4	15,1	21,7	9,4

Out	7,1	12,6	30,1	8,6	8,3	14,5	33,6	12,5	11,2	21,1	39,4	18,0
Nov	4,9	6,4	17,1	9,1	8,9	14,0	31,8	14,8	9,6	14,8	30,4	17,0
Dez	5,8	7,4	21,5	9,8	7,0	10,7	38,3	8,6	8,8	12,4	34,0	10,1

Tabela 4 – Medidas mensais (°C) de tendência central: Média; mediana (Md); primeiro quartil (Q1); terceiro quartil (Q3), e dispersão: desvio padrão (S); coeficiente de variação (CV); amplitude (A); intervalo interquartil (d); da Temperatura Média do Ar das principais estações convencionais da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

	Barra				Barreiras				Carinhanha			
	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3	Media
Jan	26,4	26,6	25,1	27,2	25,4	24,8	24,6	26,4	25,8	25,7	25,1	26,7
Fev	26,7	26,9	25,6	27,3	24,9	24,7	24,2	25,4	26,3	26,5	25,2	27,1
Mar	26,4	26,1	25,8	26,9	24,9	25,0	24,9	25,2	25,9	26,0	25,2	26,4
Abr	26,5	26,5	25,8	27,1	24,8	24,9	24,4	25,4	25,8	25,8	25,1	26,4
Mai	25,9	26,1	25,4	26,8	24,2	24,3	23,4	25,0	25,0	25,2	24,5	25,6
Jun	24,7	25,0	24,3	25,4	21,8	21,4	21,2	21,4	23,2	23,3	22,8	23,5
Jul	24,4	24,4	24,0	25,0	22,3	22,2	21,9	22,2	23,0	23,0	22,5	23,7
Ago	25,3	25,2	24,8	26,0	24,9	24,8	23,8	25,7	24,5	24,7	23,8	25,0
Set	27,3	27,3	26,6	27,8	26,5	26,3	26,0	27,3	26,6	26,6	25,9	27,0
Out	28,5	28,5	28,0	29,0	26,9	26,3	25,9	28,0	27,3	27,1	26,4	28,1
Nov	27,7	27,7	26,8	28,4	26,1	27,1	24,5	27,3	26,6	26,9	25,4	27,6
Dez	26,6	26,6	25,6	27,3	25,6	25,8	24,7	26,0	25,7	25,5	24,9	26,3
	S	CV	A	d	S	CV	A	d	S	CV	A	d
Jan	1,2	4,4	3,9	2,1	1,0	3,9	2,8	1,8	1,0	4,0	3,7	1,6
Fev	1,2	4,6	4,6	1,8	1,0	4,1	4,2	1,2	1,3	4,8	4,4	1,9
Mar	1,3	4,9	4,7	1,1	0,5	1,8	2,3	0,2	1,0	4,0	3,8	1,3
Abr	1,0	3,7	4,6	1,4	0,7	2,7	2,3	1,1	1,0	4,0	4,9	1,3
Mai	1,1	4,2	4,2	1,4	0,9	3,7	3,0	1,7	0,9	3,6	3,8	1,1
Jun	1,1	4,3	4,8	1,1	1,1	5,0	3,2	0,3	1,0	4,2	4,4	0,8
Jul	0,8	3,5	3,1	1,0	0,8	3,7	3,4	0,3	0,8	3,5	3,1	1,3
Ago	0,8	3,1	2,6	1,3	1,2	4,6	4,1	1,9	0,8	3,4	3,5	1,2
Set	0,7	2,7	2,9	1,2	0,9	3,5	3,1	1,3	0,9	3,4	4,0	1,1
Out	0,9	3,0	3,6	1,1	1,4	5,4	5,1	2,0	1,1	4,2	3,9	1,7
Nov	1,0	3,6	4,8	1,6	1,6	6,2	4,5	2,9	1,3	4,8	4,9	2,2
Dez	1,3	4,7	5,5	1,8	1,2	4,7	4,4	1,3	1,1	4,4	6,1	1,4
	Remanso				ST ^a Rita de Cássia							
	Media	Md	Q1	Q3	Media	Md	Q1	Q3				
Jan	26,7	26,9	25,7	27,2	25,0	25,2	24,2	25,7				
Fev	27,0	27,3	26,7	27,8	25,0	25,0	24,1	25,6				
Mar	26,6	26,4	25,7	27,0	24,9	24,8	24,2	25,5				
Abr	27,0	26,9	26,3	27,7	24,9	24,8	24,3	25,6				
Mai	26,6	26,6	26,3	27,2	24,3	24,6	23,7	25,1				
Jun	25,5	25,6	25,1	25,9	23,4	23,7	23,0	24,3				
Jul	25,4	25,4	24,8	25,7	22,8	22,8	22,2	23,9				
Ago	25,6	25,4	25,2	25,9	24,0	24,3	23,0	25,1				
Set	26,8	27,0	26,4	27,3	26,2	26,4	25,3	27,1				
Out	28,0	27,9	27,7	28,6	27,5	27,7	26,3	28,5				
Nov	27,9	27,9	27,4	28,2	26,3	26,1	25,3	27,4				
Dez	27,0	26,9	26,4	27,5	25,4	25,4	24,8	25,9				
	S	CV	A	d	S	CV	A	D				
Jan	1,0	3,7	4,0	1,4	1,0	4,0	3,5	1,5				
Fev	1,3	4,8	6,9	1,2	1,1	4,4	4,5	1,5				
Mar	1,0	3,8	3,5	1,2	1,0	4,0	4,0	1,3				
Abr	1,0	3,5	3,8	1,4	1,1	4,3	4,5	1,3				
Mai	0,7	2,7	3,9	0,9	1,2	5,1	4,7	1,4				
Jun	1,0	3,8	4,7	0,8	1,2	5,1	5,7	1,3				
Jul	0,6	2,3	2,0	1,0	1,4	6,2	5,1	1,7				
Ago	0,6	2,3	2,3	0,7	1,4	5,7	4,7	2,1				
Set	1,0	3,7	5,1	0,8	1,3	4,8	4,9	1,8				

Out	0,6	2,2	2,4	0,9	1,4	5,2	5,0	2,2
Nov	0,9	3,1	4,0	0,8	1,3	4,8	4,5	2,2
Dez	1,3	4,8	8,9	1,2	1,1	4,2	4,8	1,2

A análise descritiva da Temperatura Média do ar dos dados provenientes apenas das principais estações compreendidos dentro da região da região Oeste da Bahia, do período de 1975 2015, são apresentadas na Tabela 4. De modo geral observa os maiores valores médios mensais de todas as medidas de tendência central da Temperatura do período estudado, os municípios de Barra e Remanso Apresentaram maior temperatura média anual, com 26,67 e 26,38 °C, respectivamente.

Já os municípios que apresentaram menor temperatura média anual foram o de Barreiras, com 24,87°C, e o de Santa Rita de Cássia, com 24,97°C. Em todos os municípios o mês de outubro corresponde ao mês de maior temperatura média e o mês de Junho e julho os de menores temperaturas médias.

A Figura 2 Apresenta a relação média mensal entre a Precipitação Pluviométrica, Umidade Relativa e Temperatura Média do Ar dos municípios de estudo presentes na região, durante os 41 anos de observação. É possível perceber de forma mais clara a distribuição temporal da precipitação, e sua associação com as outras variáveis meteorológicas. Grande atenção deve ser prestada no mês de outubro, onde ocorre o retorno das precipitações, mesmo que em baixos volumes de água, favorecendo um aumento a umidade relativa do ar, e por ser caracterizado como o mês de transição entre a estação seca e a estação chuvosa, ocorre maior temperatura média do ar durante o ano.

Entre os meses de dezembro e março acontece um comportamento constante da Temperatura do ar e a Umidade relativa, isto se deve a influência da precipitação, que durante esse período de tempo, já se encontra estabilizada. Observa-se registros de temperatura mais amena no bimestre junho-julho condicionando a baixa energia do ar com raras entrada de umidade na atmosfera por meio da precipitação pluvial.

A umidade relativa do ar está associada ao movimento das massas de ar e à transferência de água do estado líquido para o gasoso, por meio da evapotranspiração das plantas e das superfícies evaporativas. Como evidenciado anteriormente, nesta região o período de chuvas inicia-se em outubro, estendendo-se até meados do mês de abril, justificando desta forma, a ocorrência dos maiores valores médios entre os meses de janeiro a março. Em relação os menores valores no mês de setembro, os mesmos ocorreram em função de um cumulativo de dias praticamente sem precipitação, compreendendo um período de cinco meses sem precipitação na região, maio a setembro.

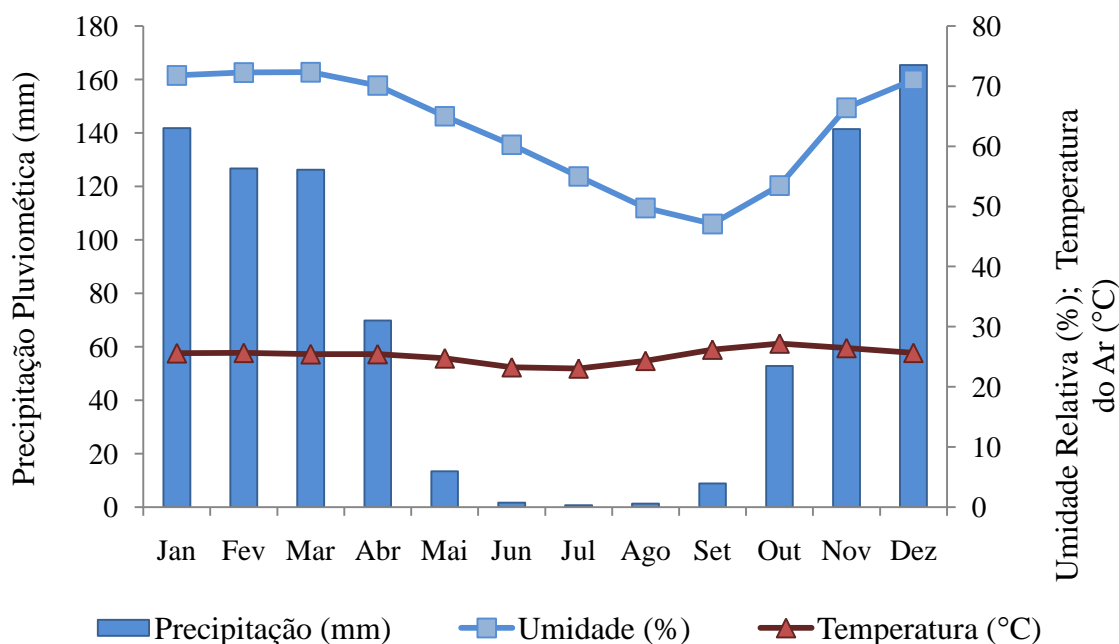


Figura 2 – Relação média mensal entre a Precipitação Pluviométrica (mm), Umidade Relativa (%) e Temperatura Média do Ar (°C) dos municípios de estudo presentes na região Oeste da Bahia, cuja série de dados é de 1975 a 2015.

A ocorrência dos maiores valores de temperatura na estação seca da região acontecem em função da falta de precipitação e conseqüentemente menor umidade relativa do ar, principalmente nos últimos anos do período analisado. Ainda, a ocorrência dos veranicos propiciou o aumento da oscilação dos valores médios mensais das temperaturas de cada ano, que conseqüentemente aumenta a variabilidade dos dados durante o período analisado.

CONCLUSÕES

A distribuição temporal das variáveis meteorológicas está inteiramente relacionada com a influência que uma possui sobre a outra, principalmente da precipitação. Nos meses que ocorrem precipitações, mesmo que em baixos volumes de água, favorecendo um aumento a umidade relativa do ar, e uma estabilização da temperatura. Porém, quando a temperatura se encontra elevada, devido à falta de precipitação, há um decréscimo da umidade relativa. Desta forma, existe uma relação direta entre a precipitação e a umidade, e relação inversa entre a precipitação e a temperatura do ar.

REFERÊNCIAS

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T. Variabilidade temporal e espacial do tamanho de amostra da temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, v.36, n.4, p.1156-1163, 2006.

FALCÃO, R. M. et al. *Análise da variação da umidade relativa do ar do Pico da Bandeira, Parque Nacional Alto Caparaó, Brasil*. Tema 3 – Geodinâmicas: entre os processos naturais e socioambientais. VI Seminário Latino-Americano de Geografia

Física. II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, Maio de 2010.

FOLHES, M. T.; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 1, n. 1, p. 61-71, 2006.

GARDIMAN JÚNIOR, B. S.; MAGALHÃES, I. A. L.; FREITAS, C. A. A.; CECÍLIO, R. A. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). **Ambiência**, Guarapuava, v.8, n.1, p.61-71, 2012.

INDRIUNAS, A. **Como funciona a umidade do ar**. Disponível em: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/umidade-do-ar.htm>. Acesso em: 01 de agosto de 2016.

JIMENEZ, K. Q.; DOMEQ, F. M. **Estimação de chuva usando métodos de interpolação**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.16, 2008.

LUDMILA BARDIN et al. Estimativa das temperaturas máximas e mínimas do ar para a região do Circuito das Frutas, SP. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.6, p.618-624, 2010.

OLIVEIRA, L. L. et al. Mapas dos parâmetros climatológicos do estado do Pará: umidade, temperatura e insolação, médias anuais. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 13, 7 2004, Fortaleza. Anais... Fortaleza: 2004.

PEREIRA, A. R.; ANGELOGGI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 487 p.

Pezzopane, J. R. M.; Santos, E. A.; Eleutério, M. M.; Reis, E. F.; Santos, A. R. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.1, p.151-158, 2004.

S. DE S. MEDEIROS et al. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p.247-255, 2005.

SALVIANO, M. F.; GROppo, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, 64-73, 2016.

SOUZA J. L. L. L.; et al. Avaliação de métodos de interpolação aplicados à espacialização das chuvas no território identidade Portal do Sertão / Bahia. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE, Curitiba, PR, 2011.**

SEMEADURA DA SOJA BASEADA NA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DIAS SECOS E CHUVOSOS EM BARREIRAS

Marcos Antonio Vanderlei Silva¹, Charles Cardoso Santana², Silas Alves de Souza²,
Gutemberg Porto de Araújo², Alberto Nascimento da Silva³

¹ Professor Dr. da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: maavsilva@uneb.br ² Acadêmicos do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: santana.agr@hotmail.com; ³ Doutorando em Agronomia, UNB (Universidade de Brasília), Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, DF, Email: albertons28@hotmail.com

RESUMO: O trabalho teve como objetivo a determinação das probabilidades de ocorrência de períodos secos e chuvosos na cidade de Barreiras, BA, a partir de uma série de 66 anos de dados diários de precipitação pluvial, visando auxiliar o planejamento de sistemas de irrigação e o manejo da mesma para a cultura. Foram considerados como dias secos, os que apresentaram precipitação inferior à evapotranspiração da cultura da soja, ET soja. O trabalho foi realizado para as fases de floração e enchimento de grãos a partir de sete datas de semeadura DS (1/10, 16/10, 31/10, 15/11, 01/12, 16/12, 31/12) As chances de ocorrência dos períodos secos e chuvosos foram estimadas mediante o uso da cadeia de *Markov*. De acordo com os resultados, percebe-se que as probabilidades de ocorrerem dias secos foram sempre superiores as probabilidades de ocorrerem dias chuvosos. A melhor época para início de cultivo de sequeiro ocorre entre 01/10 e 16/10 devido a menor probabilidade de ocorrência de veranico.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação suplementar, déficit hídrico, *Glycine Max*.

SOYBEAN SOWING BASED ON PROBABILITIES OF OCCURRENCE OF DRY AND RAINY DAYS IN BARREIRAS.

ABSTRACT: The study aimed to determine soybean-sowing dates based on probabilities of occurrence of dry and rainy periods of Barreiras, BA, from a series of 66 years of daily rainfall data, aiming to help the planning of irrigation systems and management for the same culture. It were considered as dry days, those who had precipitation below the evapotranspiration of soybean, soybean ET. The work was performed for the stages of flowering and grain filling from seven sowing dates DS (1/10, 16/10, 31/10, 15/11, 01/12, 16/12, 31/12) the chances of occurrence of dry and rainy periods were estimated by using the Markov chain. According to the results, it is clear that the probabilities of occurrence of dry days were always greater than the probability of occurrence of rainy days. The best time to start cultivation is between 01/10 and 16/10 due to lower probability of moisture stress.

.KEY-WORDS: Irrigation supplemental, water deficit, *Glycine Max*.

INTRODUÇÃO

A expansão da cultura da soja no oeste baiano deveu-se a uma serie de fatores naturais como condições edafoclimáticas favoráveis e a recursos tecnológicos sendo uns dos principais, os avanços dos sistemas de irrigação utilizados na cultura.

Em termos de estratégias de manejo, sabe-se que as modificações de datas de semeadura podem interferir nas necessidades hídricas totais para que a complementação hídrica adequada, no período onde a deficiência é mais severa, possa ser manejada de modo a minimizar as perdas de produtividade decorrentes da escassez.

Segundo Vivan et al. (2010) os reduzidos níveis de produtividade apresentados pela cultura devido a deficiências hídricas expressam a necessidade da incorporação de técnicas mais eficientes de condução da atividade agrícola, dentre as quais sobressai o manejo de irrigação suplementar. Dessa forma o conhecimento da estimativa da disponibilidade hídrica, ou seja, período chuvoso e dias secos ao longo do ciclo da cultura, permite a elaboração adequada de um planejamento de manejo e operação dos projetos de irrigação, permitindo a tomada de decisão sobre planos ótimos de cultivo e ocupação de área para produção econômica com base na água disponível (VIVAN, 2010).

O presente trabalho tem como objetivo o estudo da probabilidade de ocorrência de dia secos e chuvosos na cidade de Barreiras BA a partir de uma série de 66 anos de dados diários de precipitação pluvial.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise agroclimática foi realizada em uma série de 66 anos (1947 a 2012) de dados diários de precipitação da Estação Climatológica Principal pertencente ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizada em Barreiras, BA (Lat. 12° 09' 10", Long. 44° 59' 24" e Alt. 430 m). Na definição de ocorrências de chuva foram consideradas apenas as precipitações pluviais superiores ou iguais à evapotranspiração diária da cultura da soja, ETsoja (calculada relacionando a evapotranspiração de referência, ETo, com coeficiente da cultura da soja, Kc). Assim, um dia foi considerado seco (com déficit de chuva) quando a precipitação foi menor ou igual a ETsoja e chuvoso na situação contrária. Na análise, considerou-se o número de sequências de dias com e sem chuva dentro da fase FIII, que representa o início do florescimento até a formação de grãos e o final da formação de grãos até o início da maturação, para sete diferentes datas de semeadura DS (01/10, 16/10, 31/10, 15/11, 01/12, 16/12 e 31/12). Adotou-se esse critério para a escolha da FIII, pois segundo EMBRAPA (1999) a cultura da soja apresenta necessidade hídrica crescente durante o desenvolvimento da planta, atingindo o pico durante a floração-enchimento de grãos (7-8 mm/dia) e, decrescendo após esse período.

Para a estimativa da probabilidade de ocorrência de períodos secos P(S) e chuvosos P(C), utilizou-se o processo baseado na cadeia de Markov por meio das seguintes equações:

$$P(S) = \frac{\sum DS}{\sum (DS+DC)} \quad (1)$$

$$P(C) = 1 - P(S) \quad (2)$$

em que DS é o dia seco e DC o chuvoso. O cálculo das probabilidades condicionais foi efetuado por meio das equações propostas por Fietz et al. (1998) e Andrade Júnior et al. (2001):

$$P(S|S) = \frac{\sum DSS}{\sum DS} \quad (3)$$

$$P(s) = 1 - P(S|S) \quad (4)$$

$$P(C|C) = \frac{\sum DCC}{\sum DC} \quad (5)$$

$$P(S|C) = 1 - P(C|C) \quad (6)$$

em que DSS é o dia seco precedido de dia seco; DCC o dia chuvoso precedido de dia chuvoso; P(S|S) a probabilidade de ocorrência de um dia seco, sendo o dia anterior seco; P(C|S) a possibilidade de ocorrência de um dia chuvoso, sendo o anterior seco; P(S|C) a probabilidade de ocorrência de um dia seco, sendo o anterior chuvoso; e P(C|C) a chance de ocorrência de um dia chuvoso, sendo o anterior chuvoso. As probabilidades de ocorrência de dias consecutivos secos, P(S,n), ou chuvosos, P(C,n), foram calculadas pelas expressões a seguir (VIANA *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2010):

$$P(S, n) = P(S) \times P(S|S)^{n-1} \quad (7)$$

$$P(C, n) = P(C) \times P(C|C)^{n-1} \quad (8)$$

em que “n” representa o número de dias consecutivos do período considerado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da Tabela 2, percebe-se que as probabilidades de ocorrerem dias secos foram sempre superiores as probabilidades de ocorrerem dias chuvosos. A menor chance de ocorrerem dias secos foi verificada na data de semeadura (DS) 01/10. Para as DS estudadas a medida que avança a escolha da semeadura identifica-se uma tendência de acontecer incremento na probabilidade de ocorrência de dias secos.

Tabela 1. Data de semeadura (DS), probabilidade de ocorrência de períodos secos (S), períodos chuvosos (C) e probabilidades condicionais na Fase III.

Subperíodo							
DS	FIII	P(S)	P(C)	P(S/S)	P(C/S)	P(C/C)	P(S/C)
01/out	20/11-18/01	76,52	23,48	67,75	32,25	49,69	50,31
16/out	05/12-02/02	77,4	22,6	84,24	15,76	45,84	54,16
31/out	20/12-17/02	78,89	21,11	84,93	15,07	43,33	56,67
15/nov	04/01-04/03	81,11	18,89	85,43	14,57	37,38	62,62
01/dez	20/01-20/03	80,93	19,07	85,28	14,72	37,32	62,68
16/dez	04/02-04/04	82,6	17,4	85,94	14,06	33,09	66,91
31/dez	19/02-19/04	84,17	15,83	86,83	13,17	29,76	70,24

Com exceção da DS 01/10 a probabilidade de persistir um déficit hídrico com um dia anterior seco ultrapassa 80% para as demais datas. Dessa forma o irrigante deve incluir no seu manejo o monitoramento da probabilidade de um dia chuvoso preceder

outro dia chuvoso cuja tendência é diminuir a medida em que a escolha da semeadura se prolongue até o mês de dezembro. Essa queda percentual chega a 1/3 de possibilidade na semeadura de dezembro. Assim, déficits hídricos expressivos provocam alterações fisiologias na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas e, como consequência, a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultado, por fim, em redução do rendimento de grãos (EMBRAPA, 1999).

No período de dezembro a abril foi observado a ocorrência de cinco dias consecutivos de déficit hídrico com probabilidade em torno de 40% (tabela 2). Quanto a persistência de dez dias seguidos sem chuva verifica-se que a semeadura a partir de 16/12 poderia indicar a ocorrência dessa sequência em um a cada quatro anos. Além do prejuízo no uso consultivo de água uma sequência de dez dias sem chuva na FIII, que compreende o tempo de início da reprodução, afetaria negativamente o manejo fitossanitário, uma vez que o predomínio de veranicos retira a eficiência dos inseticidas fumigantes e de ação sistêmica. Dessa forma a estimativa das probabilidades da transição entre dias secos e chuvosos são de grande importância para a otimização do planejamento das atividades agrícolas, como um todo, pois contribuem de forma decisiva para a tomada de decisão quanto as épocas de plantio, para a avaliação do risco de deficiência hídrica e para o dimensionamento e manejo dos sistemas irrigados (KELLER FILHO et al, 2006).

Destaca-se que tanto para período seco quanto para chuvoso a sequência de vinte dias a probabilidade praticamente é nula.

Tabela 2. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos para um número de dias específicos (5,10 e 20 dias consecutivos)

DS	Período FIII	P(S,5)	P(S,10)	P(S,20)	P(C,5)	P(C,10)	P(C,20)
01/10	20/11-18/01	16,12	2,30	0,00	1,43	0,04	0,00
16/10	05/12-02/02	38,98	16,54	0,00	1,00	0,02	0,00
31/10	20/12-17/02	41,05	18,14	0,00	0,74	0,01	0,00
15/11	04/01-04/03	43,19	19,65	0,00	0,37	0,00	0,00
01/12	20/01-20/03	42,80	19,30	0,00	0,37	0,00	0,00
16/12	04/02-04/04	45,06	21,13	0,00	0,21	0,00	0,00
31/12	19/02-19/04	47,84	23,61	0,00	0,12	0,00	0,00

CONCLUSÕES

A melhor época para o início do cultivo da soja ocorre entre 01/10 e 16/10 devido a menor probabilidade de ocorrência de veranico nesse período. De 31/10 a 31/12 demanda-se na tomada de decisões quanto ao planejamento e manejo agrícola visando a implementação da irrigação suplementar para a cultura da soja.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA SOJA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1999/2000.** Londrina: Embrapa/CNPSo, 1999.p. 2226. (Documentos, 132).

KELLER FILHO. T. et al. Análise da transição entre dias secos e chuvosos por meio da cadeia de *markov* de Terceira ordem. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v41, n 9, p1341-1349, set. 2006.

SILVA, M. A.V. et al.; Época de semeadura do milho para a região de Sete Lagoas, MG, baseada na probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.4, p. 454-458, jul/ago, 2010.

VIANA T.V. de. et al. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos em Pentecostes, CE. **Irriga**, n.7, p.226-229. 2002.

VIVAN, G.A; **Resposta da irrigação suplementar em diferentes cenários para a cultura da soja na microregião de passo fundo**. 2010. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SEMEADURA DA SOJA BASEADA NA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DIAS SECOS E CHUVOSOS EM BARREIRAS

Marcos Antonio Vanderlei Silva¹, Charles Cardoso Santana², Silas Alves de Souza²,
Gutemberg Porto de Araújo², Alberto Nascimento da Silva³

¹ Professor Dr. da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: maavsilva@uneb.br ² Acadêmicos do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: santana.agr@hotmail.com; ³ Doutorando em Agronomia, UNB (Universidade de Brasília), Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, DF, Email: albertons28@hotmail.com

RESUMO: O trabalho teve como objetivo a determinação das probabilidades de ocorrência de períodos secos e chuvosos na cidade de Barreiras, BA, a partir de uma série de 66 anos de dados diários de precipitação pluvial, visando auxiliar o planejamento de sistemas de irrigação e o manejo da mesma para a cultura. Foram considerados como dias secos, os que apresentaram precipitação inferior à evapotranspiração da cultura da soja, ET soja. O trabalho foi realizado para as fases de floração e enchimento de grãos a partir de sete datas de semeadura DS (1/10, 16/10, 31/10, 15/11, 01/12, 16/12, 31/12) As chances de ocorrência dos períodos secos e chuvosos foram estimadas mediante o uso da cadeia de *Markov*. De acordo com os resultados, percebe-se que as probabilidades de ocorrerem dias secos foram sempre superiores as probabilidades de ocorrerem dias chuvosos. A melhor época para início de cultivo de sequeiro ocorre entre 01/10 e 16/10 devido a menor probabilidade de ocorrência de veranico.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação suplementar, déficit hídrico, *Glycine Max*.

SOYBEAN SOWING BASED ON PROBABILITIES OF OCCURRENCE OF DRY AND RAINY DAYS IN BARREIRAS.

ABSTRACT: The study aimed to determine soybean-sowing dates based on probabilities of occurrence of dry and rainy periods of Barreiras, BA, from a series of 66 years of daily rainfall data, aiming to help the planning of irrigation systems and management for the same culture. It were considered as dry days, those who had precipitation below the evapotranspiration of soybean, soybean ET. The work was performed for the stages of flowering and grain filling from seven sowing dates DS (1/10, 16/10, 31/10, 15/11, 01/12, 16/12, 31/12) the chances of occurrence of dry and rainy periods were estimated by using the Markov chain. According to the results, it is clear that the probabilities of occurrence of dry days were always greater than the probability of occurrence of rainy days. The best time to start cultivation is between 01/10 and 16/10 due to lower probability of moisture stress.

.KEY-WORDS: Irrigation supplemental, water deficit, *Glycine Max*.

INTRODUÇÃO

A expansão da cultura da soja no oeste baiano deveu-se a uma serie de fatores naturais como condições edafoclimáticas favoráveis e a recursos tecnológicos sendo uns dos principais, os avanços dos sistemas de irrigação utilizados na cultura.

Em termos de estratégias de manejo, sabe-se que as modificações de datas de semeadura podem interferir nas necessidades hídricas totais para que a complementação hídrica adequada, no período onde a deficiência é mais severa, possa ser manejada de modo a minimizar as perdas de produtividade decorrentes da escassez.

Segundo Vivan et al. (2010) os reduzidos níveis de produtividade apresentados pela cultura devido a deficiências hídricas expressam a necessidade da incorporação de técnicas mais eficientes de condução da atividade agrícola, dentre as quais sobressai o manejo de irrigação suplementar. Dessa forma o conhecimento da estimativa da disponibilidade hídrica, ou seja, período chuvoso e dias secos ao longo do ciclo da cultura, permite a elaboração adequada de um planejamento de manejo e operação dos projetos de irrigação, permitindo a tomada de decisão sobre planos ótimos de cultivo e ocupação de área para produção econômica com base na água disponível (VIVAN, 2010).

O presente trabalho tem como objetivo o estudo da probabilidade de ocorrência de dias secos e chuvosos na cidade de Barreiras BA a partir de uma série de 66 anos de dados diários de precipitação pluvial.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise agroclimática foi realizada em uma série de 66 anos (1947 a 2012) de dados diários de precipitação da Estação Climatológica Principal pertencente ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizada em Barreiras, BA (Lat. 12° 09' 10", Long. 44° 59' 24" e Alt. 430 m). Na definição de ocorrências de chuva foram consideradas apenas as precipitações pluviais superiores ou iguais à evapotranspiração diária da cultura da soja, ETsoja (calculada relacionando a evapotranspiração de referência, ETo, com coeficiente da cultura da soja, Kc). Assim, um dia foi considerado seco (com déficit de chuva) quando a precipitação foi menor ou igual a ETsoja e chuvoso na situação contrária. Na análise, considerou-se o número de sequências de dias com e sem chuva dentro da fase FIII, que representa o início do florescimento até a formação de grãos e o final da formação de grãos até o início da maturação, para sete diferentes datas de semeadura DS (01/10, 16/10, 31/10, 15/11, 01/12, 16/12 e 31/12). Adotou-se esse critério para a escolha da FIII, pois segundo EMBRAPA (1999) a cultura da soja apresenta necessidade hídrica crescente durante o desenvolvimento da planta, atingindo o pico durante a floração-enchimento de grãos (7-8 mm/dia) e, decrescendo após esse período.

Para a estimativa da probabilidade de ocorrência de períodos secos P(S) e chuvosos P(C), utilizou-se o processo baseado na cadeia de Markov por meio das seguintes equações:

$$P(S) = \frac{\sum DS}{\sum (DS+DC)} \quad (1)$$

$$P(C) = 1 - P(S) \quad (2)$$

em que DS é o dia seco e DC o chuvoso. O cálculo das probabilidades condicionais foi efetuado por meio das equações propostas por Fietz et al. (1998) e Andrade Júnior et al. (2001):

$$P(S|S) = \frac{\sum DSS}{\sum DS} \quad (3)$$

$$P(s) = 1 - P(S|S) \quad (4)$$

$$P(C|C) = \frac{\sum DCC}{\sum DC} \quad (5)$$

$$P(S|C) = 1 - P(C|C) \quad (6)$$

em que DSS é o dia seco precedido de dia seco; DCC o dia chuvoso precedido de dia chuvoso; P(S|S) a probabilidade de ocorrência de um dia seco, sendo o dia anterior seco; P(C|S) a possibilidade de ocorrência de um dia chuvoso, sendo o anterior seco; P(S|C) a probabilidade de ocorrência de um dia seco, sendo o anterior chuvoso; e P(C|C) a chance de ocorrência de um dia chuvoso, sendo o anterior chuvoso. As probabilidades de ocorrência de dias consecutivos secos, P(S,n), ou chuvosos, P(C,n), foram calculadas pelas expressões a seguir (VIANA *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2010):

$$P(S, n) = P(S) \times P(S|S)^{n-1} \quad (7)$$

$$P(C, n) = P(C) \times P(C|C)^{n-1} \quad (8)$$

em que “n” representa o número de dias consecutivos do período considerado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da Tabela 2, percebe-se que as probabilidades de ocorrerem dias secos foram sempre superiores as probabilidades de ocorrerem dias chuvosos. A menor chance de ocorrerem dias secos foi verificada na data de semeadura (DS) 01/10. Para as DS estudadas a medida que avança a escolha da semeadura identifica-se uma tendência de acontecer incremento na probabilidade de ocorrência de dias secos.

Tabela 1. Data de semeadura (DS), probabilidade de ocorrência de períodos secos (S), períodos chuvosos (C) e probabilidades condicionais na Fase III.

Subperíodo							
DS	FIII	P(S)	P(C)	P(S/S)	P(C/S)	P(C/C)	P(S/C)
01/out	20/11-18/01	76,52	23,48	67,75	32,25	49,69	50,31
16/out	05/12-02/02	77,4	22,6	84,24	15,76	45,84	54,16
31/out	20/12-17/02	78,89	21,11	84,93	15,07	43,33	56,67
15/nov	04/01-04/03	81,11	18,89	85,43	14,57	37,38	62,62
01/dez	20/01-20/03	80,93	19,07	85,28	14,72	37,32	62,68
16/dez	04/02-04/04	82,6	17,4	85,94	14,06	33,09	66,91
31/dez	19/02-19/04	84,17	15,83	86,83	13,17	29,76	70,24

Com exceção da DS 01/10 a probabilidade de persistir um déficit hídrico com um dia anterior seco ultrapassa 80% para as demais datas. Dessa forma o irrigante deve incluir no seu manejo o monitoramento da probabilidade de um dia chuvoso preceder

outro dia chuvoso cuja tendência é diminuir a medida em que a escolha da semeadura se prolongue até o mês de dezembro. Essa queda percentual chega a 1/3 de possibilidade na semeadura de dezembro. Assim, déficits hídricos expressivos provocam alterações fisiologias na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas e, como consequência, a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultado, por fim, em redução do rendimento de grãos (EMBRAPA, 1999).

No período de dezembro a abril foi observado a ocorrência de cinco dias consecutivos de déficit hídrico com probabilidade em torno de 40% (tabela 2). Quanto a persistência de dez dias seguidos sem chuva verifica-se que a semeadura a partir de 16/12 poderia indicar a ocorrência dessa sequência em um a cada quatro anos. Além do prejuízo no uso consultivo de água uma sequência de dez dias sem chuva na FIII, que compreende o tempo de início da reprodução, afetaria negativamente o manejo fitossanitário, uma vez que o predomínio de veranicos retira a eficiência dos inseticidas fumigantes e de ação sistêmica. Dessa forma a estimativa das probabilidades da transição entre dias secos e chuvosos são de grande importância para a otimização do planejamento das atividades agrícolas, como um todo, pois contribuem de forma decisiva para a tomada de decisão quanto as épocas de plantio, para a avaliação do risco de deficiência hídrica e para o dimensionamento e manejo dos sistemas irrigados (KELLER FILHO et al, 2006).

Destaca-se que tanto para período seco quanto para chuvoso a sequência de vinte dias a probabilidade praticamente é nula.

Tabela 2. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos para um número de dias específicos (5,10 e 20 dias consecutivos)

DS	Período FIII	P(S,5)	P(S,10)	P(S,20)	P(C,5)	P(C,10)	P(C,20)
01/10	20/11-18/01	16,12	2,30	0,00	1,43	0,04	0,00
16/10	05/12-02/02	38,98	16,54	0,00	1,00	0,02	0,00
31/10	20/12-17/02	41,05	18,14	0,00	0,74	0,01	0,00
15/11	04/01-04/03	43,19	19,65	0,00	0,37	0,00	0,00
01/12	20/01-20/03	42,80	19,30	0,00	0,37	0,00	0,00
16/12	04/02-04/04	45,06	21,13	0,00	0,21	0,00	0,00
31/12	19/02-19/04	47,84	23,61	0,00	0,12	0,00	0,00

CONCLUSÕES

A melhor época para o início do cultivo da soja ocorre entre 01/10 e 16/10 devido a menor probabilidade de ocorrência de veranico nesse período. De 31/10 a 31/12 demanda-se na tomada de decisões quanto ao planejamento e manejo agrícola visando a implementação da irrigação suplementar para a cultura da soja.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA SOJA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1999/2000.** Londrina: Embrapa/CNPSo, 1999.p. 2226. (Documentos, 132).

KELLER FILHO. T. et al. Análise da transição entre dias secos e chuvosos por meio da cadeia de *markov* de Terceira ordem. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v41, n 9, p1341-1349, set. 2006.

SILVA, M. A.V. et al.; Época de semeadura do milho para a região de Sete Lagoas, MG, baseada na probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.4, p. 454-458, jul/ago, 2010.

VIANA T.V. de. et al. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos em Pentecostes, CE. **Irriga**, n.7, p.226-229. 2002.

VIVAN, G.A; **Resposta da irrigação suplementar em diferentes cenários para a cultura da soja na microregião de passo fundo**. 2010. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

CAMADA LIMITE ATMOSFÉRICA FORMADA SOB ATUAÇÃO DE SISTEMAS PRECIPITANTES EM FORTALEZA: ESTUDO DE CASO

Fellipe Pereira¹, Clênia Rodrigues Alcântara²

¹Doutorando em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, fpereirasv@gmail.com; ²Professora Associada Doutora em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, clenialcantara@ufcg.edu.br

RESUMO: O presente estudo utiliza um método, baseado no perfil vertical da temperatura potencial virtual, que possibilita a obtenção da altura da Camada Limite Atmosférica (CLA) na região de Fortaleza – CE, para casos específicos no mês de abril de 2011, a partir de dados obtidos através de radiossondagem. Para a observação da CLA formada e comparação dos resultados, dois casos são considerados: a) CLA formada em um dia com a atuação de sistemas de escala superior; b) CLA formada em um dia em que esse tipo de sistema não foi observado. Além disso, imagens de satélite foram utilizadas para comprovação da presença ou ausência da nebulosidade típica destes sistemas produtores de chuva. Os resultados preliminares encontrados apontam para a possível influência de sistemas atmosféricos de escala maior no desenvolvimento da CLA na área costeira de Fortaleza, onde, no dia estudado em que foram identificados sistemas atmosféricos, a CLA se desenvolveu menos, alcançando uma profundidade menor que a CLA que se desenvolveu no dia em que não haviam sistemas atmosféricos atuantes naquela área.

PALAVRAS-CHAVE: Radiossondagem, Temperatura Potencial Virtual, Projeto Chuva, Fortaleza, Camada Limite Atmosférica, Micrometeorologia.

ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER FORMED UNDER PRECIPITANT SYSTEMS IN FORTALEZA: CASE STUDY

ABSTRACT: This study used a method, based on the virtual potential temperature vertical profile, that make possible to obtain the height of the Atmospheric Boundary Layer (ABL) on area of Fortaleza - CE, for specific cases in April 2011, from dataset obtained by radiosonde. For observation the formed ABL and comparison of results, two cases were considered: a) ABL formed in a day with larger scale systems action; b) ABL formed on day without larger scale systems action. In addition, it was used satellite images to prove the presence or absence of cloudiness typical of these rain producers systems. Preliminary results point for possible influence of larger scale atmospheric systems in the development of ABL in the coastal area of Fortaleza, where, on days in which weather systems were identified, the ABL has developed less than the ABL which developed in days without weather systems in that area.

KEY-WORDS: Radiosound, Virtual Potential Temperature, Projeto Chuva, Fortaleza, Atmospheric Boundary Layer, Micrometeorology.

INTRODUÇÃO

A intensidade, o grau e a continuidade da atividade turbulenta na Camada Limite Atmosférica (CLA) são regidos pelas características dos processos que interagem entre si (MAHRT, 2014). Dessa forma, a representação da CLA pode ser um fator decisivo para diferentes aplicações, como melhorias em técnicas agrícolas, previsão numérica de tempo, controle e monitoramento da qualidade do ar, além da modelagem de tempo e climática (BAKLANOV et al., 2010). Uma variável importante a ser considerada na

CLA é a altura do seu topo, levando a um grande interesse na determinação dessa característica (BAARS et al., 2008; GRANADOS-MUÑOS et al., 2012).

Compreender o comportamento da CLA é um importante pré-requisito para entender como mudanças na superfície terrestre se traduzirão em mudanças na dinâmica e termodinâmica da circulação em grande escala e, por outro lado, como mudanças na circulação atmosférica modificarão a superfície e os fluxos de superfície (FISCH et al., 2004).

Stull (1988) e Arya (1988) mostraram que em áreas onde há movimento subsidente na atmosfera, em baixo há divergência de massa no escoamento e, conseqüentemente, a CLA pode ser impelida para baixo. Por outro lado, se há a presença de nuvens, o escoamento convergente e movimento ascendente tendem a empurrar o topo da CLA para cima. Carneiro et al. (2016) concluíram que, na época seca, a CLA mostra-se melhor estabelecida na fase convectiva, atingindo uma maior profundidade máxima em relação à estação chuvosa.

Com o intuito de se compreender o efeito local dos sistemas meteorológicos precipitantes de grande e mesoescala e caracterizar a CLA em uma área costeira, localizada na Região Metropolitana de Fortaleza – CE, o atual estudo foi desenvolvido comparando-se um dia com a presença de tais sistemas e um dia em que esses sistemas não estiveram presentes, sem associação à precipitação. Mediante a análise dos dados e baseado nos objetivos gerais propostos, espera-se determinar quais as características mais marcantes da CLA na costa do Ceará, quanto às principais variáveis atmosféricas e o quanto os sistemas de escala maior podem influenciar e/ou alterar estas características.

MATERIAL E MÉTODOS

O Projeto CHUVA (*Cloud processes of the main precipitation systems in Brazil: A contribution to cloud resolving modeling and to the GPM - Global Precipitation Measurement*) realizou experimentos de campo em sete sítios com diferentes padrões climáticos, tendo como principal objetivo, reduzir as incertezas na estimativa da precipitação e progredir no conhecimento dos processos das nuvens, principalmente, das nuvens quentes (CHUVA Project, 2009).

Dentre as sete campanhas do experimento, em abril de 2011 ocorreu a campanha em Fortaleza – CE. O acervo de dados resultante desta campanha serviu como fonte de informações para o desenvolvimento do atual estudo.

O método utilizado neste estudo para determinação das características da CLA é uma variação de um dos métodos também utilizados por Du et al. (2013). O método Liu (LIU; LIANG, 2010), que é baseado no perfil da temperatura potencial, é usado para avaliar a estabilidade da atmosfera a partir dos perfis verticais desta variável. Para análise dos resultados, o perfil vertical da temperatura potencial virtual foi determinado. A temperatura potencial virtual (θ_v) é a temperatura que o ar seco teria mantendo as mesmas condições de densidade do ar úmido estando nos mesmos níveis de pressão. Em outras palavras, duas amostras com a mesma temperatura potencial virtual têm a mesma densidade e estão no mesmo nível de pressão, apesar das suas temperaturas verdadeiras ou umidade. Dessa forma, espera-se que, a partir da observação desta variável, eventuais ruídos causados pela presença de umidade sejam corrigidos.

Esta variável é calculada da seguinte forma:

$$\theta_v = \theta(1 + 0,61q) \quad (1)$$

em que θ_v é a temperatura potencial virtual, θ é a temperatura potencial, ambas em K, e q é a umidade específica, em g/g, que é dada em função da pressão de vapor e , dada pela Equação de Tetens, que fornece a pressão de vapor de saturação, valor necessário para se obter a umidade específica utilizada na determinação de θ_v .

O equipamento utilizado para a coleta dos dados, neste experimento, foi o Digicora III®, produzido pela Vaisala, responsável pela recepção, processamento e encaminhamento de informações meteorológicas. Os lançamentos foram realizados na sede do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, no bairro de Passaré, em Fortaleza (3°49'12" S, 38°32'24" W).

Para a análise da Camada Limite Convectiva, os perfis aqui observados são das 18:00 UTC, ou 15:00 HL. Já para a análise voltada à evolução e caracterização da Camada Limite Noturna, os perfis observados são das 06:00 UTC, ou 03:00 HL. Os casos específicos observados neste estudo correspondem aos dias 07 de abril daquele ano, dia em que não foi identificado nenhum acumulado de chuva, e 09, dia em que foi identificado o segundo maior acumulado de chuva durante todo o período do experimento CHUVA Fortaleza. O dia 12, dia em que foi registrado o maior acumulado de chuva dentro do mês do experimento, não foi escolhido por possíveis inconsistências nos dados disponíveis.

Para a identificação de tais acumulados de chuva, utilizou-se o pluviômetro localizado na sede da Defesa Civil de Fortaleza (3°44'24" S, 38°33'8" O). As informações dos dias escolhidos neste estudo são semelhantes para os três pluviômetros utilizados, ou seja, no dia 07 não foram identificados acumulados de chuva em nenhum dos sítios e o dia 09 foi o segundo dia mais chuvoso no período do experimento em todos os três sítios.

Para comprovação da presença ou ausência de sistemas precipitantes, foram utilizadas imagens de satélite disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, com recortes da banda 2 do infravermelho do satélite GOES-12. Climatologicamente, o mês de abril é caracterizado pela influência da ZCIT na região norte do Nordeste Brasileiro. Dessa forma, a caracterização do ambiente sinótico se faz necessária e é realizada pela observação das imagens descritas.

A associação de informações trazidas nas imagens de satélite com as trazidas em imagens de radar pode ser de considerável importância para o entendimento do comportamento da CLA em ambientes sob a influência de sistemas de escala superior. Para isto, informações do micro radar utilizado no Projeto CHUVA também foram utilizadas.

O radar de apontamento vertical utilizado aqui também esteve instalado na sede da Defesa Civil de Fortaleza, cujo modelo – Keplel, 24.1 Ghz – é capaz de mensurar, dentre outras variáveis, o perfil espectral instantâneo ou médio de gotas, taxa de chuva e refletividade, sendo esta última a variável utilizada neste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Precipitação para o período do experimento CHUVA – Fortaleza

No presente estudo, o acumulado de chuva obtido através dos dados de pluviômetro serviu para observar o resultado da atuação de sistemas de meso e grande escalas através da identificação dos volumes de chuva provenientes. A Figura 1 mostra o acumulado diário de chuva obtido com o pluviômetro instalado na sede da Defesa Civil de Fortaleza, para o mês de abril de 2011. É possível identificar que o dia 09 de abril é o dia que apresenta o segundo maior acumulado de chuva em todo o período do experimento, chegando a 62,8 mm.

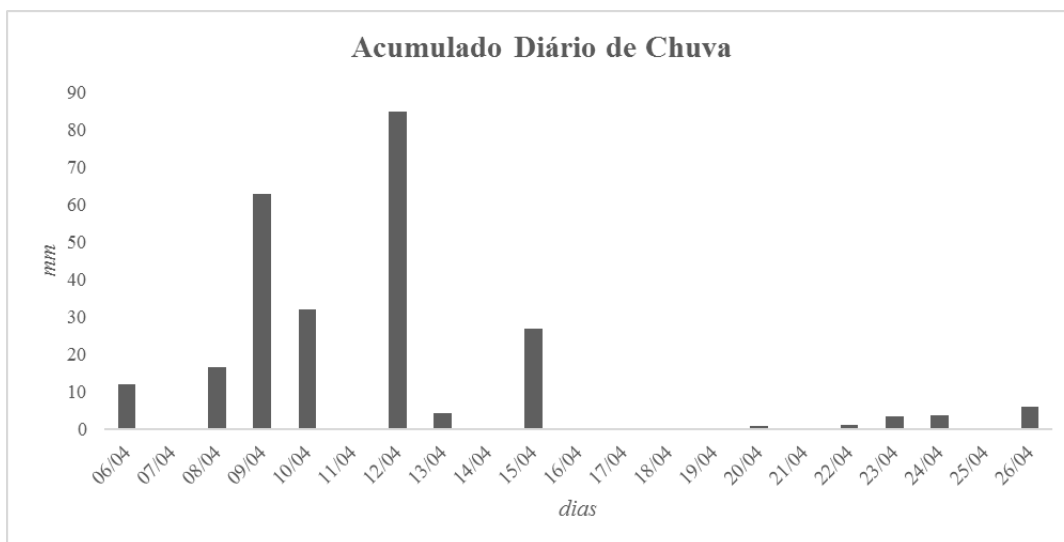


Figura 1. Acumulado diário de chuva na região de Fortaleza – CE para o período, dentro do experimento CHUVA em abril de 2011, utilizado nesta pesquisa.

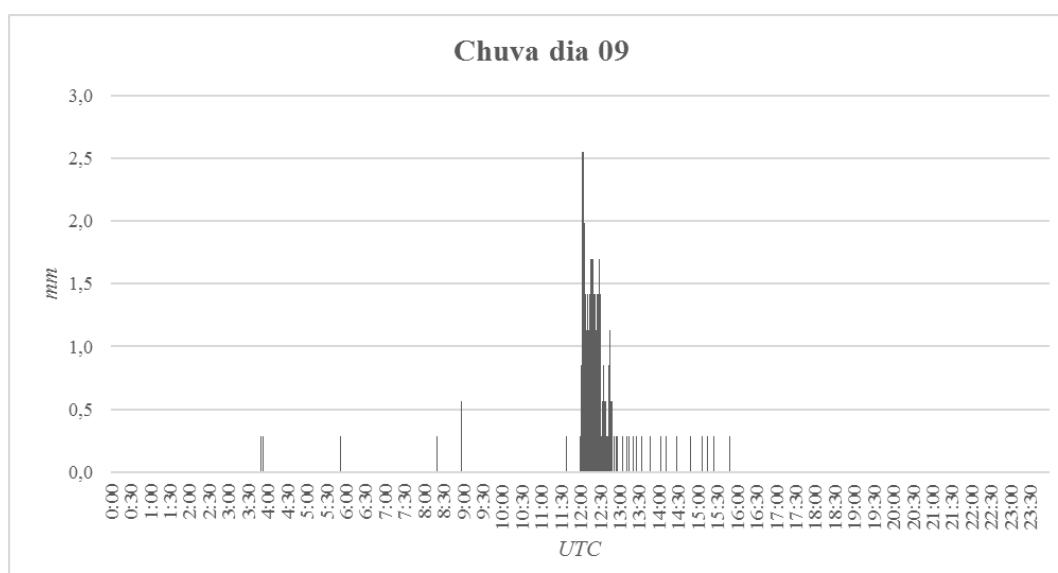


Figura 2. Distribuição no tempo (HL) do acumulado de chuva por minuto na região do experimento CHUVA - e Fortaleza para o dia 09 de abril de 2011.

Já o dia 07 do mesmo mês é um dos dias dentro do período do experimento em que o pluviômetro utilizado não identificou nenhum acumulado de chuva. Dessa forma, a comparação entre estes dois casos dá a possibilidade da observação da CLA formada sob duas condições diferentes, uma com a presença de sistemas atmosféricos causadores de precipitação (09) e da CLA formada sob condições opostas, em que o ambiente atmosférico não foi suficiente para formação de sistemas precipitantes (07).

Ainda de acordo com os dados do pluviômetro utilizado no experimento, é possível observar, como mostrado na Figura 2, o comportamento da chuva a cada minuto durante o dia estudado (09). Fica claro o período do dia em que foram identificados os acumulados de chuva, principalmente, entre 12:00 e 13:30 UTC, sendo ainda possível observar que a chuva ainda persistiu, de forma menos intensa, até 15:49 UTC, quando foi identificado o último volume de chuva daquele dia.

Caracterização da CLA por radiossondagem

Através das radiossondagens disponíveis e pela determinação do perfil vertical da temperatura potencial virtual, foi possível caracterizar a CLA em dois horários diferentes, às 06:00 UTC, 03:00 HL, sendo possível a caracterização e observação da evolução da CLN, e às 18:00 UTC, 15:00 HL, dando a possibilidade da caracterização e observação da evolução da CLC. A observação destes dois horários proporciona a análise da evolução do ciclo diurno completo da CLA.

Camada Limite Noturna

Os perfis de θ_v , para os dias 07 e 09 de abril, da CLA formada durante o período noturno, 06:00 UTC ou 03:00 HL, foram analisados e são mostrados na Figura 3.

A CLN é caracterizada por atmosfera estaticamente estável e com turbulência fraca. Os ventos próximos à superfície são mais fracos durante o período noturno, porém, os ventos nas camadas acima aceleram e caracterizam a presença de jatos de baixos níveis noturno – JBNN.

A partir da observação da Figura 3.a, antes do início da chuva naquele dia, e sabendo-se que a radiação solar não atua sobre a superfície, é possível identificar que a radiação de onda longa emitida pela superfície acarreta no arrefecimento da mesma. Sendo assim, as camadas mais inferiores da atmosfera perdem calor mais rapidamente que as camadas acima, gerando um gradiente vertical positivo na temperatura potencial virtual. Esta característica pode ser observada em toda extensão do perfil vertical trazido aqui, caracterizando uma atmosfera estável nos níveis mais baixos da atmosfera. A variável apresenta este gradiente positivo até o nível de 415 m, sendo possível apontar o topo da camada limite estável. Acima desta é possível identificar que θ_v não apresenta grande variação com a altura até o nível de 599 m, caracterizando uma camada de neutralidade, indicando a presença da camada residual. A zona de entranhamento não fica clara neste caso. O perfil de temperatura potencial virtual ainda indica uma possível instabilidade próxima à superfície.

Pela análise do perfil vertical da temperatura potencial virtual para o dia 07, também às 06:00 UTC (Figura 3.b), pode-se identificar que até o nível de 166 m, o perfil de θ_v experimenta uma forte estratificação estável, caracterizada pelo aumento desta variável com a altura. Esta característica de estabilidade é típica da CLA formada durante o período noturno, observada em todos os perfis analisados até aqui. Também é durante o período noturno, de acordo com Wallace e Hobbs (2006), em que a turbulência é gerada mecanicamente pelo cisalhamento vertical do vento, resultado da interação com a superfície.

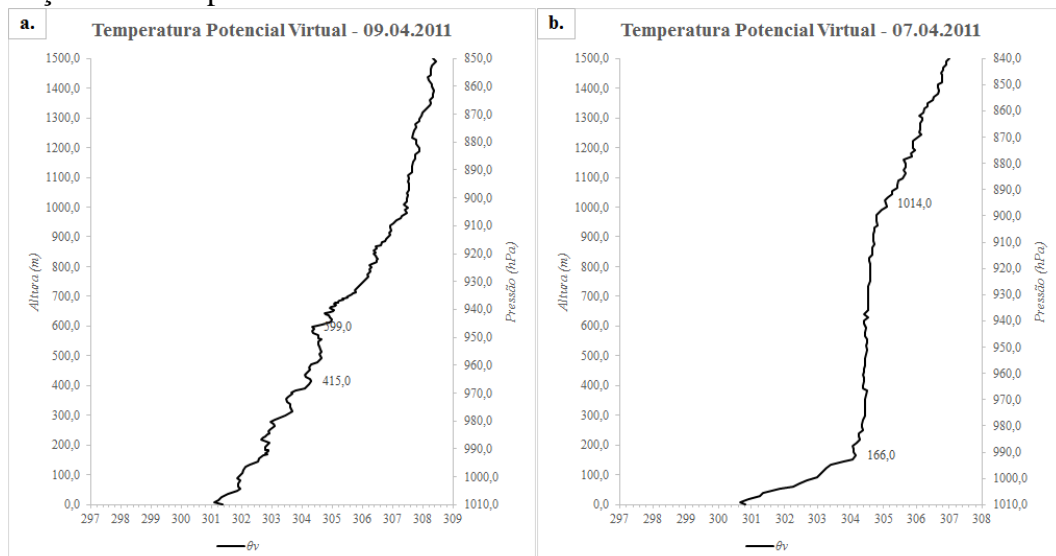


Figura 3. Perfil vertical da temperatura potencial virtual (θ_v), em unidade absoluta, para os dias a) 09 e c) 07 de abril de 2011, às 06:00 UTC.

Acima desta, pode-se observar uma camada de neutralidade, até 1014 m. Esta é a camada residual formada durante este período, resultado da camada de mistura formada no dia anterior.

Camada Limite Convectiva

A partir de agora, os resultados discutidos referem-se à evolução e caracterização da Camada Limite Convectiva, para tanto, os perfis analisados aqui são considerados os obtidos às 18:00 UTC, ou 15:00 HL, para os mesmos dias que na seção anterior.

No primeiro dia estudado (dia 09), mostrado na Figura 4.a, sabendo-se que este é o horário em que, normalmente, encontra-se o máximo de aquecimento, e que se dá após o fim da chuva, é possível identificar que, próximo à superfície, o perfil de θ_v apresenta a instabilidade atmosférica típica da camada superficial neste horário.

Neste dia específico, os maiores acumulados de chuva são identificados no período compreendido entre 12:00 e 13:30 UTC, sendo ainda possível observar que a chuva ainda persistiu, de forma menos intensa, até 15:49 UTC, quando foi identificado o último registro de chuva daquele dia. Esta especificidade neste dia leva a crer que a precipitação observada neste horário pode ter sido a causa para a camada instável, próxima à superfície, tenha sido rasa, até 28 m, pois o acumulado de chuva pode ter sido suficiente para encharcar o solo da região de estudo, e a presença da umidade tenha impedido o desenvolvimento dos fluxos turbulentos que poderiam se formar em resposta ao aquecimento da superfície.

Neste caso, a presença de umidade atua diretamente no balanço de energia próximo à superfície, ou seja, com a existência de água no solo, o fluxo de calor latente é maior que o fluxo de calor sensível, de modo que maior parte da energia vai ser utilizada para evaporar a água presente no solo, fazendo com que apenas uma pequena quantidade desta energia seja utilizada para aumento da temperatura, inibindo o desenvolvimento da instabilidade típica nas camadas inferiores da atmosfera e que caracteriza a camada superficial. Uma situação diferente é observada no dia 07, isto é, como não há a presença considerável de umidade no solo naquele dia, o fluxo de calor latente é menor que o fluxo de calor sensível, levando a maior parte da energia a ser utilizada para o aumento da temperatura à superfície.

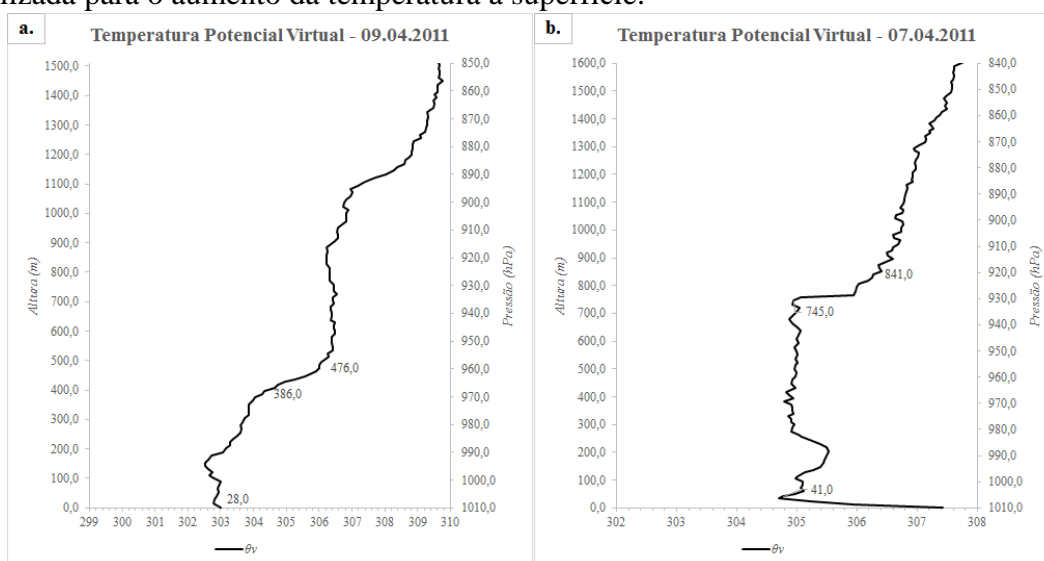


Figura 4. Perfil vertical da temperatura potencial virtual (θ_v), em unidade absoluta, para os dias a) 09 e c) 07 de abril de 2011, às 18:00 UTC.

Ainda levando em consideração a Figura 4.a, é possível observar uma camada de quase neutralidade a partir de níveis próximos à superfície, com um aumento de temperatura menor que 2 graus, e com o perfil da temperatura potencial virtual aproximadamente constante com a altura, até 386 m, indicando a formação da camada de mistura. Acima desta camada, o gradiente positivo observado nas duas variáveis caracteriza uma estratificação estável da atmosfera, até 476 m, indicando o topo da zona de entranhamento e, conseqüentemente, o topo da CLC formada naquele dia.

A Figura 4.b apresenta o perfil vertical da temperatura potencial virtual para um dia em que não é identificada a presença de sistemas meteorológicos precipitantes atuantes na região do estudo. Esta figura traz o perfil às 18:00 UTC para o dia 07 de abril de 2011. Pode-se identificar uma camada de instabilidade próxima à superfície, até 41 m. Entre os níveis de 41 e 745 m, o perfil de θ_v experimenta uma estratificação neutra, típica da camada de mistura, existente pela forte turbulência presente, fazendo com que as propriedades de fluxos e componentes em seu interior, como poluentes e partículas sólidas, sejam praticamente constantes.

O topo da zona de entranhamento, que coincide com o topo da CLC formada naquele dia, alcança níveis de aproximadamente 841 m, indicado pela camada de forte estabilidade acima da camada de mistura.

Comparando-se as duas situações, é possível concluir que a presença de umidade, proveniente da precipitação registrada, é de considerável importância para a evolução vertical da CLA. O solo encharcado acarreta no maior desenvolvimento do fluxo de calor latente quando comparado com o fluxo de calor sensível. Já em um solo seco, o oposto acontece, com o maior desenvolvimento do fluxo de calor sensível. Quando se leva em consideração a comparação entre estas duas situações, é necessário ponderar que a superfície com maior quantidade de umidade apresenta uma maior capacidade calorífica que a outra, acarretando no desenvolvimento do balanço de energia como já citado.

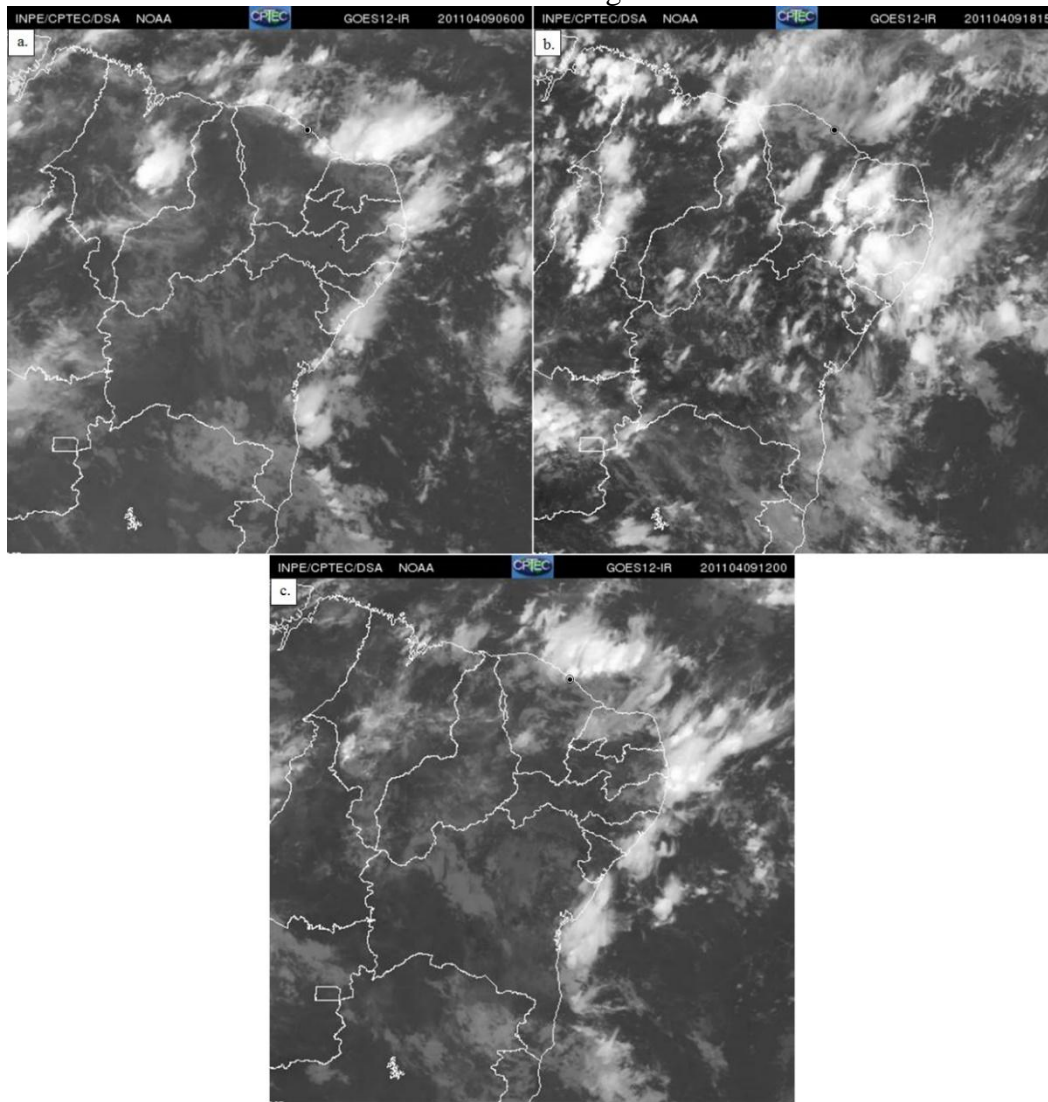
Através da análise dos resultados trazidos até aqui pode-se supor que estes não comprovam os resultados encontrados por Stull (1988), que afirma que a CLA formada sob condições que sofrem a influência de sistemas meteorológicos tende a ser mais profunda que a CLA formada sob condições opostas, em dias com ausência desse tipo de sistema. Tanto durante o período diurno quanto durante o período noturno, os resultados encontrados aqui diferem das afirmações de Stull (1988), visto que a CLA formada no dia 09 é mais rasa que a CLA formada no dia 07. Por outro lado, os resultados do atual estudo estão em concordância com os resultados de Gasparetto (2011), que encontrou um topo médio da CLA formada em dias sem chuva mais profundo que em dias chuvosos, com precipitação associada a aglomerados de nuvens e a Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM). Estes resultados também confirmam os resultados encontrados por outros autores (SILVA DIAS; REGNIER, 1996; GASPARETTO, 2011), que afirmam que a CLA desenvolvida em situações de maior umidade é mais rasa que a que se desenvolve em um ambiente seco. Por exemplo, Fisch et al. (2004) encontraram maiores profundidades da CLA durante estações secas que durante estações chuvosas na Amazônia. Carneiro et al. (2016), afirmam que na época seca, a CLA mostra-se melhor estabelecida, atingindo uma maior profundidade máxima em relação à estação chuvosa.

De uma forma geral, os resultados encontrados até aqui, para estes dias e perfis específicos, e levando em consideração que no horário exato das sondagens não havia

chuva, mostram que o ciclo diurno da CLA pode ser bem pronunciado e diferenciado quando colocado sob a influência de sistemas atmosféricos de escala superior, ou seja, tais sistemas influenciam no desenvolvimento vertical dessa camada.

Modificações na CLA induzidas por sistemas meteorológicos de escala superior

Climatologicamente, o mês de abril é caracterizado pela influência da ZCIT na região norte do NEB. Dessa forma, a caracterização do ambiente sinótico se faz necessária e é realizada pela observação das imagens descritas. A posição deste sistema, ao longo dos meses do ano, flutua de um lado e de outro da linha do Equador, o que pode ser chamado de marcha meridional da ZCIT. Sobre o oceano Atlântico Tropical, o cinturão de nuvens da ZCIT acha-se bem organizado durante o período do estudo, de forma mais ou menos contínua. Essa banda de nebulosidade incursiona bem mais ao norte do Equador, entre junho e dezembro, do que ao sul dessa linha, entre janeiro e maio (XAVIER et al., 2000). Seu posicionamento sobre os continentes, não costuma delinear-se tão claramente como ocorre sobre os oceanos, por vezes, constituindo uma faixa muito larga e desorganizada. Xavier et al. (2000) atribuíram essa característica à influência da continentalidade e aos efeitos da orografia.



●Localização de Fortaleza

Figura 5. Imagens de satélite GOES-12, no canal infravermelho, para o dia 09, às (a) 06:00, (b) 18:00 UTC e (c) 12:00 UTC.

As imagens de satélite utilizadas neste estudo foram disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, com recortes da banda 2 do infravermelho do satélite GOES-12. As imagens mostradas são das 06:00 e 18:00 UTC, mesmos horários das radiossondagens analisadas, às 03:00 e 15:00 HL, como forma de identificação de possível nebulosidade associada aos sistemas atuantes na região do estudo produtores de chuva. Além disso, para o dia 09, é trazida uma imagem de satélite no horário da chuva registrada.

Sendo assim, a Figura 5 traz as imagens de satélite para o dia 09, às 06:00 UTC (Figura 5.a), às 18:00 UTC (Figura 5.b) e às 12:00 UTC (Figura 5.c) e a Figura 6 traz as imagens de satélite para o dia 07, às 06:00 UTC (Figura 6.a) e às 18:00 UTC (Figura 6.b).

Pela análise das imagens da Figura 5, é possível observar o posicionamento mais ao sul desta banda de nebulosidade de sua localização média, ficando próxima ao continente. Devido a este posicionamento, identifica-se a presença de sistemas convectivos dirigindo-se para região costeira e leste do Estado do Ceará, no horário das sondagens. No horário em que foi identificado o maior volume de chuva no dia 09, é possível observar que, sobre Fortaleza, existe uma banda de nebulosidade, que se estende do oceano para o interior do continente. Tais sistemas podem ter sido os responsáveis pela precipitação registrada no pluviômetro disponível na área de estudo no dia considerado.

A Figura 6 traz a representação da configuração da atmosfera às 06:00 (a) e 18:00 UTC (b) do dia 07. Durante este dia, pela análise das imagens, pode-se perceber o posicionamento da ZCIT mais a Sul sobre o continente, porém não é possível identificar nebulosidade sobre a área de estudo. Apesar dessa configuração, não significa dizer que não havia atuação da ZCIT naquele período naquela área. É necessária uma investigação mais aprofundada quanto os motivos que levaram à ausência de nuvens naquela região, podendo ser resultado da atuação de outros sistemas ou até mesmo de alguma configuração do oceano.

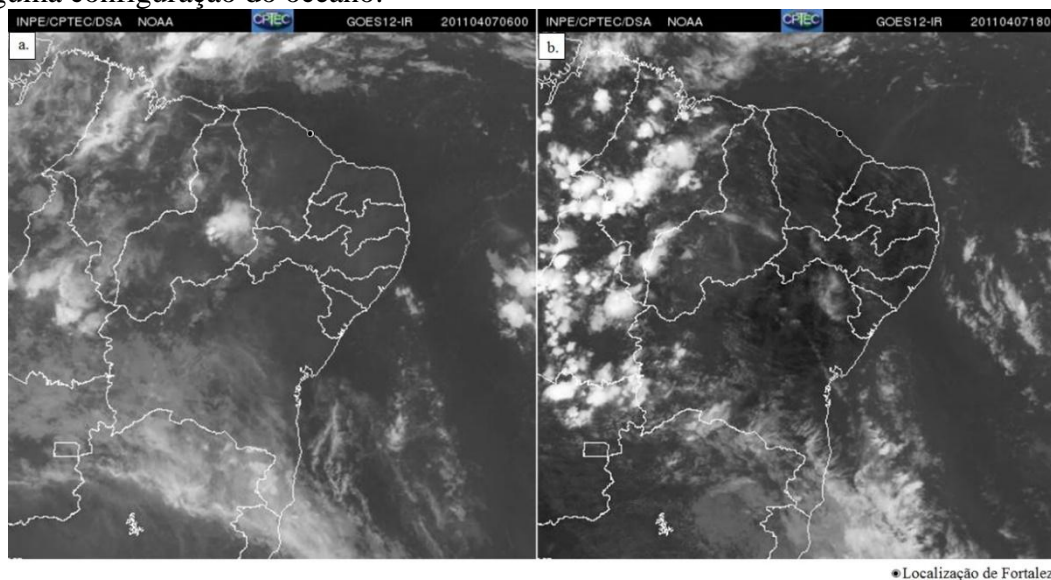


Figura 6. Imagens de satélite GOES-12, no canal infravermelho, para o dia 07, às (a) 06:00 e (b) 18:00 UTC.

A imagem do radar de apontamento vertical, trazida na Figura 7 mostra o perfil de refletividade (dBz) sobre o sítio da Defesa Civil, na cidade de Fortaleza, para o dia 09 (Figura 7.a) e para o dia 07 (Figura 7.b). Na figura, observa-se a precipitação ou gotas de chuva produzidas pelos sistemas atmosféricos presentes, principalmente entre

11:00 e 16:00 UTC. É possível observar que, aproximadamente a partir de 12:00 UTC (09:00 HL), existe um núcleo de altos valores de refletividade (> 40 dBz) abaixo de 1 km de altitude. Este núcleo está associado e indica a presença de um sistema convectivo precipitante, coincidindo com o horário do início da precipitação registrada pelo pluviômetro. Este também é o horário em que é possível se observar um considerável aglomerado de nebulosidade sobre a área de estudo (Figura 5.c).

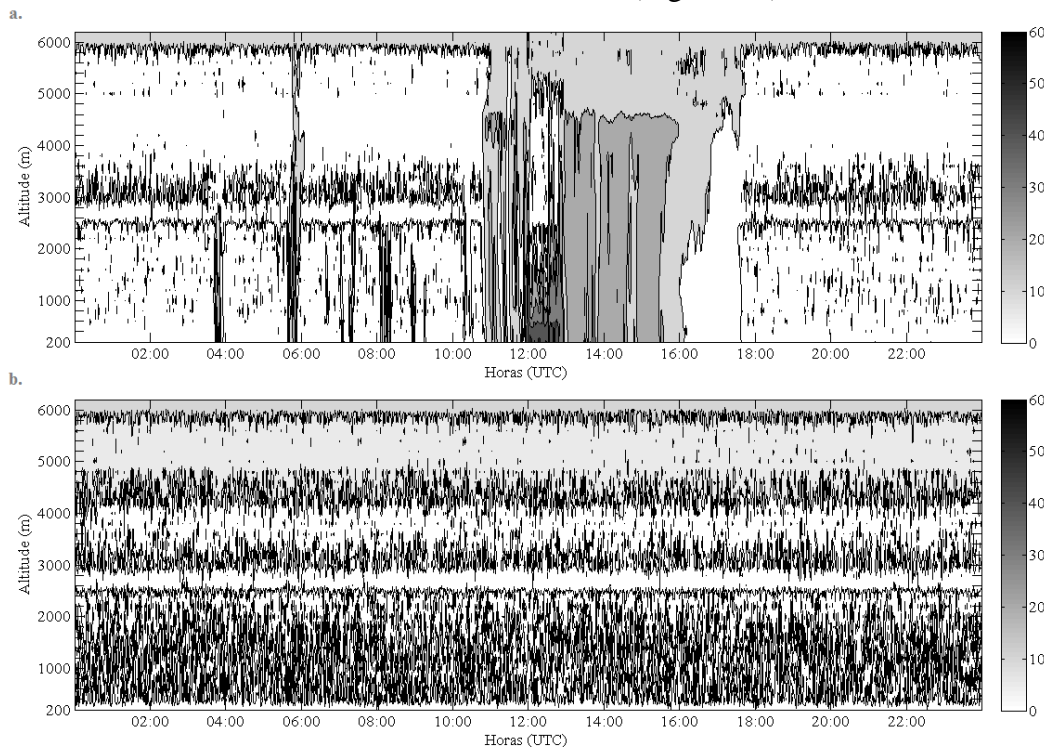


Figura 7. Perfis de refletividade do micro radar (dBz), tempo (UTC) x altura (m), observados sobre o sítio da Defesa Civil, para os dias (a) 09 e (b) 07.

Ainda pela observação da imagem do radar de apontamento vertical, o dia 07 (Figura 7.b) não traz informações consideráveis de refletividade que indiquem a presença de gotículas d'água ou precipitação em nenhum horário durante o dia, chegando apenas a valores < 10 dBz acima de 4 km de altitude. Estas informações confirmam tanto a ausência de chuva, informações também trazidas pelo pluviômetro, quanto a ausência de nebulosidade observada na Figura 6.

Os resultados encontrados até aqui, baseados em variáveis como temperatura potencial virtual e pela observação de imagens de satélite, ainda não são suficientes para se afirmar que a presença de sistemas atmosféricos é o único fator determinante para a espessura da CLA. É necessária uma investigação mais aprofundada quanto a possíveis motivos que levaram tanto a CLC quanto a CLN formadas durante o dia 07 terem sido mais profundas que as formadas durante o dia 09.

CONCLUSÕES

Foram identificadas importantes diferenças nos perfis termodinâmicos da baixa troposfera entre as situações estudadas.

O estudo comparativo entre dois dias distintos, sendo um dia chuvoso e outro sem a identificação de acumulados de chuva, dentro de um único mês deu a possibilidade de concluir que a presença de sistemas atmosféricos de meso e grande escala são de considerável importância para o desenvolvimento vertical da CLA, durante o seu ciclo diurno.

Tomando como referência os dias específicos estudados até aqui, percebe-se que a CLA que se desenvolveu no dia em que há sistemas precipitantes atuantes pode ser mais rasa do que a CLA que se desenvolveu no dia de céu claro. Esta especificidade encontrada nestes dias opõe-se aos resultados encontrados por Arya (1988) e Stull (1988), porém confirmam os resultados encontrados por Fisch et al. (2004), Gasparetto (2011), e Carneiro et al. (2016).

Apesar disso, ainda não é possível afirmar que estas são características que se repetam com frequência, pois a atuação de sistemas atmosféricos de escala superior não são as únicas causas da formação da CLA mais profunda ou mais rasa. É possível que o motivo para esta característica da CLA naquelas áreas também seja por se tratar de uma região litorânea, que sofre fortes influências do oceano, fazendo com que a maritimidade de Fortaleza seja o fator determinante para que a CLA formada sobre a área tenha características de uma Camada Limite Oceânica ou Camada Limite Litorânea (CLL).

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa durante o curso de mestrado em meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), do qual este trabalho é um dos resultados já obtidos até o presente momento. A segunda autora agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

- ARYA, S. P. Introduction to micrometeorology. **San Diego: Academic Press**, 307p, 1988.
- BAARS, H.; ANSMANN, A.; ENGELMANN, R.; ALTHAUSEN, D. Continuous monitoring of the boundary-layer top with lidar. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v.8, p.7281-7296, 2008.
- BAKLANOV, A.; GRISOGONO, B.; BORNSTEINS, R.; MAHRT, L.; ZILITINKEVICH, S.; TAYLOR, P.; LARSEN, S.; ROTACH, M.; FERNANDO, H. J. S. On the nature, theory, and modelling of atmospheric planetary boundary layers. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.92, p.123–128, 2010.
- CARNEIRO, R. G.; FISCH, G.; KAUFMANN, T. Determinação da altura da Camada Limite Planetária na Floresta Amazônica utilizando um ceilometer. **Ciência e Natura**, v.38, p.460-466, 2016.
- CHUVA PROJECT. Processos de Nuvens Associados aos principais Sistemas Precipitantes no Brasil: Uma contribuição a Modelagem da Escala de Nuvens e ao GPM (Medida Global de Precipitação). Disponível em <<http://chuvaproject.cptec.inpe.br/portal/missao.jsp>>. 2009. Acesso em: 09 de março de 2016.
- DU, C.; LIU, S.; YUL, X.; LIL, X.; CHEN, C.; PENG, Y.; DONG, Y.; DONG, Z.; WANG, F. Urban Boundary Layer Height Characteristics and Relationship with Particulate Matter Mass Concentrations in Xi'an, Central China. **Aerosol and Air Quality Research**, v.13, p.1598-1607, 2013.
- FISCH, G.; TOTA, J.; MACHADO, L. A. T.; SILVA DIAS, M. A. F.; LYRA, R. F. DA F.; NOBRE, C. A.; DOLMAN, A. J.; GASH, J. H. C. 2004. The convective boundary layer over pasture and forest in Amazonia. **Theor. Appl. Climatol.**, v.78, p.47-59, 2004.

- GASPARETTO, P. Relações entre a altura média da Camada Limite Planetária e as condições de instabilidade atmosférica na Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará. Fortaleza. **Monografia (graduação em Física) - Universidade Estadual do Ceará**. 2011.
- GRANADOS-MUÑOZ, M. J.; NAVAS-GUZMÁN, F.; BRAVO-ARANDA, J. A.; GUERRERO-RASCADO, J. L.; LYAMANI, H.; FERNÁNDEZ-GÁLVEZ, J.; ARBOLEDAS, L. A. Automatic determination of the planetary boundary layer height using lidar: One-year analysis over southeastern Spain. **Journal of Geophysics**, v.117, 2012.
- LIU, S.; LIANG, X.Z. Observed Diurnal Cycle Climatology of Planetary Boundary Layer Height. **Journal of Climate**, v.23, p.5790-5809, 2010.
- MAHRT, L. Stably stratified atmospheric boundary layers. **Annual Review of Fluid Mechanics**, v.46, p.23-45, 2014.
- SILVA DIAS, M. A. F.; REGNIER, P. Simulation of Mesoscale circulations in a deforested area of Rondonia in the dry season. **Amazonian Deforestation and Climate**. P.531-547, 1996.
- STULL, R. B. An Introduction to Boundary Layer Meteorology. **Dordrecht, Kluwer Academic Publishers**, 666 p., 1988.
- WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. Atmospheric science - an introductory survey, second edition. **Academic Press**, 483 pp, 2006.
- XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; SILVA DIAS, P. L. S.; SILVA DIAS, M. A. F. A Zona de Convergência Intertropical – ZCIT e suas relações com a chuva no Ceará (1964-98). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, p.27-43, 2000.

HOW WELL DO THE INTEGRATED BIOSPHERE SIMULATOR (IBIS) SIMULATE AN EXTREME EVENT LIKE A DROUGHT?

Hewlley A Imbuzeiro^{1,1}, Victor Hugo Benezoli^{1,2}; Marcos Heil Costa^{1,3}

¹ Department of Agricultural Engineering, Federal University of Viçosa, Viçosa, MG, Brazil,
^{1,1}hemlley@ufv.br, ^{1,2}victorhbene@gmail.com, ^{1,3}mhcosta@ufv.br

COMO O MODELO INTEGRADO DA BIOSFERA (IBIS) SIMULA O EVENTO EXTREMO SECA?

RESUMO:

O entendimento e a modelagem dos impactos da seca na vegetação têm chamado a atenção dos cientistas de diferentes áreas: meteorologia, hidrologia, ecologia e das ciências agrárias. Mas não está claro se os modelos de biosfera terrestre são capazes de simular eventos extremos como a seca de forma satisfatória. No presente estudo, foi avaliado como o *Integrated Biosphere Simulator* versão 2.6.4 (IBIS) simula a dinâmica dos fluxos de energia em dois experimentos de indução de seca na Amazônia. O modelo IBIS realizou simulações para o sítio de Caxiuanã para uma parcela controle usando a precipitação normal (i.e. sem imposição de seca) e para o experimento de manipulação de seca, com vários níveis de exclusão de precipitação (10 a 90% de exclusão). O fluxo de seiva, o saldo de radiação (R_n), os fluxos de calor sensível (H), latente (LE) e do solo (G) foram analisados para avaliar a capacidade do modelo em simular as dinâmicas de estresse de água e as implicações para a dinâmica dos fluxos de energia. Em relação a validação do IBIS, quando foi comparado os dados observados de fluxo de seiva e os dados simulados de transpiração o modelo simulou o tratamento controle (sem seca) com mais precisão do que o tratamento de seca (50% de exclusão de chuva). Os resultados mostraram que no geral o IBIS superestima os dados de fluxo de seiva para condição de seca, mas é capaz de simular com representatividade as componentes do balanço de energia numa escala horária para condições sem seca.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem, fluxo de seiva, seca.

ABSTRACT:

Understanding drought and modelling the impacts at vegetation have drawn attention of meteorologists, hydrologists, ecologists and agricultural scientists. But it is not clear whether terrestrial biosphere models are suitable to simulate extreme events like a drought satisfactorily. In this study, we evaluate how well the Integrated Biosphere Simulator version 2.6.4 (IBIS) quantify the energy fluxes dynamics from two Amazonian throughfall exclusion experiments. The IBIS was run for the Caxiuanã site with one control plot using normal precipitation (i.e. do not impose a drought) and then the drought manipulation was imposed for several drought treatments (10 to 90% rainfall exclusion). The sap flow, net radiation (R_n), sensible (H), latent (LE) and ground (G) heat flux are used to analyze if the model is able to capture the dynamics of water stress and what the implications for the energy dynamics are. With respect to the model validation, when we compare the sap flow observed and transpiration simulated IBIS are more accurate to simulate control plots than drought treatments (50% rainfall exclusion). The results show that the IBIS overestimate the sap flow data during the

drought conditions, but it was able to simulate with accuracy the hourly energy balance components for control plots.

KEY-WORDS: Modeling, sap flow, drought.

INTRODUCTION

Drought occurs in high as well as in low rainfall areas, because it is a condition relative to some long-term average condition of balance between rainfall and evapotranspiration in a particular area, a condition often perceived as 'normal' (WILHITE & GLANTZ, 2009). Understanding drought and modelling the impacts at vegetation have drawn attention of meteorologists, hydrologists, ecologists and agricultural scientists. The global circulation models (GCMs) can predicts the frequency and severity of drought events and the land surface models (LSMs) simulates the interactions between biosphere and atmosphere, consequently the impacts of the climate events on vegetation. In general, the LSMs were developed to simulate these interactions under normal atmospheric conditions. However, do the IBIS can accurately simulate extreme events like a drought? Several modelling studies that include a single models simulation (e.g. FISHER et al., 2007; BAKER et al., 2008; FISHER et al., 2010; YAN & DICKINSON, 2014) and a model intercomparison project (POWELL, et al., 2013) were focused on answering this question for others models.

In this study, we evaluate how well the Integrated Biosphere Simulator version 2.6.4 (IBIS) simulate the energy dynamics from two Amazonian throughfall exclusion experiment, Caxiuanã (CAX) National Forest. IBIS was run for this site with one control plot using normal precipitation (i.e. do not impose a drought) and then the drought manipulation was imposed for several drought treatments (10 to 90% rainfall exclusion). The sap flow, net radiation (Rn), sensible (H), latent (LE) and ground (G) heat flux were used to analyze if the models are able to capture the dynamics of water stress and what are the implications for the energy dynamics.

MATERIALS AND METHODS

The fluxes and atmospheric forcing data used in this study were collected from rain forest site situated in the Brazilian Amazon: Caxiuanã (CAX; 1.737° S, 51.458° W) National Forests. The CAX meteorological measurements covered the entire simulation period from 2001 to 2008 (DA COSTA et al., 2010). The TNF has a mean annual rainfall of 2000 mm; mean annual temperature is 28°C (min 22°C and max 28°C) and the wet season extended December to mid-June (NEPSTAD et al., 2002). The mean annual rainfall in CAX is 2272 mm; mean annual temperature is 26°C and the wet season extended December to mid-July (FISHER et al., 2007). The soils at both sites are Oxisols, but with different texture: TNF is 60% clay and 38% sand and CAX is 15% clay and 78% sand.

At the site, latent heat flux (LE) and sensible heat flux (H) were measured by eddy covariance method, while a meteorological station measured the surface net radiation (Rn), incoming shortwave radiation (Sin), incoming longwave radiation (Lin), precipitation (P), air temperature (Ta), humidity (q), and horizontal wind speed (u). The Sin, Lin, P, Ta and q were quality controlled and gap-filled to be used as a models driver. Shortwave radiation was split into 68% direct and 32% diffuse and then further split into 43% visible and 57% near-IR for direct, and 52% visible and 48% near-IR for diffuse (POWELL, et al., 2013). The variables Rn, LE and H were used to analyze if the model is able to capture the dynamics of water stress and what are the implications for the energy dynamics. Sap-flow rates were measured every minute and averaged over every 15 min period throughout each day for 12 trees in Caxiuanã throughfall site and using the trunk segment heat balance method, for the period from October 2001 to December

2003 (FISHER et al., 2007). The relationship between diameters at breast height and sap flux velocity was used to estimate the total sap flow of each tree in each plot (FISHER et al., 2007).

The throughfall exclusion experiment in Caxiuanã the annual precipitation was reduced by 50% throughout the whole year (i.e., panels were not removed during the dry season) (FISHER et al., 2007). More details of site and experimental design are described by Fisher et al., (2007). In order to evaluate how well IBIS quantify the energy dynamics from two Amazonian throughfall exclusion experiments we used an hourly time step. Details of simulation description is presented in Powell, et al. (2013).

RESULTS

In general, the comparison between sap flow data observed and transpiration data simulated for Caxiuanã site shows that IBIS underestimates the sap flow for a no drought condition (Figure 1-a) and overestimates during a drought (Figure 1-b). But, the results indicate that IBIS are more accurate to simulate control plots than drought treatments (Figure 1).

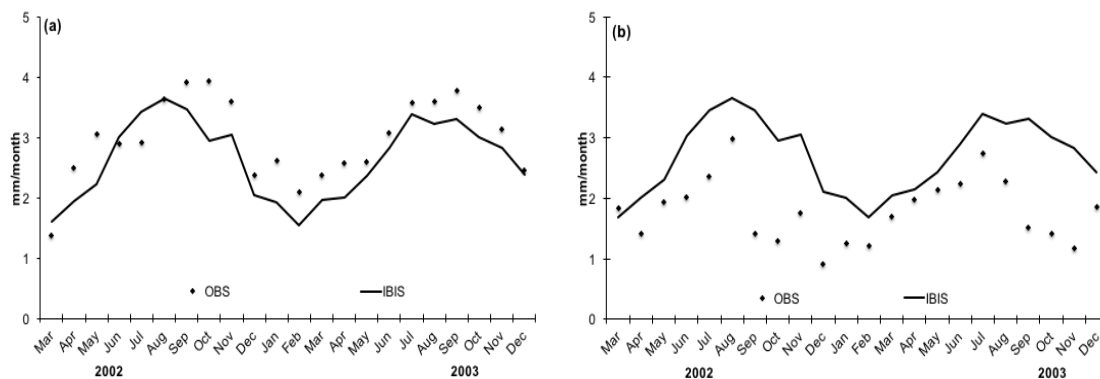
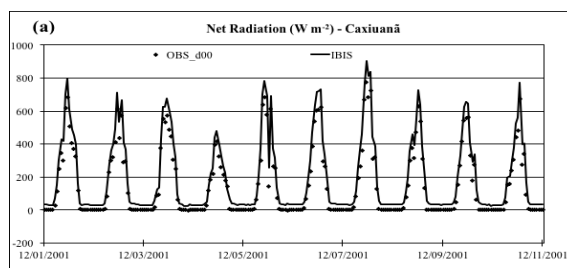


Figure 1. Comparison of sap flow data observed and transpiration data simulated by IBIS for Caxiuanã site: (a) no drought level (control – d0) and drought level (drought – d50).

The comparison between observed and simulated data of net radiation (R_n), latent heat flux (LE) and sensible heat flux (H), for Caxiuanã site, shows a ten-day period for no drought condition (Figure 2). The results indicates that IBIS simulates with accuracy the hourly energy balance components for control plots.



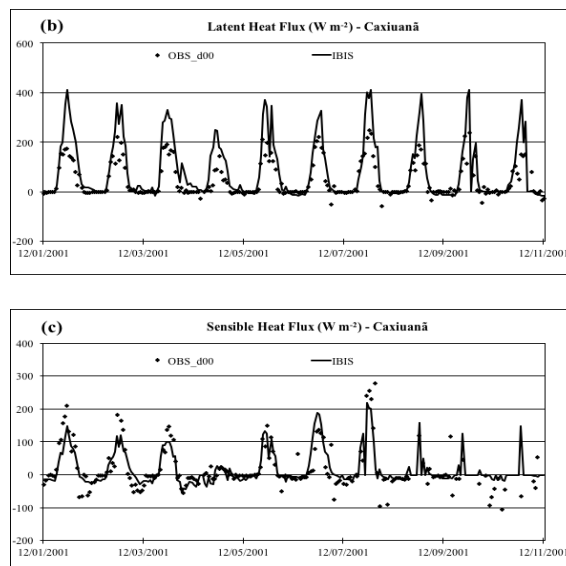


Figure 2. Comparison of (a) net radiation – R_n , (b) latent heat flux – LE and (c) sensible heat flux – H observed and simulated by IBIS for Caxiuanã for no drought condition (control – d0) for a ten-day period.

CONCLUSIONS

With respect to the model validation, when we compare the sap flow observed and transpiration simulated IBIS are more accurate to simulate control plots than drought treatments (50% rainfall exclusion). The results show that the IBIS overestimate the sap flow data during the drought conditions, but it was able to simulate with accuracy the hourly energy balance components for control plots. Which suggests that IBIS does not simulate drought events with accuracy, requiring code implementations to minimize this limitation.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded by a grant from the Andes-Amazon Initiative of The Gordon and Betty Moore Foundation gratefully to the support. The LBA-DMIP project (NASA award) provided the meteorological data. We are grateful to the dedicated researchers who collected the data that made this model evaluation possible.

REFERÊNCIAS

BAKER, I. T.; PRIHODKO, L.; DENNING, A. S.; GOULDEN, M.; MILLER, S.; da ROCHA, H. R. Seasonal drought stress in the Amazon: Reconciling models and observations. **Journal of Geophysical Research**, v. 113, 2008.

DA COSTA, A. C. L.; GALBRAITH, D.; ALMEIDA, S.; PORTELA, B. T. T.; DA COSTA, M.; ... FISHER R. Effect of 7 yr of experimental drought on vegetation dynamics and biomass storage of an eastern Amazonian rainforest. **New Phytologist**, v. 187, p. 579–591, 2010.

FISHER, R.A.; WILLIAMS, M.; DA COSTA, A. L.; MALHI, Y.; COSTA, R. F.; ALMEIDA, S.; MEIR, P. The response of an Eastern Amazonian rain forest to drought stress: results and modelling analyses from a throughfall exclusion experiment. **Global Change Biology**, v. 13, p. 2361-2378, 2007.

FISHER, R.; MCDOWELL, N.; PURVES, D.; MOORCROFT, P.; SITCH, S.; COX, P.; HUNTINGFORD, C.; MEIR, P.; WOODWARD, F.I. Assessing uncertainties in a second-generation dynamic vegetation model caused by ecological scale limitations. **New Phytologist**, v. 187, p. 666-681, 2010.

NEPSTAD, D. C.; MOUTINHO, P.; DIAS-FILHO, M. B.; DAVIDSON, E.; CARDINOT, G.; MARKEWITZ, D.; FIGUEIREDO, R.; VIANNA, N.; CHAMBERS, J.; ... & RAY, D. The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes, aboveground production, and biogeochemistry of an Amazon forest. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, 8085, 2002.

POWELL, T. L.; GALBRAITH, D. R.; CHRISTOFFERSEN, B. O.; HARPER, A.; IMBUZEIRO, H.; ROWLAND, L.; ... & LEVINE, N. M. Confronting model predictions of carbon fluxes with measurements of Amazon forests subjected to experimental drought. **New Phytologist**, v. 200, p. 350-365, 2013.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. **Journal Water International**, v. 10, n. 3, p. 111-120, 2009.

YAN, B. & DICKINSON, R. E. Modeling hydraulic redistribution and ecosystem response to droughts over the Amazon basin using Community Land Model 4.0 (CLM4). **Journal of Geophysical Research**, v. 119, p. 2130-2143, 2014.

COEFICIENTE DE CULTIVO DUAL (K_e E K_{cb}) DO MILHO SAFRINHA PARA REGIÃO DE DOURADOS-MS

Maiara Kawana Aparecida Rezende¹, Danilton Luiz Flumignan², Paulo Sérgio Lourenço de Freitas³, Ana Laura Fialho de Araújo⁴, Carlos Henrique Martins de Souza⁵

¹Engenheira Agrícola, Doutoranda em Produção Vegetal pela Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil, maiara_rezende_15@hotmail.com; ²Engenheiro-Agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, danilton.flumignan@embrapa.br; ³Engenheiro Agrícola, Professor Doutor da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, pslfreitas@uem.br; ⁴Estudante de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS; ⁵Engenheiro-Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, carlosm.agro@hotmail.com

RESUMO: A quantificação do consumo hídrico de culturas é requerida em estudos de balanço hídrico e em aplicações que visam aumentar a eficiência de uso de água pelos cultivos. Esse trabalho foi realizado em condições de campo, na Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS, utilizando lisímetro de pesagem e microlisímetros (ML), com objetivo de determinar para o milho safrinha o coeficiente de cultivo dual, ou seja, o coeficiente de evaporação (K_e) e de cultivo basal (K_{cb}). A evapotranspiração (ET) foi medida com lisímetro de pesagem cultivado com milho, enquanto com microlisímetros que foram instalados próximo ao lisímetro foi determinada a evaporação (E). Pela diferença foi obtida a transpiração (T). Os valores de K_e e K_{cb} foram determinados pela razão entre ET, E e T, respectivamente, e a evapotranspiração de referência (ET_0) estimada pelo método Penman-Monteith. Os valores recomendados de K_e são: $K_{e\text{ ini}}$ de 0,42; $K_{e\text{ mid}}$ de 0,27; $K_{e\text{ end}}$ de 0,55. E os valores de K_{cb} são: 0,1; 0,9 e 0,1 para as fases inicial, média e final, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Lisímetro. Microlisímetro. *Zea mays* L.

DUAL CROP COEFFICIENT OFF-SEASON CORN IN THE REGION OF DOURADOS-MS

ABSTRACT: The quantification of crop hydro consumption is required in water balance studies and in applications that aim to increase efficiency in water usage by the crops. This work carried out in field conditions at Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados – MS, using weighing lysimeter and microlisimeter (ML), in order to determined for the off-season corn the dual crop coefficients, in other words, the evaporation coefficient (K_e) and the crop basal coefficient (K_{cb}). The evapotranspiration (ET) was measured with weighing lysimeter cropped with corn, at the same time with microlisimeter installed near the lysimeter was determined the evaporation (E). Transpiration (T) was determined by the difference. The values for K_e and K_{cb} were determined by the ratio between ET, E and T, respectively, and the referential evapotranspiration (ET_0) estimated with Penman-Monteith method. The recommended values for K_e are: $K_{e\text{ ini}}$ of 0.42; $K_{e\text{ mid}}$ of 0.27; $K_{e\text{ end}}$ of 0.55. And the values for K_{cb} are: 0.1; 0.9 and 0.1 for the early, middle and final phases, respectively.

KEY-WORDS: Lysimeter. Microlisimeter. *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração se constitui de um processo simultâneo de dois fatores, que são a evaporação da água disponível no solo e a transpiração das plantas. As taxas de ET são determinadas por parâmetros meteorológicos, como a velocidade do vento, a radiação solar, a temperatura e umidade do ar. Características da cultura também determinam, por exemplo: tipo de metabolismo, arquitetura foliar, rugosidade do dossel, fase de desenvolvimento e manejo (ALLEN et al., 1998).

O coeficiente de cultivo (K_c) se origina da divisão da evapotranspiração da cultura (ET_c) pela evapotranspiração de referência (ET_0). Considerando que a ET_0 representa a demanda evaporativa da atmosfera, o K_c representa a magnitude com que a cultura analisada atende a essa demanda.

O K_c pode ser analisado com mais detalhes sob a perspectiva do coeficiente de cultivo dual, o qual é dividido em coeficiente de evaporação (K_e) e de cultivo basal (K_{cb}). O primeiro é obtido através da razão entre a evaporação do solo (E) e a ET_0 , enquanto o segundo trata da razão entre a transpiração das plantas (T) e a ET_0 . Estes coeficientes representam separadamente as transferências de água do sistema produtivo pelo solo e pela planta, diante da demanda atmosférica imposta pelo ambiente (ALLEN et al., 1998).

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi determinar os valores de K_e e K_{cb} para a cultura do milho safrinha para serem usados na região de Dourados – MS.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Agropecuária Oeste, localizada no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, com as coordenadas geográficas: latitude 22°16'S, longitude 54°49'O e altitude de 408 m. O clima na região é classificado como tropical monçônico ou tropical de monções (Am) (KOTTEK et al., 2006) e o solo como Latossolo Vermelho distroférrico (AMARAL et al., 2000).

A área experimental possui 0,55 ha, possui um lisímetro de pesagem direta instalado no centro, com formato retangular e 7,2 m² de área superficial (3,6 x 2 m). A profundidade útil do solo dentro do lisímetro é de 1 m.

O material genético de milho utilizado foi o AG9010. A semeadura ocorreu em 05/03/2015 (safrinha) e o ciclo da cultura foi de 140 dias, sendo a colheita realizada dia 23/07/2015. O espaçamento adotado foi de 0,45 m entre linhas, permitindo o cultivo de oito linhas de milho dentro da área do lisímetro com população equivalente a 55 mil plantas ha⁻¹. A adubação e os demais tratamentos culturais foram realizados visando atingir o potencial produtivo. O cultivo foi irrigado por sistema de aspersão fixa com capacidade para irrigar 6 mm h⁻¹. O manejo da irrigação foi com turno de rega variável.

Os valores de ET_c foram medidos diariamente com base na variação da massa do lisímetro de pesagem, ou seja, pela contabilidade das entradas e saídas de água no sistema. Por outro lado, os valores de ET_0 foram calculados segundo o método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Os dados requeridos foram obtidos através da estação agrometeorológica automática presente na área experimental da Embrapa e que publica os dados em tempo real no site Guia Clima (www.cpa.embrapa.br/clima).

As taxas de E foram obtidas com quatro microlisímetros (ML). Estes foram periodicamente instalados de modo uniformemente distribuído na área experimental no entorno do lisímetro. Cada série de instalação foi avaliada por no máximo cinco dias consecutivos, afim de assegurar a qualidade das medidas, sendo depois disso

inutilizados. Assim, os valores de E foram obtidos pela mensuração da variação da massa diária dos ML tomada com balança de precisão.

Com os valores de ET_c fornecidos pelo lisímetro de pesagem e a E do solo medida pelos ML, calculou-se a T das plantas por diferença. Com os valores de ET_c , E, T e ET_0 foram determinados os valores de K_c , K_e e K_{cb} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva que representa a dinâmica do K_{cb} possui formato semelhante à curva do K_c , porém aquela que representa a dinâmica do K_e possui comportamento inverso (Figura 1).

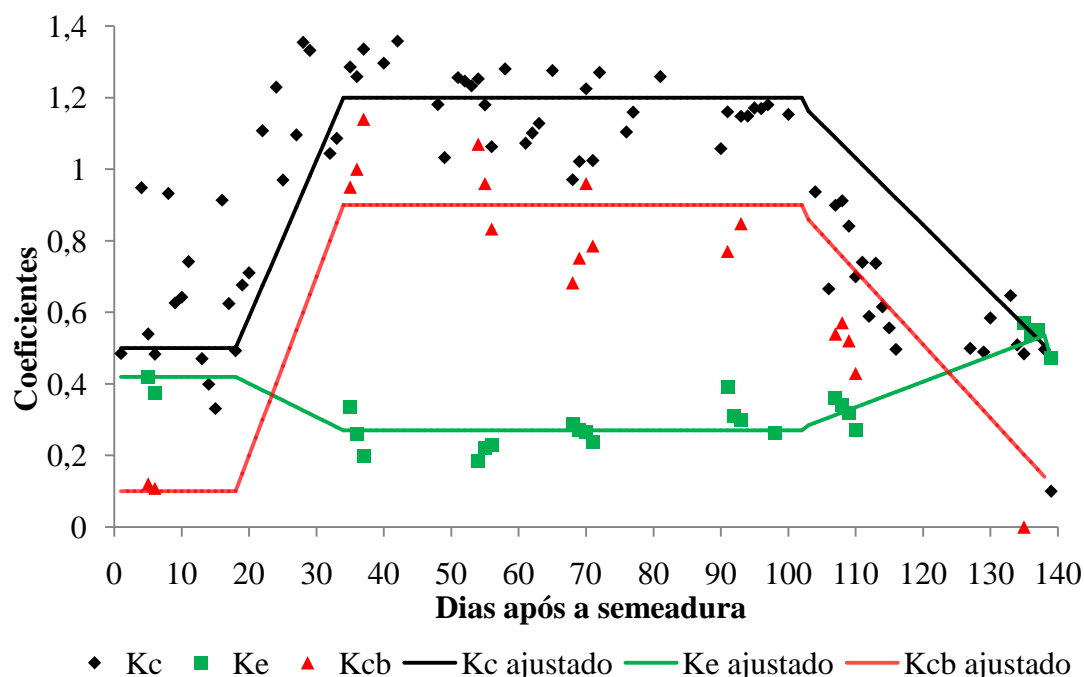


Figura 8. Valores medidos e curvas ajustadas dos coeficientes de cultivo simples (K_c), coeficiente de evaporação (K_e) e coeficiente de cultivo basal (K_{cb}) do milho safrinha.

A dinâmica dos valores observados na Figura 1 é justificada pela dinâmica do índice de área foliar (IAF) ao longo do ciclo. No início, quando o solo se encontra com pouca cobertura vegetal, a E é a principal responsável pela ET_c , logo o K_e é o principal responsável pela composição do K_c e possui valores muito próximos do mesmo. A medida que a planta se desenvolve e aumenta o IAF, o K_e diminui e o K_{cb} aumenta, refletindo a diminuição das taxas de E e o aumento das taxas de T. Desse modo, o K_{cb} se torna o principal componente do K_c . Por fim, quando a planta começa a senescência, os valores de K_e voltam a aumentar, e os valores de K_{cb} decrescem bruscamente.

Os valores de K_e e K_{cb} medidos mostraram-se diferentes daqueles estabelecidos no Boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998).

Os valores medidos de K_e foram: 0,42; 0,27 e 0,55 para as fases inicial ($K_{e\text{ ini}}$), média ($K_{e\text{ mid}}$) e final ($K_{e\text{ end}}$), respectivamente. Já os valores estabelecidos pela FAO são 0,15; 0,05 e 0,2 para as mesmas fases. Nota-se que os valores medidos foram maiores

em todas as ocasiões, demonstrando claramente a subestimativa na E que pode ser imposta ao usar os valores padronizados pela FAO na região de Dourados – MS.

Os valores de K_{cb} mostraram-se menores em relação aos valores padronizados pela FAO, porém relativamente próximos. Os valores medidos foram: 0,1; 0,9 e 0,1 para as fases inicial ($K_{cb\ ini}$), média ($K_{cb\ mid}$) e final ($K_{cb\ end}$), respectivamente. Já os valores estabelecidos pela FAO são 0,15; 1,15 e 0,15 para as mesmas fases. A diferença mais importante foi observada no $K_{cb\ mid}$, fase em que a necessidade de água das culturas em geral é elevada. O valor medido (0,9) foi menor que o tabelado (1,15), indicando que a utilização do valor medido é mais recomendada, haja vista que o valor tabelado culminaria em superestimativa da T do milho safrinha.

CONCLUSÕES

Os valores recomendados de K_e são: $K_{e\ ini}$ de 0,42; $K_{e\ mid}$ de 0,27; $K_{e\ end}$ de 0,55. Quanto aos valores de K_{cb} recomendados estes são: $K_{cb\ ini}$ de 0,1; $K_{cb\ mid}$ de 0,9; $K_{cb\ end}$ de 0,1.

AGRADECIMENTOS

A Embrapa Agropecuária Oeste pela viabilização da execução do projeto de pesquisa. Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado, iniciação científica e de produtividade em pesquisa. À Capes pela concessão de bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and drainage paper, 56).

AMARAL, J. A. M. et al. Levantamento semidetalhado **dos solos do campo experimental de Dourados, da Embrapa Agropecuária Oeste, município de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 68 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 22; Embrapa Solos. Documentos, 15).

KOTTEK, M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

COEFICIENTE DE CULTIVO DO MILHO SAFRINHA MODELADO EM FUNÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Maiara Kawana Aparecida Rezende¹, Danilton Luiz Flumignan², Paulo Sérgio Lourenço de Freitas³, Ana Laura Fialho de Araújo⁴, Jaqueline Alves da Silva⁵

¹Engenheira Agrícola, Doutoranda em Produção Vegetal pela Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil, maiara_rezende_15@hotmail.com; ²Engenheiro-Agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, danilton.flumignan@embrapa.br; ³Engenheiro Agrícola, Professor Doutor da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, pslfreitas@uem.br; ⁴Estudante de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS; Engenheiro-Agrônoma, Mestranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, jaquealsl.88@gmail.com⁵

RESUMO: O coeficiente de cultivo (K_c) é requerido em atividades práticas como o manejo da irrigação pelo produtor, de modo que a sua fácil estimativa na área produtiva pode ser considerada importante. Por isso, esse trabalho foi realizado em condições de campo, na Embrapa Agropecuária Oeste, com o objetivo de desenvolver um modelo matemático capaz de estimar o K_c do milho safrinha cultivado na região de Dourados – MS em função do índice de área foliar (IAF). Para isso, a evapotranspiração da cultura (ET_c) foi medida com lisímetro de pesagem cultivado com milho safrinha e valores de evapotranspiração de referência (ET_0) foram calculados segundo o método Penman-Monteith. Através da razão entre ET_c e ET_0 obteve-se os valores de K_c . O IAF foi monitorado durante a safra por método não destrutivo. Com os valores de K_c e IAF, verificou-se que o K_c do milho safrinha para a região de Dourados possui um aumento linear com o aumento do IAF até o limite de 2,1 ($K_c = 0,44 \times IAF + 0,3$). Para valores de IAF iguais ou acima de 2,1, o K_c deve ser considerado constante e igual a 1,2.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração. Lisímetro. *Zea mays* L.

COEFFICIENT FOR OFF-SEASON CORN SHAPED ACCORDING TO THE FOLIAR AREA INDEX

ABSTRACT: The crop coefficient (K_c) is required in practices activities with the irrigation management by the producer, in order to consider important the easy estimate in the production area. This way, the work was carried out in field conditions, at Embrapa – Agropecuária Oeste, with the goal to develop a mathematical model that is able to estimate the K_c of off-season corn cropped in the Dourados – MS region according to the foliar area index (FAI). To this end, the crop evapotranspiration (ET_c) was measure with weighing lysimeter cropped with off-season corn and the values of the reference evapotranspiration (ET_0) were calculated using the Penman-Monteith method. By means of the division between ET_c and ET_0 gave the K_c as a result. The FAI was monitored during all crop by the non-destructive method. With the values of K_c and FAI, verified that the K_c of the off-season corn for Dourados has a linear increase with the increase of the FAI until the limit of 2,1 ($K_c = 0,44 \times IAF + 0,3$). For values over ore qual to 2,1, the K_c must be considered constant ande qual to 1,2.

KEY-WORDS: Evapotranspiration. Lysimeter. *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

A produção agrícola no Estado do Mato Grosso do Sul está concentrada principalmente em lavouras de soja e milho safrinha.

O coeficiente de cultivo (K_c) se origina da divisão da evapotranspiração da cultura (ET_c) pela evapotranspiração de referência (ET_0). Considerando que a ET_0 representa a demanda evaporativa da atmosfera, o K_c representa a magnitude com que a cultura analisada atende a essa demanda (ALLEN et al., 1998).

O processo de ET varia de acordo com o desenvolvimento da cultura, sendo que na fase inicial a maior transferência de água ocorre por E e à medida que as plantas se desenvolvem e aumentam a área foliar, conseqüentemente, o sombreamento do solo também aumenta, a E se reduz e a T passa a ser dominante (ALLEN et al., 1998).

Sendo assim, percebe-se que o K_c é diretamente influenciado pelo índice de área foliar (IAF). Desse modo, é possível que ao se conhecer o IAF medido em campo e em tempo real durante a safra, o valor de K_c possa ser estimado pelos próprios produtores irrigantes mediante a entrada dos dados de IAF em algum modelo matemático previamente ajustado.

Portanto, com o intuito de otimizar o uso da água na agricultura irrigada e facilitar o manejo da irrigação para os produtores, o objetivo desse trabalho foi desenvolver um modelo matemático capaz de estimar o K_c do milho safrinha cultivado na região de Dourados – MS em função do IAF.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Agropecuária Oeste em Dourados – MS. A região está localizada no centro-oeste brasileiro e no sul do Mato Grosso do Sul, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°16'S, longitude 54°49'O e altitude de 408 m. O solo é um Latossolo Vermelho distroférrico (AMARAL et al., 2000) e o clima classificado como tropical monçônico ou tropical de monções (Am) (KOTTEK et al., 2006).

A área experimental de 0,55 ha, possui um lisímetro de pesagem direta instalado no centro, com formato retangular e 7,2 m² de área superficial (3,6 x 2 m). A profundidade útil do solo dentro do lisímetro é de 1 m.

Foi utilizado o material genético AG9010. A semeadura ocorreu em 05/03/2015 (safrinha) e o ciclo da cultura foi de 140 dias, sendo a colheita realizada dia 23/07/2015. Entre linhas o espaçamento adotado foi de 0,45 m e a população equivalente a 55 mil plantas ha⁻¹. O cultivo foi irrigado por um sistema de aspersão fixa com capacidade para irrigar 6 mm h⁻¹. O manejo da irrigação foi com turno de rega variável.

Os valores de ET_c foram medidos diariamente com base na variação da massa do lisímetro de pesagem, ou seja, pela contabilidade das entradas e saídas de água no sistema. Por outro lado, os valores de ET_0 foram calculados segundo o método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Os dados requeridos foram obtidos através da estação agrometeorológica automática presente na área experimental da Embrapa e que publica os dados em tempo real no site Guia Clima (www.cpa.embrapa.br/clima). Pela razão entre a ET_c e a ET_0 foram calculados os valores de K_c .

A determinação do IAF foi realizada 9 vezes durante a safra: 19 dias após a semeadura-DAS (Série 1); 36 DAS (Série 2); 49 DAS (Série 3); 62 DAS (Série 4); 71 DAS (Série 5); 92 DAS (Série 6); 106 DAS (Série 7); 112 DAS (Série 8); 124 DAS (Série 9). Optou-se por determinar a área foliar por método não destrutivo. Neste mediu-se com fita métrica o comprimento e a largura máxima das folhas, e seu produto

foi multiplicado pelo fator de correção 0,75 para calcular a área de cada folha das plantas amostradas (STICKLER et al., 1961; WOLSCHICK, 2003; SANGOI, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme se nota na Figura 1, houve uma rápida expansão do IAF no início do ciclo e logo após estabeleceu-se um patamar com os valores máximos, os quais por sua vez foram drasticamente reduzidos ao final do ciclo com a maturação das plantas. Os máximos valores de IAF ocorreram entre 49 e 92 DAS (IAF ao redor de 3,1).

Ainda na Figura 1, observa-se a tendência de menores valores de K_c nas fases inicial e final, ocasiões essas em que o IAF era baixo. Já na fase média, com altos valores de IAF, ocorre intensa atividade fisiológica das plantas, resultando em aumento da demanda hídrica da cultura, o que convergiu com o período de maiores valores de K_c . Desse modo, pode-se verificar que a relação K_c e IAF aparentemente era passível de modelagem.

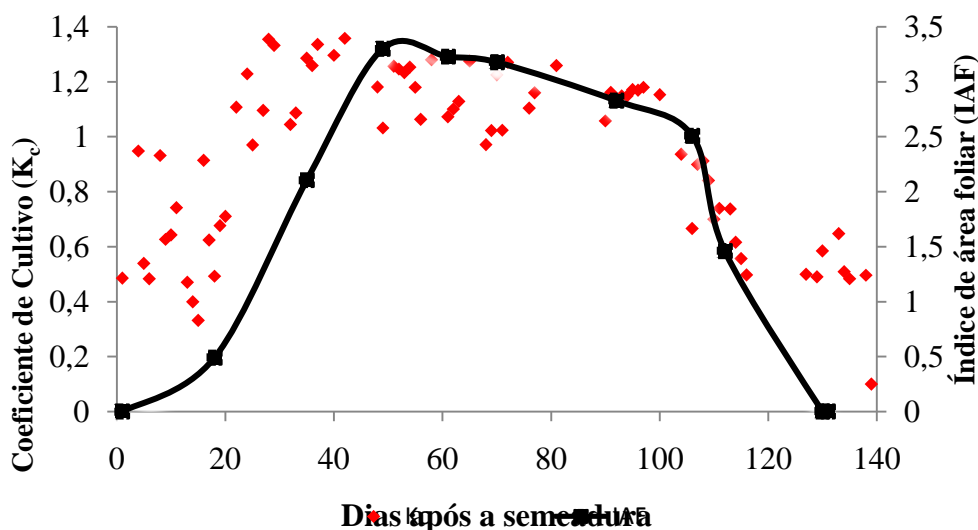


Figura 9. Dinâmica do Coeficiente de Cultivo (K_c) (adimensional) e Índice de área foliar (IAF) (adimensional) durante os 140 dias de ciclo da cultura do milho safrinha.

Sendo assim, o K_c do milho safrinha para a região de Dourados demonstrou seguir um aumento linear com o aumento do IAF, até o limite de 2,1 (Figura 2). Com base no modelo linear ajustado, o qual tem seu intercepto igual a 0,3, na ocasião das fases inicial e final do ciclo, o K_c do milho safrinha tende a ser próximo de 0,3, haja vista os baixos valores de IAF que ocorrem nessas fases. Por outro lado, o coeficiente angular igual a 0,44 é responsável por explicar o ritmo de crescimento do K_c em função do crescimento do IAF. Para cada unidade de aumento no IAF, aumenta-se 0,44 no K_c .

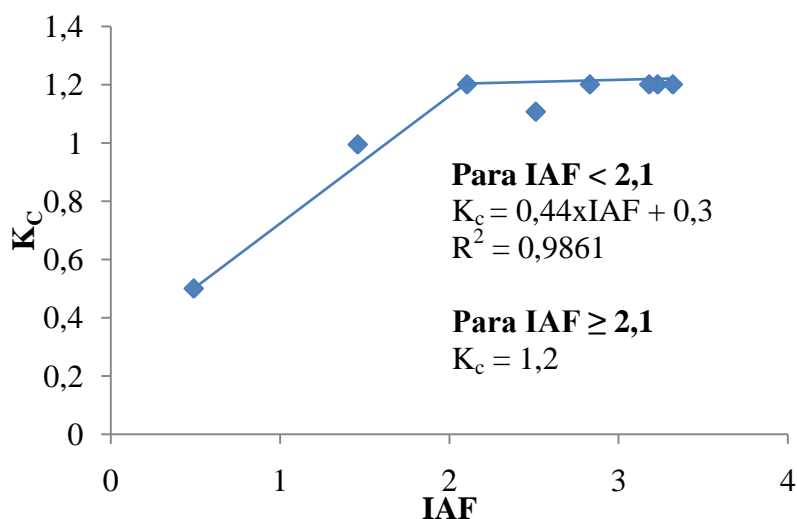


Figura 2. Relação entre o coeficiente de cultivo (K_c) (adimensional) do milho safrinha para a região de Dourados – MS e o índice de área foliar (IAF) (adimensional).

No entanto, conforme demonstrado na Figura 2, quando o IAF atinge o valor de 2,1, verifica-se a formação de um platô, demonstrando que a partir deste limite o K_c deve ser considerado igual a 1,2, pois a resposta ao aumento do IAF deixa de existir.

Com o coeficiente de determinação de 98,61%, verifica-se um satisfatório ajuste do modelo, permitindo que o valor de K_c possa ser estimado com boa acurácia por produtores irrigantes mediante a entrada dos dados de IAF, facilitando o manejo da irrigação e otimizando o uso da água na agricultura irrigada.

CONCLUSÕES

O K_c do milho safrinha para a região de Dourados – MS possui um aumento linear com o aumento do IAF até o limite de 2,1 ($K_c = 0,44 \times \text{IAF} + 0,3$). Para valores de IAF iguais ou acima de 2,1, o K_c deve ser considerado constante e igual a 1,2.

AGRADECIMENTOS

A Embrapa Agropecuária Oeste pela viabilização da execução do projeto de pesquisa. Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado, iniciação científica e de produtividade em pesquisa. À Capes pela concessão de bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and drainage paper, 56).

AMARAL, J. A. M. et al. **Levantamento semidetalhado dos solos do campo experimental de Dourados, da Embrapa Agropecuária Oeste, município de Dourados, MS.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 68 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 22; Embrapa Solos. Documentos, 15).

KOTTEK, M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C.G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de planta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, p.263-271, 2007.

STICKLER, F.C.; WEARDEN, S. & PAULI, A.W. Leaf area determination in grain sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, 53:187-188, 1961.

WOLSCHICK, D. et al. Nitrogen application on maize cultivated under no-tillage system in a year with normal precipitation and with " El-Niño". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 461-468, 2003.

MICROORGANISMOS ENDOFÍTICOS EM *Paspalum millegrana*

Juan Lopes Teixeira¹, Larissa de Souza Goes², Jacilene Francisca Souza Santos³,
Francisco Sandro Rodrigues Holanda⁴, Regina Helena Marino⁵

¹Graduando de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, juan_lt_1@hotmail.com; ²Graduanda de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, lary18gois@gmail.com; ³Graduanda de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, jacilenesantos_14@hotmail.com; ⁴Professor Titular, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, fholanda@infonet.com.br; ⁵Professora Associada I, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, rehmarino@hotmail.com

RESUMO: Os microrganismos endofíticos podem estimular o crescimento de espécies vegetais e favorecer a sobrevivência em condições adversas, a depender da relação fungo x planta. Este trabalho teve o objetivo estudar a interação simbiótica entre o capim *Paspalum millegrana*, fungos micorrízicos arbusculares e fungos endofíticos “dark septate”. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso em parcelas subdivididas, sendo a parcela composta pelo cultivo do *P. millegrana* em quatro tratamentos (controle e três isolados de fungos micorrízicos: UFLA05 – *Gigaspora albida*, UFLA372 – *Glomus etunicatum* e UFLA401 – *Acaulospora morrowiae*) e a subparcela composta pelas avaliações aos 30 e 90 dias, com quatro repetições. A colonização micorrízica do *P. millegrana* é arbuscular e/ou vesicular a depender da espécie de fungo micorrízico arbuscular. O *P. millegrana* apresenta dois tipos de arbúsculos, o Arum e o Paris, a depender da interação fungo-planta. A presença de fungos endofíticos “dark septate” pode influenciar na colonização micorrízica, a depender da interação fungo-planta-endofítico.

PALAVRAS-CHAVE: Fungos micorrízicos arbusculares, microbiologia do solo, poaceae.

ENDOPHYTIC MICROORGANISMS IN *Paspalum millegrana*

ABSTRACT: Endophytic microorganisms can stimulate the growth of plant species, which can survive under adverse conditions, depending on the fungus x plant relationship. The objective of this work was to study the symbiotic interaction between *Paspalum millegrana* grass, arbuscular mycorrhizal fungi and endophytic fungi "dark septate". The experimental design was completely randomized to subdivide plots, and the plot was composed by *P. millegrana* in four treatments (control and three isolates of mycorrhizal fungi: UFLA05 - *Gigaspora albida*, UFLA372 - *Glomus etunicatum* and UFLA401 - *Acaulospora morrowiae*) and the subplot composed by the evaluations at 30 and 90 days, with four replications. The mycorrhizal colonization of *P. millegrana* is arbuscular and / or vesicular depending on the arbuscular mycorrhizal fungus species. *P. millegrana* presents two types of arbuscules Arum and Paris, depending on the fungus-plant interaction. The presence of dark septate endophytic fungi may influence mycorrhizal colonization, depending on the fungus-plant-endophytic interaction.

KEY-WORDS: Arbuscular mycorrhizal fungi, soil microbiology, poaceae.

INTRODUÇÃO

Os microrganismos endofíticos são organismos que vivem no interior de plantas, sem causar danos aos hospedeiros, tais como fungos “dark septate” (KRINGS et al., 2007) e os fungos micorrízicos arbusculares (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Os

fungos micorrízicos arbusculares são microrganismos biotróficos que colonizam mais de 86% das espécies vegetais, sendo responsáveis pelo aumento da absorção de água e de nutrientes do solo, que são disponibilizados às plantas através de estruturas especializadas denominadas de arbúsculos. Na ausência da planta hospedeira, estes microrganismos utilizam a energia armazenada nas vesículas para a formação de esporos (MIRANDA, 2008). Enquanto que, os fungos endofíticos “dark septate” são caracterizados pela presença de hifas septadas melanizadas e de microescleródios nas raízes (RIBEIRO et al., 2011), podendo estimular ou inibir outros endofíticos.

O *Paspalum millegrana* é uma espécie da família das poaceas e importante no processo de estabilização de taludes, cuja interação simbiótica com fungos micorrízicos ainda não foi encontrada na literatura. Da mesma forma, os fungos endofíticos “dark septate” foram observados apenas em *P. notatum* (SYLVIA, 1988), mas sem estudo sobre a influência destes microrganismos na colonização micorrízica. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a interação simbiótica entre o capim *P. millegrana*, fungos micorrízicos arbusculares e os fungos endofíticos “dark septate”.

MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso em parcelas subdivididas composto pelo cultivo do *P. millegrana* em quatro tratamentos (controle e as micorrizas UFLA05 – *Gigaspora albida*, UFLA372 – *Glomus etunicatum* e UFLA401 – *Acaulospora morrowiae*), com avaliações aos 30 e 90 dias após a inoculação, com quatro repetições. Os inoculantes micorrízicos foram multiplicados em sorgo cultivado em solo arenoso autoclavado, por 60 dias. Na produção das mudas de *P. millegrana* foi realizada a desinfestação das sementes superficialmente e semeadas em solo arenoso autoclavado. Após 15 dias, as plântulas selecionadas quanto à uniformidade da altura (2 cm) foram transferidas para tubetes contendo areia autoclavada e pó de coco (2:1) e o inoculante micorrízico. No controle, não houve adição de inoculante micorrízico.

As variáveis avaliadas foram: colonização micorrízica, presença de vesículas e de arbúsculos e a colonização por fungos endofíticos “dark septate”. A colonização micorrízica e a percentagem de estruturas micorrízicas foram analisadas segundo Giovannetti e Mosse (1980). O número de esporos micorrízicos foi determinado segundo Gerdemann e Nicolson (1963). A colonização por fungos endofíticos “dark septate” foram avaliadas segundo Ribeiro et al. (2011). Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e nos casos em que houve diferença significativa foi aplicado o Teste de Scott-Knott a 5% de significância para comparação das médias. Na correlação foi aplicada o teste t. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa Assistat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No controle, a colonização micorrízica foi de 5,9 a 6,9%, caracterizada por 5% de arbúsculos aos 30 dias, o que demonstra uma contaminação resultante da dispersão de esporos pela água e/ou vento. A colonização por fungos endofíticos “dark septate” foi de 3,3 a 16,9%, sem correlação com as variáveis estudadas (Tabelas 1 a 3), porém estes fungos podem influenciar a micorrização, como citado por Yan et al. (2015).

Tabela 1. Colonização micorrízica (CM) e colonização por endofíticos (END) em *P. millegrana*, após 30 e 90 dias do transplântio.

Tratamentos	Colonização micorrízica (%)		Colonização por endofíticos (%)		Número de esporos por 50 g
	30d	90d	30d	90d	90d
Controle	6,9 bA*	5,9 bA	3,3 aA	16,9 bA	0,0 c
UFLA05	46,0 aA	27,2 aA	4,2 aA	11,5 aA	303,3 a
UFLA372	59,5 aA	39,6 aA	2,1 aA	8,3 bA	167,3 b
UFLA401	30,5 aA	51,2 aA	13,8 aA	7,6 aA	152,7 b

*Médias seguidas de mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si, pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Percentagem de vesículas e arbúsculos observados na colonização micorrízica de *P. millegrana*, após 30 e 90 dias do transplântio.

Tratamentos	Vesículas (%)		Arbúsculos (%)	
	30d	90d	30d	60d
Controle	0,0 aA*	0,0 bA	5,0 aA	0,0 bA
UFLA05	9,8 aA	32,3 aA	48,6 aA	12,5 bA
UFLA372	3,6 aA	8,1 bA	50,0 aA	10,7 bA
UFLA401	0,0 aB	31,6 aA	50,0 aA	64,1 aA

*Médias seguidas de mesma letra minúscula (na coluna) e maiúscula (na linha), não diferem entre si, pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Coeficiente de correlação (r^2) entre as variáveis de colonização micorrízica (CM), colonização por fungos endofíticos (END), vesículas (VES), arbúsculos (ARB) e número de esporos micorrízicos (NE) em *P. millegrana*, após 90 dias do transplântio.

	Controle	UFLA05	UFLA372	UFLA401
CM x END	0,02 ns	-0,97 *	0,03 ns	-0,90 ns
CM x VES	0,00 ns	-0,15 ns	0,67 ns	0,97 *
CM x ARB	0,00 ns	-0,02 ns	-0,15 ns	-0,91 ns
CM x NE	0,00 ns	0,36 ns	0,99 *	-0,48 ns
END x VES	0,00 ns	0,03 ns	-0,29 ns	-0,90 ns

END x ARB	0,00 ns	0,15 ns	0,33 ns	0,98 *
END x NE	0,00 ns	-0,28 ns	-0,14 ns	0,74 ns

ns – não significativo ($p \geq 0,05$), * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p \leq 0,05$) e ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

A inoculação do UFLA05 resultou em 27,2 a 46% de colonização do *P. millegrana*, com 9,8 a 32,3% de vesículas e de 12,5 a 48,6% de arbúsculos, sem diferença entre 30 e 90 dias (Tabelas 1 e 2). A ocorrência de vesículas demonstra também que ocorreu contaminação, pois são estruturas típicas das micorrizas das famílias Glomeraceae e Acaulosporaceae (MOREIRA; SIQUEIRA; 2006). Além disso, houve colonização de 4,2 a 11,5% por fungos “dark septate”, sendo correlacionada negativamente com a micorrização ($r^2 = -0,97$; $0,01 \leq p \leq 0,05$) (Tabelas 1 e 3).

O capim *P. millegrana* inoculado com o isolado UFLA372 apresentou colonização de 27,2 a 46,0%, caracterizada por vesículas (3,6 a 8,1%) e de arbúsculos do tipo Arum (10,7 a 50,0%) sem diferença entre 30 e 90 dias (Tabelas 1 e 2). O arbúsculo Arum pode influenciar na velocidade de crescimento do *P. millegrana*, tal como citado por Berbara, Souza e Fonseca (2006).

A colonização do *P. millegrana* por UFLA372 foi inferior aos 80,4% citados para *P. dilatatum* com *G. mossae* e *G. intraradices* (CAVAGNARO et al., 2014). E a presença do endofítico “dark septate” pode inibir a micorrização (YAN et al., 2015). No entanto, não houve correlação entre a colonização micorrízica e a colonização por fungos endofíticos “dark septate” (Tabelas 1 e 3).

O emprego do isolado UFLA401 resultou na colonização de 30,5 a 51,2%, caracterizada por 50,0 a 64,1% de arbúsculos do tipo Paris, sem diferença entre 30 e 90 dias. As vesículas (31,6%) foram observadas após 90 dias de cultivo, sendo correlacionada positivamente com a colonização micorrízica ($r^2=0,97$; $0,01 \leq p \leq 0,05$). Enquanto que, a colonização por fungos endofíticos “dark septate” (7,6 a 13,8%) foi correlacionada com os arbúsculos ($r^2=0,98$; $0,01 \leq p \leq 0,05$) (Tabelas 1 a 3). Neste trabalho conduzido no verão a colonização micorrízica do *P. millegrana* foi arbuscular e/ou vesicular, a depender da espécie da micorriza e da interação com “dark septate” (Tabelas 2 e 3).

Em relação à esporulação micorrízica, a simbiose entre *P. millegrana* e UFLA05 resultou em maior número de esporos, em relação a UFLA372 e UFLA401 (Tabela 1). A menor esporulação do isolado UFLA372 (*Glomus etunicatum*) com *P. millegrana* difere dos resultados obtidos por Channabasava, Lakshman e Muthukumar et. al. (2015), provavelmente devido a origem distinta dos isolados utilizados nos bioensaios. Ressalta-se que a esporulação do UFLA372 foi correlacionada positivamente com a colonização micorrízica ($r^2 = 0,99$, $0,01 \leq p \leq 0,05$) (Tabela 3).

De maneira geral, *P. millegrana* foi colonizado pelos isolados micorrízicos testados e por endofíticos “dark septate”, que em conjunto podem influenciar na sobrevivência e no crescimento desta poácea, em condições de campo.

CONCLUSÕES

A colonização micorrízica de *P. millegrana* é arbuscular e/ou vesicular a depender da espécie de fungo micorrízico arbuscular.

O capim *P. millegrana* apresenta dois tipos de arbúsculos, o Arum e o Paris, a depender da interação fungo-planta.

A presença de fungos endofíticos “dark septate” pode influenciar na colonização micorrízica, a depender da interação fungo-planta-endofítico.

REFERÊNCIAS

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A. de; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53-88.

CAVAGNARO, R. A. et al. Screening of biomass production of cultivated forage grasses in response to mycorrhizal symbiosis under nutritional deficit conditions. **Japanese Society of Grassland Science**, v. 60, n. 1, p. 178-184, 2014.

CHANNABASAVA, A.; LAKSHMAN, H. C.; MUTHUKUMAR, T. Fly ash mycorrhizoremediation through *Paspalum scrobiculatum* L., inoculated with *Rhizophagus fasciculatus*. **Comptes Rendus Biologies**, v. 338, n. 1, p. 29-39, 2015.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, v. 46, p. 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489-500, 1980.

KRINGS, M. et al. Fungal endophytes in a 400-million-yr-old land plant: infection pathways, spatial distribution, and host responses. **New Phytologist**, v. 174, n. 3, p.648–657, 2007.

MIRANDA, J. C. C. **Cerrado: micorriza arbuscular-ocorrência e manejo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 169 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

RIBEIRO, K. G. et al. Isolamento, armazenamento e determinação da colonização por fungos “dark septate” a partir de plantas de arroz. **Revista Agro@ambiente on-line**, v. 5, n. 2, p. 97-105, 2011.

SYLVIA, D. M. Activity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology Biochem**, v. 20, n. 1, p. 39-43, 1988.

YAN, J. F. et al. Do endophytic fungi grow through their hosts systemically? **Fungal Ecology** v. 13 p. 53-59, 2015.

MODELLING SUGARCANE GROWTH AND DEVELOPMENT BASED ON A SIMPLE FUNCTIONAL-STRUCTURAL PLANT MODEL

Murilo dos S. Vianna¹, Fábio R. Marin², Klaas Metselaar³, Jochem B. Evers³

1 Ph. D. student at ESALQ/USP, Piracicaba – Brazil (murilodsv@gmail.com)

2 Assist. Prof. at ESALQ/USP, Piracicaba – Brazil

3 Assist. Prof. at WUR, Wageningen – The Netherlands

ABSTRACT: Sugarcane crop is the main source of sugar and the second largest source of biofuel in the world, been a major crop of social, economic and environmental importance in many tropical countries, including Brazil as the largest producer (50% world's amount). Sugarcane tillering process is highly affected by temperature and light competition, and sucrose accumulation is dependent on carbon partitioning and reserves pools along plant structure. Therefore, the aim of this paper was to develop and test a simple functional-structural plant model (FSPM) to simulate sugarcane growth and development. The FSPM was developed to integrate the main crop components from organ level (phytomer) based on a relative source-sink approach and a robust light model embedded into a three-dimensional modelling platform (GroIMP). To include the effect of soil water content, a soil-plant-atmosphere with a tipping bucket water balance routine was also implemented in the model. A sugarcane field experiment dataset was used for parameters deriving and model evaluating and testing. The FSPM was able to simulate sugarcane above dry biomass ($r^2=0.87$, $d=0.91$), stalk dry mass ($r^2=0.87$, $d=0.84$), sucrose content ($r^2=0.57$, $d=0.49$) and tillering ($r^2=0.87$, $d=0.95$) satisfactorily, opening new room for studies on intercropping, different row arrangements and canopy development.

KEY-WORDS: Functional-Structural Plant Model, Sugarcane, Modelling.

MODELANDO O CRESCIMENTO DE DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE- AÇÚCAR BASEADO EM UM MODELO DE PLANTA FUNCIONAL- ESTRUTURAL SIMPLES

RESUMO: A cana-de-açúcar é a principal fonte de açúcar e a segunda maior fonte de biocombustíveis do mundo, sendo uma das principais culturas de importância social, econômica e ambiental em muitos países tropicais, incluindo o Brasil como maior produtor mundial. O processo de perfilhamento da cana-de-açúcar é altamente afetado pela temperatura e pela competição de luz entre os perfilhos, e a o acúmulo de sacarose depende do particionamento de carbono e reservas ao longo da estrutura da planta. Portanto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e testar um modelo de planta funcional-estrutural simples (MPFE) para simular o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar. O MPFE foi desenvolvido para integrar os principais componentes da cultura a partir do nível de órgãos (fitômeros) com base em uma abordagem de fonte-dreno relativa e um modelo de luz robusto incorporado em uma plataforma de modelagem tridimensional (GroIMP). Para incluir o efeito do teor de água do solo, uma rotina de solo-planta-atmosfera com balanço hídrico tipo “*Tipping bucket*” foi implementada no modelo. Utilizou-se um conjunto de dados de experimentos de campo de cana-de-açúcar para derivação de parâmetros e avaliação e teste do modelo. O MPFE foi capaz de simular matéria seca aérea ($r^2 = 0,87$, $d = 0,91$), massa seca de colmos ($r^2 =$

0,87, $d = 0,84$), teor de sacarose ($r^2 = 0,57$, $d = 0,49$) e perfilhamento ($r^2=0.87$, $d=0.95$) de forma satisfatória, podendo ser uma boa ferramenta no suporte de estudos de consórcio, diferentes arranjos de linha de plantio e desenvolvimento de copa da cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo de Planta Funcional-Estrutural, Cana-de-açúcar, Modelagem.

INTRODUCTION

Sugarcane has emerged as the second largest source of biofuel and the main source of sugar in the world, been a major crop of social, economic and environmental importance in many countries (Goldemberg, 2007). Brazil is the largest producer (50% world's amount) wherein the crop is not only responsible for sugar production but for ethanol ("*flexfuel*" vehicles) and biomass energy (electricity and heating) (Walter *et al.*, 2014). In contrast to other crops, sugarcane plants are entirely harvested (aerial parts) and processed to extract sucrose and burnt for heating and electricity. Thus, differences in sucrose and fiber content between upper internodes of the stalks have attracted attention from molecular biologists attempting to identify enzymes and genes involved in rapid sucrose accumulation in parenchyma tissue (Whittaker and Botha 1997).

Despite of the great contribution on understanding and predictions of sugarcane growth and development (Keating *et al.*, 1999; Singels *et al.*, 2014) process based models (PBM) for sugarcane has been using weak physiological approaches to simulate sucrose accumulation limiting its use to support on plant breeding towards sucrose maximization (O'Leary, 2000). In this sense, studies have been made on phytomer level to understand and integrate whole plant carbon partitioning and sucrose accumulation (Lingle e Thomson, 2012; Singels e Inman-Bamber, 2011).

Functional-Structural Plant (FSP) studies has evolved on last decades with aid of computing processing techniques (Vos, Marcelis e Evers, 2007), together with ray-tracking algorithms and extensible languages. FSP models explicitly describes the growth and development over time of the three dimensional (3D) architecture or structure of plants as governed by physiological (Vos *et al.*, 2010).

Sugarcane crop grows under high competition for light among tillers, which determines the final crop population and thus yield. Moreover, attempts to better understand sucrose accumulation process and feedback responses of sucrose content in plant tissues to whole plant net photosynthesis rates on phytomer level were made and scaling up these processes to whole plant could be made by using FSP models (McCormick, Cramer e Watt, 2008). Therefore, the aim of this paper was to develop and test a simple functional-structural plant model (FSPM) to simulate sugarcane growth and development integrating it from plant organs and competition for light.

MATERIAL E METHODS

To simulate light competition among tillers, sucrose accumulation and carbon partitioning on organ level a simple FSPM for sugarcane was developed. The framework was based on a prior model for maize developed in Centre for Crop Systems Analysis (CSA), Wageningen. As the other models, it was included in a main structure designed to provide weather and soil data for plant growth and development simulations.

A sugarcane phytomer (re-writing) rule was created in order to reproduce a node, an axillary bud, a leaf sheath (with 180 degrees of phyllotaxis), leaf blade, an

internode and the apex (Moore e Botha, 2014; Singels e Inman-Bamber, 2011; Vos *et al.*, 2010). The growth grammar was set to replicate and modify this phytomer pattern over time based on crop responses to environment (light, temperature and water stress). Each plant's state variable such as leaf area, photosynthesis, height, stem weight and sucrose content are integrated based on its topology (Figure 1). Plant topology simulation is an important feature of FSPM enabling feedback responses of specific organs to plant processes or structure (Vos *et al.*, 2010; Xu *et al.*, 2011).

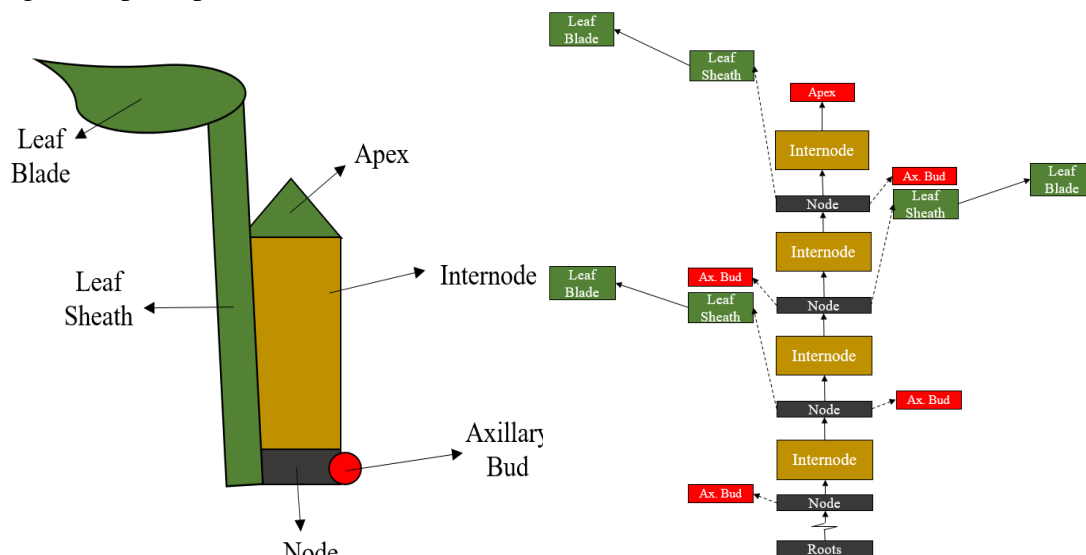


Figure 1. Sugarcane's phytomer (left) and topology (right) schematic details considered on functional-structural modelling.

A root growth rate ($\text{mm degree.day}^{-1}$) was adopted to calculate the emergence time from planting depth and temperature (Marin e Jones, 2014). To simulate ratooning conditions random positions for buds were set within 20 cm of the row, to avoid self-shedding and plants overlapping. In this way, each tiller was considered as a single plant due its difficulty to differentiate among tillers of 1st and 2nd order and so on. Thus, tillers were set to emerge from the soil base (Ratoon stool) based on a plastochron interval and the abortion starts based on a light interception threshold of 70% (Bezuidenhout *et al.*, 2003), accounted for each tiller in the simulation.

Leaves are initiated and appeared considering two phyllochron intervals to account for the “broken stick” phenomena of leaves creation (Inman-Bamber, 1994; Singels, Jones e Berg, 2008). A maximum number of green leaves was set for each tiller and considered as crop parameter threshold for leaf senescence. Therefore, the oldest leaf will shed when the corresponding tiller produces a number of leaves greater than a MaxGreenLeafNumber parameter (Keating *et al.*, 1999; Marin e Jones, 2014; Singels, Jones e Berg, 2008).

A relative sink-strength approach is used to simulate carbohydrate demand at the organ scale (Heuvelink, 1996) which dictates that substrates are allocated to growing organs according to their relative sink strength. A derivative sigmoidal curve as function of organ's age was used to simulate the sink strength of each organ over time. All organ sink strength was summarized and the relative sink strength was recalculated. The daily amount of plant substrates (priory calculated and integrated for all photosynthesizers organs and reserves pool) were allocated for all organs based on its relative sink-strength. The substrates not used into organ's allocation are then stored in a reserve pool for substrates.

As sugarcane is a C4 plant with high efficient sucrose accumulation mechanism it seems reasonable to consider the substrates pool as a total sugar pool which can be partitioned into hexose and sucrose. Thus, to simulate the sucrose accumulation in each culm's internode the plant substrates pool is partitioned among internodes accordingly to its structural biomass and age following Singels & Inman-bamber (2011) approach and data derived from Lingle & Thomson (2012). The amount of hexose required to each internode for growth and maintenance respiration is calculated based on classical method and sucrose amount for each internode is then considered the difference of total sugar and hexoses (Lingle e Thomson, 2012; Singels e Inman-Bamber, 2011).

More than forty specific parameters for sugarcane can be modified to run the FSPM (Table 1). Most of them were derived from literature and experimental data, such as leaf insertion angle and curvature, phyllotaxis, shape coefficient and canopy development. Although a calibration routine was not implemented, due to its stochastic functions (light direction, plant orientations and position), many parameters are easily measured on field experiments (sizes, weights, angles) or derived from PBMs.

Table 1. Plant parameters values and description for sugarcane FSPM.

Parameter	Value	Description
plastochron	72	Time between creation of two phytomers (dd) ²
phyllochron	72	Time between appearance of two leaves (dd) ²
plastochron2	172	Time between creation of two phytomers (dd) ³
phyllochron2	172	Time between appearance of two leaves (dd) ³
tillochron	120	Time between appearance of two tillers (dd) ^{4,8}
MaxGreenLeafNumber	10	Max green leaf number per tiller ⁸
MaxDewlapNumber	5	Max developed number of leaves per tiller ⁸
MaxPop	26	Max population (tillers m ⁻²) ^{2,8}
Tiller_light	0.3	Light interception threshold for tiller aborting ⁴
nrShortInternodes	5	Number of short internodes that should not elongate ⁸
TillerbelowG	0.08	Below ground growth rate for tiller (cm dd ⁻¹) ⁵
plas_change	10	Number of created plastochron for plastochron change ^{3,8}
phyl_change	10	Number of created phyllochron for phyllochron change ^{3,8}
wmaxRoot	20000	Maximum root system biomass ⁶
wmaxInt	20000	Maximum internode dry biomass ¹
wmaxSucrose	8700	Maximum sucrose mass within an internode ¹
wmaxLeaf	3000	Maximum leaf biomass ⁸
teRoot	4000	Root growth duration ³
teInt	688	Internode growth duration ¹
teLeaf	1008	Leaf growth duration ^{2,8}
maxWidthInt	0.03	Maximum internode width ⁸
PerCoeff	0.16	Fraction of plant elongation attributable to stalk elongation ³
StrucBiom	0.06	Specific structural volume change (mg cm ⁻³ dd ⁻¹) ¹
MaxStrucBiom	0.12	Maximum specific structural volume (mg cm ⁻³) ¹
amax	44	Max photosynthesis rate (mmol m ⁻² s ⁻¹) ⁷
eff	0.05	Initial light use efficiency (initial slope of light response curve) ⁷
LMA	4	Leaf mass per unit area (mg cm ⁻²) ^{2,8}
lwRatio	30	Ratio between leaf blade length and width ⁸
maxWidth	0.65	Location on the leaf where width is maximal (fraction of length) ⁸
shapeCoeff	0.4	Leaf shape coefficient ⁸
fPet	0.15	Petiole length (expressed as fraction of leaf blade length) ⁸
leafAngle	35	Insertion angle of all leaves ⁸
leafCurve	60	Leaf curvature - angle between bottom and top of leaf blade ⁸
phyllotaxis	180	Angle between consecutive leaves along a stem ⁸
varDelay	10	Max variation in germination delay ⁸
seedMass	1000	Seed endosperm mass (mg)
PlantingDepth	0.25	Planting Depth ⁸
tb	10	Base temperature for thermal time calculation ^{2,3}
eoratio	1.15	Ratio ETp from fully developed canopy to grass ETo (Kc from FAO-56) ³

¹Lingle & Thomson (2012); ²Marin & Jones (2014); ³Singels et al (2008); ⁴Bezuidenhout et al (2003); ⁵Keating et al (1999); ⁶Laclau & Laclau (2009); ⁷Sage et al (2014); ⁸Experimental Data.

In contrast to crop PBM, all organs are simulated individually interacting (or not) with the simulated environment and other plants. A re-writing rule determines each organ creation and abortion, whilst an updating rule is also used to update all organs state variables such as age, sink strength, amount of light intercepted, and dimensions. So, all organs have a form and functions inherent to each process, which in turn, can be modified by the environment and at the same time affect the environment (FSPM paradigm) (Godin, Dejong e Nikinmaa, 2014; Vos *et al.*, 2010).

The FSPM framework and main processes are summarized in Figure. To account for plant water use, FAO-56 Penman-Monteith method (Allen *et al.*, 1998), Priestley-Taylor (Ritchie, 1998) and crop coefficient (Allen, 1998) were included into environments routines. Moreover, a “tipping bucket” soil water balance method (Jones *et al.*, 2003; Ritchie, 1998; Suleiman e Ritchie, 2003) was implemented to simulate below ground water movement, water uptake by roots (Ritchie, 1998), roots development (Marin e Jones, 2014) and soil temperature (Sharpley e Williams, 1990). All these routines follow the PBMs concepts and were developed for entire canopies or large areas, so it roughly simulates the soil-plant-atmosphere conditions, and further modifications to account for organ level may be required.

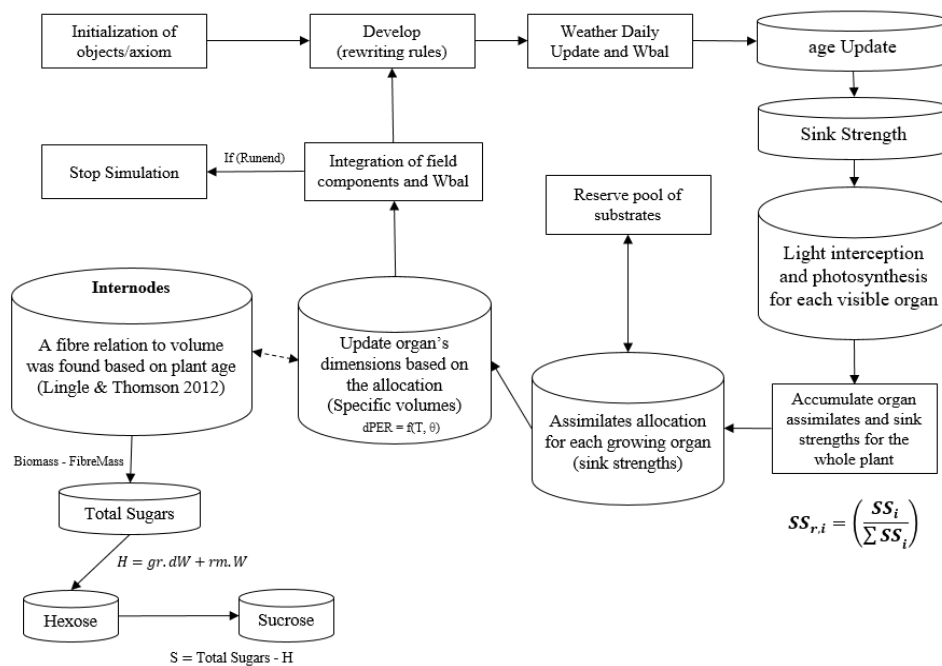


Figure 2. Schematic framework of the sugar FSPM main processes and modules since simulation's axiom to integrations.

All routines were implemented in GroIMP v1.2 (Growth Grammar-related Interactive Modelling Platform) which is a 3D modelling platform that includes growth grammars by XL language (ruled-based). It also includes a robust light model that simulates the amount of light absorbed, reflected and transmitted for each object in a scene by Monte-Carlo stochastic sampling (Hemmerling *et al.*, 2008).

Statistical indexes such as bias, root mean squared error (RMSE), relative root mean squared error (RRMSE), determination index (r^2) and the Willmot index (d) were used to evaluate the model performance in simulating each plant component (Wallach, Makowski e Jones, 2006). When scaling up from organ level to field level it is possible

to evaluate the FSPM simulations with same level of PBM. In this case, a irrigated field experiment dataset (Piracicaba – São Paulo, 2nd ratoon, lat.: 22°41'55"S lon.: 47°38'34"W alt.: 540m) with leaf area index (LAI), light interception, aerial and stalks dry and fresh biomass and leaf angle insertion and size were used to evaluate the FSPM model.

RESULTS AND DISCUSSION

Similarity of simulated plant structures, based on phytomers and rules-based, and sugarcane morphology was achieved with the FSPM (Figure 2). The model could graphically represent individual sugarcane organs, such as seeds (buds), internodes, leaf sheath and blade required for simulations. The structural differentiation between sugarcane planted and ratooned is showed in Figure 2, whereas planted cane tillers emerges from a single point, in contrast to ratooned, emerging from random position of buds within plant rows.

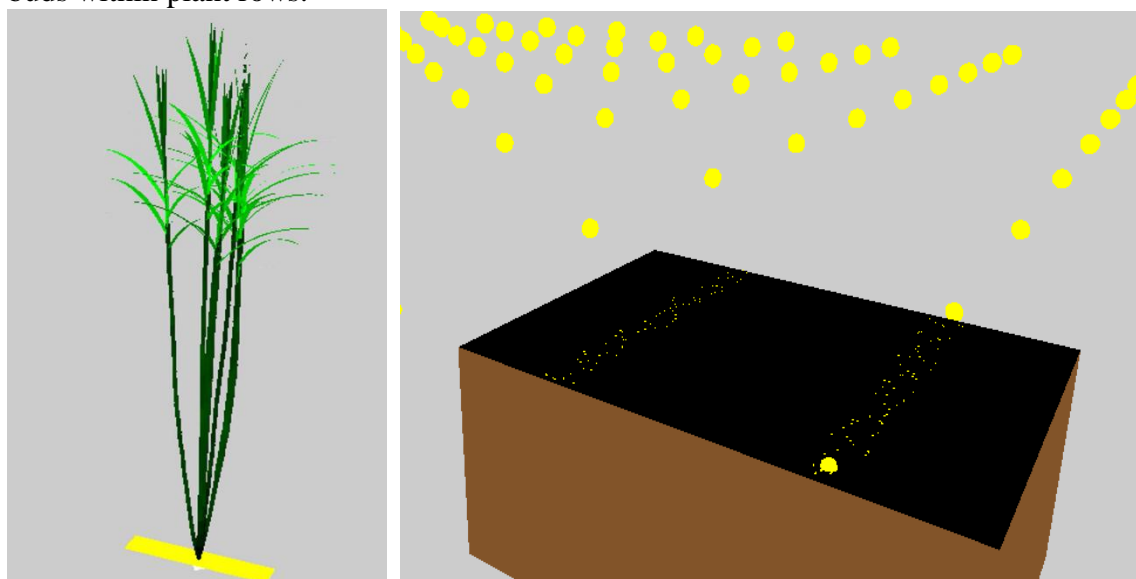


Figure 2. Structural representation of a planted sugarcane clump (left) and buds (small yellow dots) randomly positioned within planting row in ratooned sugarcane (right). The bigger yellow balls on right snapshot is a cloning feature of GroIMP to simulate extensive canopies efficiently avoiding border effects on results.

Phenological development, growth and function of simulated sugarcane can be observed in Figure 3. On this simulation for Piracicaba conditions is possible to identify the crop's emergence (50 DAP), tillering (between 50 to 170 DAP), stalk elongation and population establishment (from 170 DAP). Each organ in the scene has its own structural and physiological role for crop development, such as absorbing light for photosynthesis or "sensing" the environment for plant signaling. Thus, FSPM explicitly allow the feedbacks between structure and function to be captured. Furthermore, feedbacks can be addressed between processes at the level of an individual organ (the 'local level') and the functioning of the plant or plant stand as a whole (the 'global level') (Vos *et al.*, 2010).

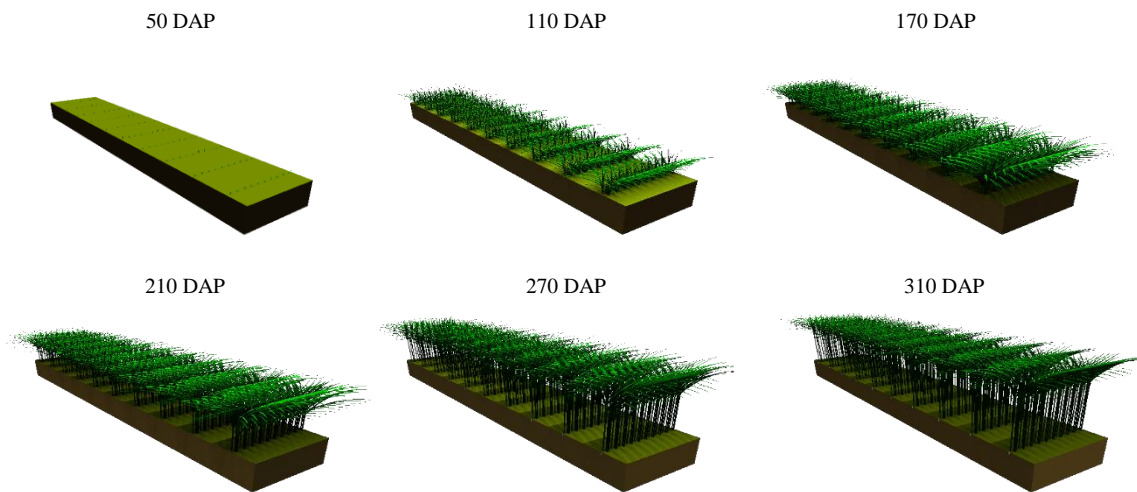


Figure 3. Rendered snapshots of a sugarcane FSPM simulation on different days after planting (DAP).

Fraction of intercepted fPAR (photosynthetically Active Radiation) measured over time in the Piracicaba experiment (Figure 4) follows the same pattern of several sugarcane rainfed conditions evaluated by Silva & Costa (2012). The same authors also evaluated the fPAR for several sugarcane cultivars in fully-irrigated fields, which resulted in similar pattern of simulated fPAR by the sugarcane FSPM in Piracicaba (Figure 4) (Silva, De e Costa, De, 2012). Water stress was not fully included in the model to account for all plant structural adaptation (e. g. leaf senescence, or tiller abortion for water stress), thus, mostly of simulated canopy and plant structure is still without water stress effect explaining the “fully-irrigated” (or potential) pattern in light interception. This, in part, confirms the ability of the GROIMP’s light model to precisely simulate light sources and its interception, as well as the “light dome” methodology used here (Evers *et al.*, 2010).

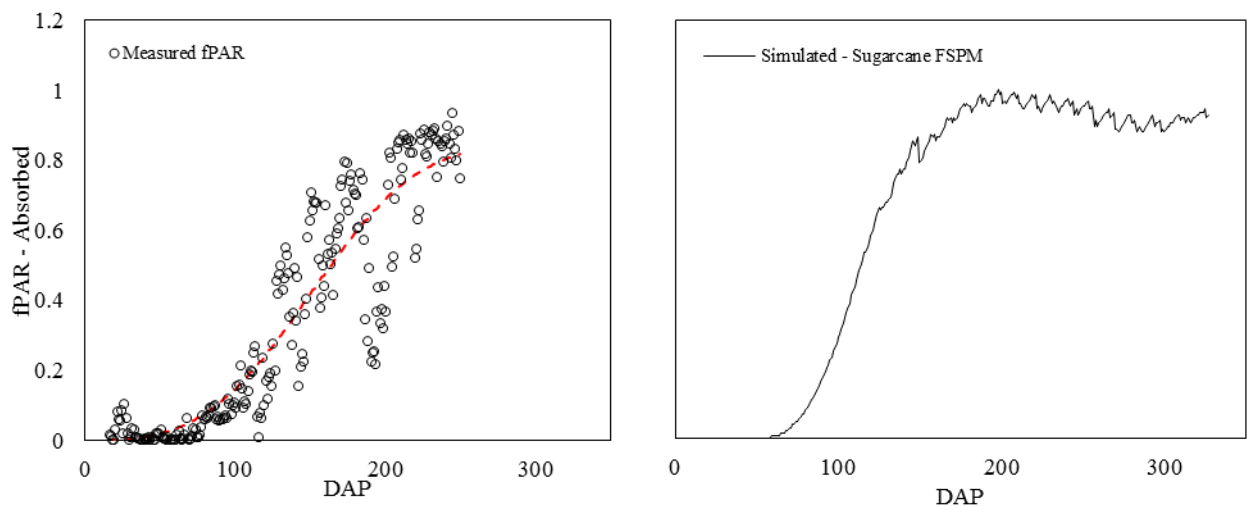


Figure 4. Fraction of photosynthetically active radiation (PAR) absorbed by the sugarcane canopy over time in Piracicaba experiment (left) and simulated fPAR by sugarcane FSPM in Piracicaba conditions (right).

Organ's dimension profiles for the RB867515 cultivar were simulated based on model parameters definition according to biometric measurements (Figure 5). The model computed continuous leaf growth from its appearance on tiller's tops up to its senescence based on maximum green leaf parameter. Therefore, final leaf blades lengths ranged from 1.3 to 1.73 m, and width was approximately 6 cm. Internodes expansion mainly occurs among top internodes, the model uses an expansion parameter to regulate stalk expansion based on air temperature and water stress (Keating *et al.*, 1999; Marin e Jones, 2014; Singels, Jones e Berg, 2008). A green leaf organ's dimension profile was also calculated by the model to follow up the canopy development during crop's season.

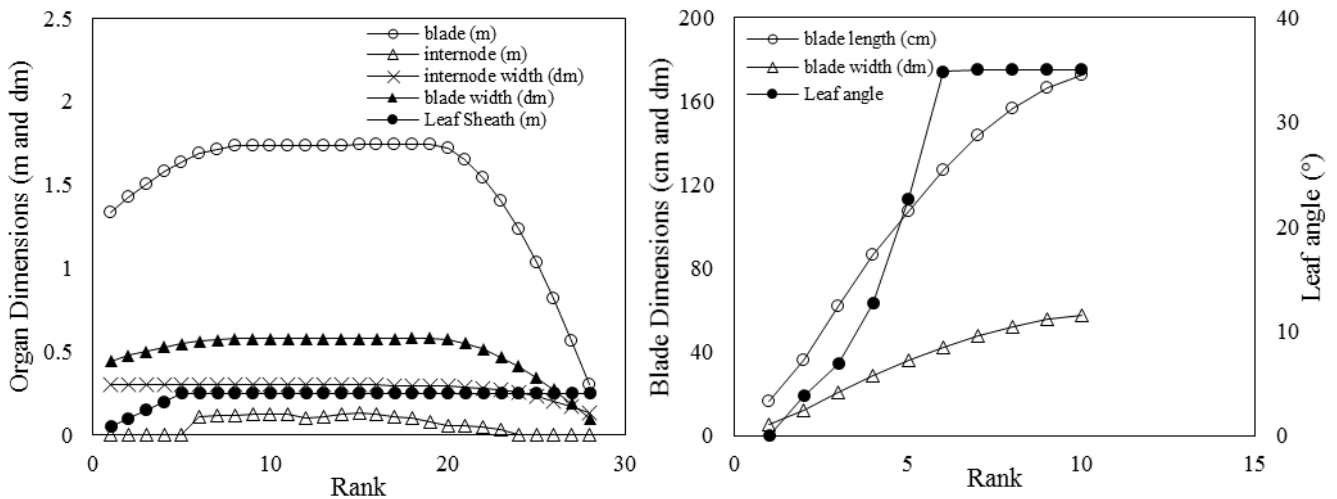


Figure 5. Organs dimension profile (left) and detailed leaf profile (right) over organs rank (phytomer creation) simulated by sugarcane FSPM in Piracicaba conditions.

Internode composition profile was also determined based on data derived from Lingle & Thomson (2012). Internode specific volume (structural) was calculated based on a relation with organ's age to calculate the structural allocated biomass and hexoses demand. The substrates reserves were then stored in internodes as total sugar pool. Sugarcane FSPM was able to simulate this process (Figure 6), where hexoses fraction of expanding internodes is higher due its high growth rates, shifting to sucrose after the intense growth stage (Lingle e Thomson, 2012; Singels e Inman-Bamber, 2011). Sucrose accumulation starts after internodes expansion phase (5th top internode), as observed in Lingle & Thomson (2012) and simulated by Singels & Inman-Bamber (2011) (Figure 6).

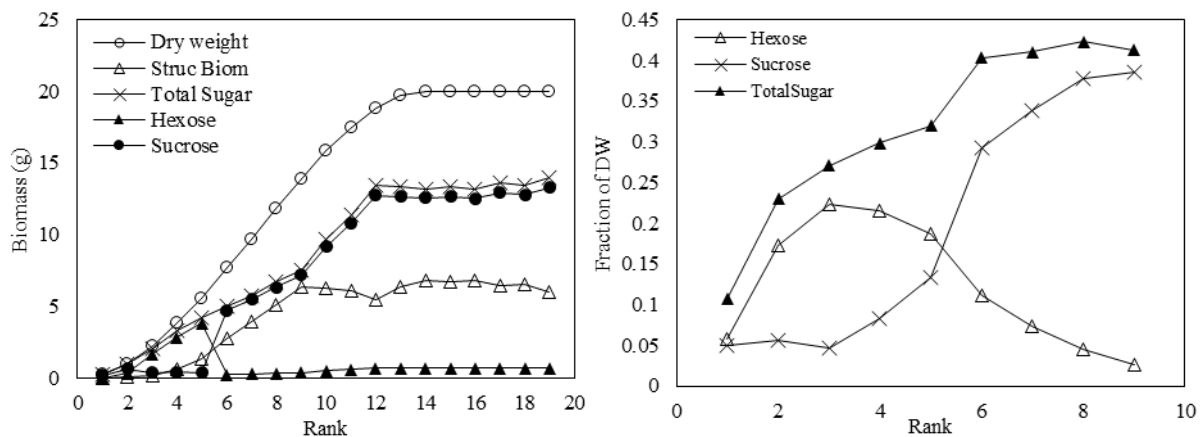


Figure 6. Composition profile of internodes over rank (left), simulated by sugarcane FSPM in Piracicaba conditions and fractions of sucrose, hexose and total sugars (right) measured on field experiment by Lingle & Thomson (2012).

Water balance routine implemented in the FSPM model simulated soil water content variations range throughout the season (Figure 7). This routine was implemented to roughly simulates soil-plant-atmosphere conditions. Further developments on root system also can be done in FSPM level (Leitner, Klepsch, Bodner, *et al.*, 2010; Leitner, Klepsch, Knieß, *et al.*, 2010; Or *et al.*, 2016).

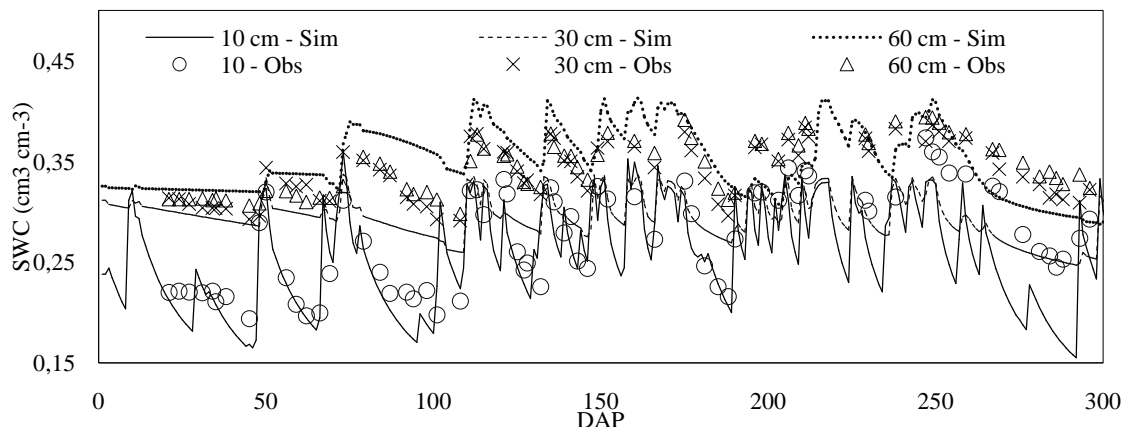


Figure 7. Soil water content ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) in three soil layers simulated by the sugarcane FSPM water balance routine and measured in Piracicaba experiment (average both experiments).

Stalk height was systematically underestimated by sugarcane FSPM (Figure 8). Underestimation may be due a delay caused by a higher number of short internodes parameter. Tillering process was well simulated by the model, which considered a tillorchron interval for base bud breaks and a light threshold for tiller aborting (Singels e Bezuidenhout, 2002). Further implementation of soil temperature may improve simulations for mulch cover, since this results were only satisfactory for no soil cover conditions.

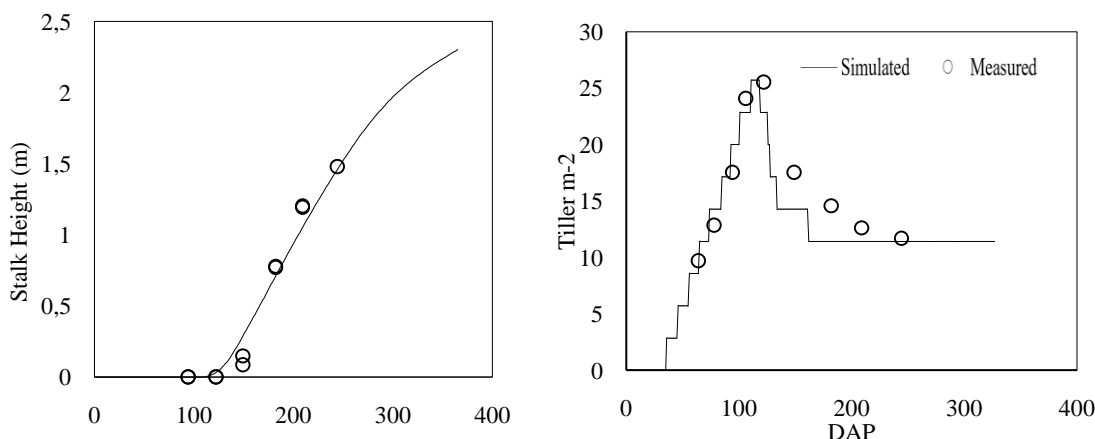


Figure 8. Stalk height (left) and tillering (right) simulated and measured by sugarcane FSPM in Piracicaba conditions.

Above dry mass and LAI were also well simulated for Piracicaba conditions (Figure 9). Canopy integration by leaves and tillers of different ages exhibited better

agreement in simulation of LAI than scaling up by population in Piracicaba. However, further assessments with data must be done to confirm this.

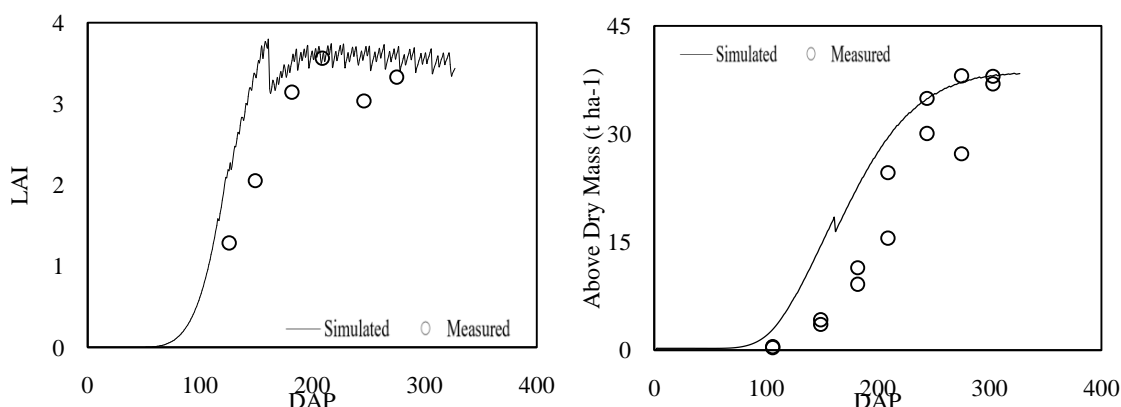


Figure 9. Leaf area index (left) and above ground dry mass (right) simulated and measured by sugarcane FSPM in Piracicaba conditions.

A delay time on stalk dry weight simulation was also verified (Figure 10). The parameter related to short internodes is high and could be decreased to account for this delaying in biomass accumulation. Sucrose accumulation rate simulated was high in 160 DAP, in addition, overestimated sucrose content during the whole season but the end. However, sucrose accumulation measured in different sites exhibited this same pattern (Marin e Jones, 2014).

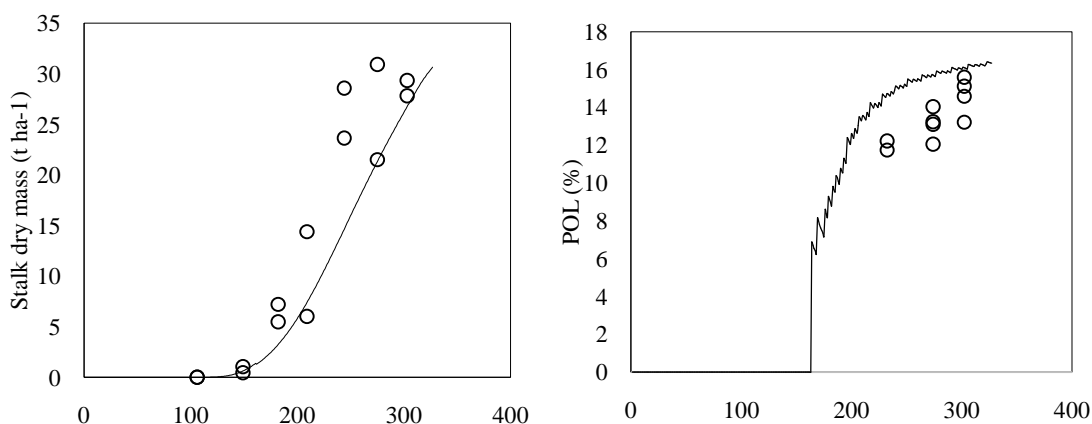


Figure 10. Stalk dry mass (left) and sucrose content on stalks (right) simulated and measured by sugarcane FSPM in Piracicaba conditions.

Those models had been used for intercropping and planting row arrangements due its ability to simulate competition for light among different plant structures (Mao *et al.*, 2016). Creating an FSPM requires the gathering of architectural, topological, and geometric data. In addition, because data required is more refined (organ level) physiological knowledge on studied plant ant specially the research goal must be clear.

CONCLUSIONS

A simple FSPM for sugarcane was developed focusing to describe the tillering process, light-interception, sucrose accumulation and carbohydrate allocation. Despite the remarkable advances achieved in crop science and engineering by the PBMs, many

more scientific challenges lie ahead in the new dynamic FSPMs. Because sugarcane is a crop entirely harvested and processed (aerial parts), and the process of sucrose accumulation wasn't totally understood and described a FSPM could be a versatile tool for guiding and testing scientific hypothesis on this regard. Furthermore, intercropping studies for sugarcane could be supported by this FSPM framework, as had been successfully done for other crops on past years (Vos *et al.*, 2010).

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by FAPESP (*processes 2015/16214-5 and 2014/05887-6*).

REFERENCES

- ALLEN, R. G. FAO Irrigation and Drainage Paper Crop by. Irrigation and Drainage, v. 300, n. 56, p. 300, 1998.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, n. 56, p. 300, 1998.
- BEZUIDENHOUT, C. N.; O'LEARY, G. J.; SINGELS, A.; BAJIC, V. B. A process-based model to simulate changes in tiller density and light interception of sugarcane crops. *Agricultural Systems*, v. 76, n. 2, p. 589–599, 2003.
- EVERS, J. B.; VOS, J.; YIN, X.; ROMERO, P.; PUTTEN, P. E. L. VAN DER; STRUIK, P. C. Simulation of wheat growth and development based on organ-level photosynthesis and assimilate allocation. *Journal of Experimental Botany*, v. 61, n. 8, p. 2203–2216, 2010.
- GODIN, C.; DEJONG, T. M.; NIKINMAA, E. Functional – structural plant models : a growing paradigm for plant studies. p. 599–603, 2014.
- GOLDEMBERG, J. Ethanol for a sustainable energy future. *Science (New York, N.Y.)*, v. 315, n. 5813, p. 808–810, 2007.
- HEMMERLING, R.; KNIEMEYER, O.; LANWERT, D.; KURTH, W.; BUCK-SORLIN, G. The rule-based language XL and the modelling environment GroIMP illustrated with simulated tree competition. *Functional Plant Biology*, v. 35, n. 10, p. 739–750, 2008.
- INMAN-BAMBER, N. G. Temperature and seasonal effects on canopy development and light interception of sugarcane. *Field Crops Research*, v. 36, n. 1, p. 41–51, 1994.
- JONES, J. W.; HOOGENBOOM, G.; PORTER, C. H.; BOOTE, K. J.; BATCHELOR, W. D.; HUNT, L. A.; WILKENS, P. W.; SINGH, U.; GIJSMAN, A. J.; RITCHIE, J. T. The DSSAT cropping system model. [s.l: s.n.]. v. 18
- KEATING, B. A.; ROBERTSON, M. J.; MUCHOW, R. C.; HUTH, N. I. Modelling sugarcane production systems I. Development and performance of the sugarcane module. *Field Crops Research*, v. 61, n. 3, p. 253–271, 1999.
- LEITNER, D.; KLEPSCH, S.; BODNER, G.; SCHNEPF, A. A dynamic root system growth model based on L-Systems Tropisms and coupling to nutrient uptake from soil. p. 177–192, 2010.
- LEITNER, D.; KLEPSCH, S.; KNIES, A.; SCHNEPF, A.; LEITNER, D.; KLEPSCH, S.; KNIES, A.; SCHNEPF, A. Systems The algorithmic beauty of plant roots – an L-System model for dynamic root growth simulation. v. 3954, n. September 2016, 2010.
- LINGLE, S. E.; THOMSON, J. L. Sugarcane Internode Composition During Crop Development. p. 168–178, 2012.
- MAO, L.; ZHANG, L.; EVERS, J. B.; HENKE, M.; WERF, W. VAN DER; LIU, S.; ZHANG, S.; ZHAO, X.; WANG, B.; LI, Z. Identification of plant configurations

maximizing radiation capture in relay strip cotton using a functional-structural plant model. *Field Crops Research*, v. 187, p. 1–11, 2016.

MARIN, F. R.; JONES, J. W. Process-based simple model for simulating sugarcane growth and production. *Scientia Agricola*, v. 71, n. 1, p. 1–16, 2014.

MCCORMICK, A. J.; CRAMER, M. D.; WATT, D. A. Regulation of photosynthesis by sugars in sugarcane leaves. *Journal of Plant Physiology*, v. 165, n. 17, p. 1817–1829, 2008.

MOORE, P. H. Integration of sucrose accumulation processes across hierarchical scales: Towards developing an understanding of the gene-to-crop continuum. *Field Crops Research*, v. 92, n. 2–3 SPEC. ISS., p. 119–135, 2005.

MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. *Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology*. [s.l.] WILEY Blackwell, 2014.

O’LEARY, G. J. A review of three sugarcane simulation models with respect to their prediction of sucrose yield. *Field Crops Research*, v. 68, n. 2, p. 97–111, 2000.

OR, D. et al. *Modeling Soil Processes: Review, Key Challenges, and New Perspectives* Brief History of Soil Modeling. v. 15, 2016.

RITCHIE, J. T. Soil water balance and plant water stress. In: TSUJI, G. Y.; HOOGENBOOM, G.; THORNTON, P. K. (Eds.). *Understanding Options for Agricultural Production*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1998. p. 41–54.

SHARPLEY, A. N.; WILLIAMS, J. R. EPIC-Erosion/Productivity Impact Calculator. *Tech. Bull.*, v. USDA, 1990.

SILVA, A. L. C. DE; COSTA, W. A. J. M. DE. Growth and Radiation Use Efficiency of Sugarcane Under Irrigated and Rain-fed Conditions in Sri Lanka. *Sugar Tech*, v. 14, n. 3, p. 247–254, 2012.

SINGELS, A.; BEZUIDENHOUT, C. N. A new method of simulating dry matter partitioning in the Canegro sugarcane model. *Field Crops Research*, v. 78, n. 2–3, p. 151–164, 2002.

SINGELS, A.; INMAN-BAMBER, N. G. Modelling genetic and environmental control of biomass partitioning at plant and phytomer level of sugarcane grown in controlled environments. *Crop and Pasture Science*, v. 62, n. 1, p. 66–81, 2011.

SINGELS, A.; JONES, M.; BERG, M. VAN DEN. DSSAT v4. 5 Canegro sugarcane plant module: scientific documentation. *South African Sugarcane Research Inst. Mount ...*, p. 1–34, 2008.

SINGELS, A.; JONES, M.; MARIN, F. R.; RUANE, A.; THORBURN, P. Predicting Climate Change Impacts on Sugarcane Production at Sites in Australia, Brazil and South Africa Using the Canegro Model. *Sugar Tech*, v. 16, n. 4, p. 347–355, 2014.

SULEIMAN, A. A.; RITCHIE, J. T. DIVISION S-1 — SOIL PHYSICS Modeling Soil Water Redistribution during Second-Stage Evaporation. v. 67, n. 2, p. 377–386, 2003.

VOS, J.; EVERS, J. B.; BUCK-SORLIN, G. H.; ANDRIEU, B.; CHELLE, M.; VISSER, P. H. B. DE. Functional-structural plant modelling: A new versatile tool in crop science. *Journal of Experimental Botany*, v. 61, n. 8, p. 2101–2115, 2010.

VOS, J.; MARCELIS, L. F. M.; EVERS, J. B. CHAPTER 1 FUNCTIONAL-STRUCTURAL PLANT MODELLING IN. In: *FunctionalStructural Plant Modelling in Crop Production*. [s.l.] Springer, 2007. p. 1–12.

WALLACH, D.; MAKOWSKI, D.; JONES, J. W. Working with dynamic crop models: evaluation, analysis, parameterization and applications. [s.l.: s.n.].

WALTER, A.; GALDOS, M. V.; SCARPARE, F. V.; LEAL, M. R. L. V.; SEABRA, J. E. A.; CUNHA, M. P. DA; PICOLI, M. C. A.; OLIVEIRA, C. O. F. DE. Brazilian sugarcane ethanol: Developments so far and challenges for the future. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, v. 3, n. 1, p. 70–92, 2014.

XU, L.; HENKE, M.; ZHU, J.; KURTH, W.; BUCK-SORLIN, G. A functionalstructural model of rice linking quantitative genetic information with morphological development and physiological processes. *Annals of Botany*, v. 107, n. 5, p. 817–828, 2011.

EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUA EM SORGO SUDÃO SOB ESTRESSE SALINO

José Raliuson Inácio Silva¹, Rodolfo Marcondes da Silva Souza², Eduardo Silva dos Santos³, Erison Martins Amaral⁴, Eduardo Soares de Souza⁵

¹Mestrando em Produção Vegetal, PPGPV/UAST/UFRPE, Serra Talhada-PE, raliuson.agro@gmail.com; ²Pós-doutor, DEN/UFPE, Recife-PE, rodolfomssouza@gmail.com; ³ Pós-doutor, PPGPV/UAST/UFRPE, Serra Talhada -PE, silvaufupe@yahoo.com.br; ⁴Graduando em Agronomia, UFRPE/UAST, Serra Talhada-PE, erison.martins@ufrpe.br; ⁵Professor Associado, PPGPV/UAST/UFRPE, Serra Talhada-PE, eduardo.ssouza@ufrpe.br.

RESUMO: Avaliou-se a eficiência no uso da água (EUA) do sorgo Sudão irrigado com água salina, em solo condicionado com biochar. O trabalho foi conduzido sob delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial de 4 x 4 com três repetições, sendo o primeiro fator os níveis de salinização [0,38 (testemunha), 1,82; 3,05 e 4,27 dS m⁻¹] obtidos pela diluição do rejeito salino na água de irrigação e o segundo fator as doses de biochar [0, 6, 12 e 24 t ha⁻¹]. Aos 35 dias após o início dos tratamentos, foram avaliadas a fotossintético (*A*), a transpiração (*E*), a condutância estomática (*g_s*), a eficiência momentânea de uso de água (EUAm) e a eficiência intrínseca de uso da água (EUAi). Posteriormente, as plantas foram coletadas e desidratadas para determinação da EUA_{pms} (g L⁻¹) a partir da relação entre a matéria seca produzida por volume de água consumido durante o período de irrigação. O biochar não influenciou nas trocas gasosas, nem nas diferentes formas de avaliação da EUA. A adição de 34% de rejeito salino na água de irrigação (1,82 dS m⁻¹) não influenciou nas trocas gasosas (*A*, *E* e *g_s*), nem tornou as plantas mais eficientes quanto ao uso de água (EUAm, EUAi e EUA_{pms}), quando comparada a testemunha. A EUA_{pms} de sorgo Sudão diminuiu quando se adicionou mais de 34% do rejeito salino na água de irrigação (CE > 1,82 dS m⁻¹), se mostrando mais sensível para avaliar os efeitos deletérios da salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: reuso de água, rejeito salino, trocas gasosas, biochar.

WATER USE EFFICIENCY OF SORGHUM SUDAN SUBMITTED TO SALINE WATER STRESS

ABSTRACT: efficiency (WUEm) and intrinsic water use efficiency (WUEAi) were evaluated. Afterwards, the plants were collected and dehydrated to determine the WUEpms (g L⁻¹) from the relation between the dry matter produced by the volume of water consumed during Water use efficiency of sudan sorghum irrigated with saline water was evaluated in conditioned soil with biochar. This work was conducted under a 4 x 4 factorial in a randomized complete block design was used, plus three replications, it is the first factor, irrigation water salinity has four levels [0.38 (control), 1.82; 3.05 and 4.27 dS m⁻¹] obtained by the dilution of reject stream,

while the second factor, four dosages of biochar [0, 6, 12 and 24 t ha⁻¹]. At 35 days after the beginning of the treatments, photosynthetic (A), transpiration (E), stomatal conductance (g_s), momentary water use the irrigation period. Biochar did not influence the gas exchanges and the different types of WUE evaluations. The addition of 34% of reject stream in irrigation water (1.82 dS m⁻¹) did not influence gas exchanges (A , E and g_s), nor did the plants make water use more efficient (WUE_m, WUE_i and WUE_{pms}), when compared to the control (0.38 dS m⁻¹). The WUE_{pms} of sorghum decreased when more than 34% of reject stream was added in irrigation water (EC > 1.82 dS m⁻¹), if more sensitive to evaluate the deleterious effects of salinity.

KEY-WORDS: Water reuse, reject stream, gas exchange, biochar.

INTRODUÇÃO

O sorgo Sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf), vem sendo bastante utilizado na alimentação dos rebanhos no semiárido, porém a má distribuição das chuvas não permite que o mesmo expresse todo o seu potencial produtivo, sendo necessária a utilização da irrigação. A utilização de águas subterrâneas, por meio da perfuração de poços, tem surgido como alternativa para aumentar a disponibilidade de água nas regiões áridas e semiáridas. Contudo, ocorre uma limitação na utilização das águas subterrâneas, que é o elevado teor de sais dissolvidos (SANTOS et al., 2011).

Diante dessa situação, a dessalinização através de osmose reversa tem surgido como alternativa, para tornar potáveis as águas subterrâneas salinas. Esse processo produz um rejeito extremamente salino com alto poder poluente. As diluição do rejeito e outras práticas agrícolas como adubações orgânicas ou fertilizantes industrializados, e mais recentemente o biochar (HAMMER et al., 2015), têm sido utilizado para amenizar os efeitos deletérios da salinidade.

Uma das formas de se analisar a resposta das plantas aos manejos da salinidade, é por meio de indicadores da eficiência do uso de água, pois relaciona a quantidade de matéria seca produzida com a quantidade de água aplicada ou por meio da relação da fotossíntese pela transpiração da planta. Diante do contexto, o presente trabalho tem como objetivo estudar distintos métodos que avaliem a eficiência no uso de água em sorgo Sudão irrigado com água de rejeito salino diluída em diferentes proporções, em solo condicionado com biochar.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nas dependências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST). O experimento foi conduzido em vasos e seguiu um delineamento em blocos casualizados, com arranjo fatorial 4 x 4 e três repetições, sendo o primeiro fator a adição de rejeito da dessalinização na água de irrigação (T1 = 100% água de abastecimento, T2 = 34% água de rejeito + 66% água de abastecimento, T3 = 66% água de rejeito + 34% água de abastecimento, T4 = 100% água de rejeito), correspondendo a condutividade elétrica [0,38 (testemunha), 1,82; 3,05 e 4,27 dS m⁻¹] e o segundo fator as doses de biochar (0, 6, 12 e 24 t ha⁻¹), resultando em 48 unidades experimentais.

Foram utilizadas cinco sementes de sorgo Sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) cultivar IPA SUDAN 4202, semeadas em vasos com capacidade para 8 litros,

camada de 0-0,20 m de um Cambissolo Háplico. O solo coletado foi destorroado, passado em peneira com malha de 4 mm e homogeneizado à dose de biochar correspondente.

O biochar foi obtido por pirólise de borra de café, seguindo-se o procedimento descrito por Silva (2016). Quinze dias após a semeadura foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso, e deu-se início a aplicação das diluições do rejeito salino, obtido em destilador de osmose reversa. As irrigações foram realizadas diariamente, mantendo-se a umidade do solo próximo da capacidade de campo.

Aos 35 dias de estresse salino, foram determinadas as trocas gasosas [fotossíntese, A ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática, g_s ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e transpiração, E ($\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)], utilizando-se, para isso, um Analisador Portátil de Gás Infravermelho (IRGA), modelo Licor-6400, operado com luz artificial fixada em $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e temperatura da câmara de leitura de $28 \text{ }^\circ\text{C}$. As leituras foram efetuadas entre 9:00 e 12:00 horas do dia (Figura 2). Com os dados de trocas gasosas, foram avaliadas as eficiências momentânea de uso de água ($\text{EUAm} = A/E$) e intrínseca de uso da água ($\text{EUAI} = A/g_s$). As plantas foram coletadas e desidratadas a 65° por 48 horas para determinação da matéria seca. A eficiência de uso de água (EUA), foi então obtida pela relação entre a matéria seca produzida e o volume de água disponibilizado por irrigação.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, análise de variância (teste F a 5 %) e ao teste de Tukey (5%) para comparação das médias. O programa utilizado para as análises estatísticas e a confecção dos gráficos foi o software estatístico R (TEAM, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, após 35 dias de irrigação com água salina, as trocas gasosas (A , E e g_s) sofreram influência do aumento da proporção do rejeito salino na água de irrigação. No entanto, não foi observado efeito significativo do biochar e da interação do mesmo com o aumento da salinidade.

Não houve diferença entre as trocas gasosas para as proporções de 0 e 34% do rejeito do salino (Tabela 1). A adição de 34% de rejeito salino na água de irrigação, não causou danos ao aparelho fotossintético das plantas. Os valores de A , E e g_s não sofreram redução com o aumento de rejeito salino na água de irrigação. A exposição prolongada aos sais acarreta alterações no status hídricos da planta, induzindo ao fechamento estomático, com consequente diminuição das trocas gasosas (SILVA et al. 2011).

A EUAm e EUAI não sofreram efeito significativo das diferentes proporções de rejeito salino (Tabela 1). Plantas com maior EUA podem apresentar maior tolerância à salinidade, não somente devido à maior regulação das perdas de água, como também por ocorrer o retardamento na acumulação de sais nas folhas, ao limitar o fluxo de sais para a parte aérea, devido a menor taxa transpiratória (FERNANDES et al., 2010).

Tabela 1. Análise das trocas gasosas e da eficiência de uso de água de plantas de sorgo sudão, em função dos níveis de salinidade da água de irrigação.

Rejeito salino (%)	A	E	g_s	EUAm	EUAI
0	35,74 a	0,185 a	6,92 a	5,40 a	193,40 a
34	30,21 ab	0,155 ab	5,87 ab	5,26 a	205,98 a
66	26,05 bc	0,134 bc	4,87 bc	5,57 a	203,31 a

100	23,3 c	0,115 c	4,04 c	5,69 a	201,33 a
CV (%)	17,37	18,61	21,98	11,81	7,47

Médias seguidas pelas letras iguais na coluna, não diferem entre-si pelo teste de tukey a 5%. A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) é a fotossíntese líquida, E ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) é a transpiração, g_s ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) é a condutância estomática, EUAm [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] é a eficiência momentânea de uso de água e EUAi [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] é a eficiência intrínseca de uso da água

O fechamento parcial dos estômatos, como mecanismo de defesa ao estresse salino, reduz a fotossíntese por capturar menos CO_2 . Assim, a redução proporcional da A (65%), da E (62%) e da g_s (58%), explicam a manutenção dos valores de EUAm e de EUAi , com o aumento da salinidade da água de irrigação. Para fixar 1 g de CO_2 , sorgo

sorgo Sudão sob estresse salino perde aproximadamente a mesma quantidade de água sem estresse salino. Contudo, as plantas sem estresse conseguem fixar 1g de CO_2 mais rapidamente que as plantas estressadas.

A manutenção da EUAm e da EUAi não se reverteu na conservação da produtividade da planta, mas numa redução significativa da EUApms , com o aumento da salinidade (Figura 1). A irrigação com água salina promove a redução do potencial hídrico do solo, limitando a absorção de água pelas raízes e nutrientes pelas raízes, interferindo nos processos de alongamento e divisão celular (TAIZ & ZEIGER, 2013), com consequente redução das taxas de crescimento da planta. Coelho (2013) observou que na medida em que as concentrações de sais na água de irrigação aumentavam, as plantas de sorgo aumentavam as EUAm e EUAi , porém, ocorria decréscimos significativos no acúmulo de massa seca. Isso ocorre, porque a planta ao assimilar menos CO_2 , reduz a produção de fotoassimilados, bem como seu crescimento e seu desenvolvimento, os quais atrelados aos demais efeitos da salinidade, ocasionam menor produtividade.

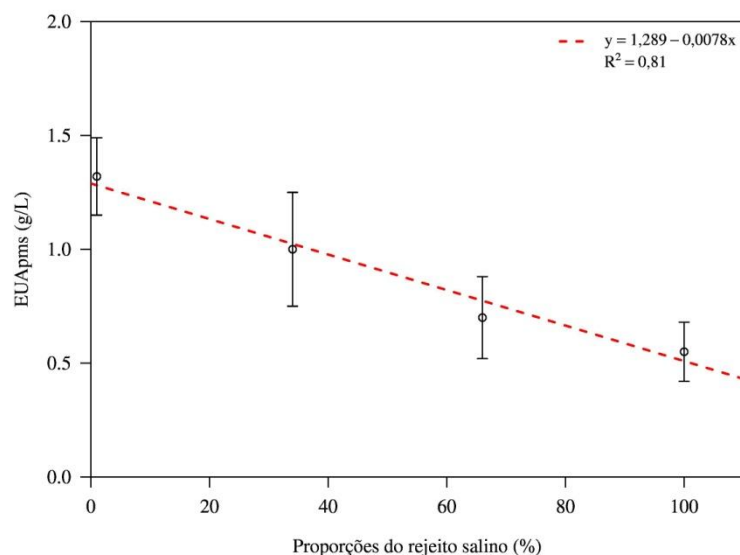


Figura 10: Dinâmica da redução da eficiência de uso da água para produção de matéria seca (EUApms), em função do aumento da proporção do rejeito salino na água de irrigação.

CONCLUSÕES

Pode-se adicionar até 34% de rejeito salino na água de irrigação ($1,82 \text{ dS m}^{-1}$) do sorgo sudão, que essa proporção não causa reduções significativas nas trocas gasosas (fotossíntese, condutância estomática e transpiração) e na eficiência do uso para produção de matéria seca.

A eficiência de uso de água para produção de matéria seca, se mostrou mas sensível na detecção dos efeitos da salinidade, uma vez que as eficiências momentânea e intrínseca não apresentaram diferença quando se aumentava a salinidade.

REFERÊNCIAS

HAMMER E. C. et al. Biochar increases arbuscular mycorrhizal plant growth enhancement and ameliorates salinity stress. *Applied Soil Ecology*, v.96, p.114-121, 2015.

FERNANDES, P.D. et al. Biossalinidade e produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p.303-317, 2010.

SANTOS, A. N. et al. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.2, p.319-326, 2011.

SILVA W. M. S. Aplicação de Biochar de resíduos de café em Neossolo Regolítico: Efeito nas características químicas e biológicas e na produção de milho e feijão. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p.

TEAM CORE R. *A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2015.

VARIAÇÃO SAZONAL PARA TEOR DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ERVA-BALEEIRA EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO

Luís Fernando de Andrade Nascimento¹, José Carlos Freitas de Sá Filho², Bruna Maria Santos de Oliveira³, Letícia Viana Pereira⁴, Arie Fitzgerald Blank⁵

¹Graduando, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, luiz.fer.nando@hotmail.com;

²Graduando, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, carlos.freitasa@yahoo.com.br;

³Doutoranda, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, bruna_barreiros02@hotmail.com;

⁴Graduanda, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, leticiavianapereira@hotmail.com;

⁵Orientador, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, arie.blank@gmail.com

RESUMO: A erva-baleeira é uma planta com diversas atividades biológicas comprovadas, entre elas anti-inflamatória, analgésica, antiulcerogênica, inseticida e antifúngica. As atividades estão relacionadas aos compostos provenientes dos metabólitos secundários das plantas, presente nos óleos essenciais. O objetivo do estudo foi avaliar o teor de óleo essencial dos acessos de *V. curassavica* do Banco Ativo de Germoplasma da UFS. O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental “Campus Rural” e Laboratório de Recursos Genéticos da UFS, a partir da coleta das folhas de 26 acessos do BAG de erva-baleeira. A extração dos óleos essenciais foi realizada por meio de hidrodestilação e Clevenger modificado e amostras contendo 50g de folha seca. A época de colheita, onde houve o aumento na produção de óleos essenciais foi a de verão e o acesso que melhor representou esse comportamento foi VCUR105.

PALAVRAS-CHAVE: Banco ativo de germoplasma ; plantas medicinais *Varronia curassavica*.

SEASONAL VARIATION FOR ESSENTIAL OIL OF ERVA-BALEEIRA IN TWO GROWING SEASONS

ABSTRACT: The erva-baleeira is a plant with several proven biological activities, among them anti-inflammatory, analgesic, antiulcerogenic, insecticidal and antifungal. The activities are related to the compounds derived from the secondary metabolites of the plants, present in the essential oils. The objective of the study was to evaluate the essential oil content of the access *V. curassavica* of the Germplasm Active Bank (GAB) of UFS. The work was performed in Experimental Farm "Campus Rural" and Laboratory of Genetic Resources and Essential oils of the Federal University of Sergipe, from collection of leaves from 26 access of GAB in erva-baleeira. The extraction of the essential oils was carried out by hydrodistillation and modified Clevenger and samples containing 50g of dry sheet. The harvest season, where there was an increase in the production of essential oils, was that of summer, and the access that best represented this behavior was VCUR105.

KEY-WORDS: Germoplasm active bank; medicinal plants; *Varronia curassavica*.

INTRODUÇÃO

Plantas medicinais e aromáticas apresentam grande potencial de uso devido aos compostos bioativos que possuem, especialmente os presentes em seus óleos essenciais (SOUZA et al., 2010). A erva-baleeira *Varronia curassavica* Jacq. (ex *Cordia verbenacea* DC.) é uma planta medicinal e aromática originária do Brasil, pertencente à família Cordiaceae (GASPARINO; BARROS, 2009). É encontrada desde a América

Central até o sul do Brasil (LORENZI; MATOS, 2008). Suas folhas são caracterizadas pelo odor forte e persistente e são utilizadas na forma de infusões, decocções e compressas e na forma de pomadas, apontando o tratamento de artrites, reumatismo, úlceras, inflamações e como cicatrizante.

A espécie apresenta diversas atividades biológicas comprovadas, dentre elas a ação anti-inflamatória, analgésica (SERTIÉ et al., 2005) e antiulcerogênica (ROLDÃO et al., 2008). Outros estudos revelaram que o extrato da planta de erva-baleeira ou o óleo essencial apresenta atividade antifúngica e toxicidade para a larva do mosquito *Aedes aegypti* (SERTIÉ et al., 1991; SANTOS et al., 2006) e atividade antifúngica sobre *Lasiodiplodia theobromae* que é um agente patogênico causador de doenças importantes no setor agrícola (NÍZIO et al., 2015).

Sabendo da importância do uso das plantas medicinais, existe a necessidade de identificar métodos adequados de cultivo para da erva-baleeira, sendo assim o objetivo do trabalho é avaliar o teor de óleo essencial de acessos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de *V. curassavica* em duas épocas de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental “Campus Rural” da Universidade Federal de Sergipe e no Laboratório de Recursos Genéticos e Óleos Essenciais. Foram coletadas folhas de cada acesso e determinada a massa fresca de cada em balança digital, as folhas foram levadas a estufa de circulação forçada de ar, onde ficaram secando por cinco dias, após esse processo determinou-se a massa seca. A colheita foi realizada no mês de dezembro de 2015 para época seca e junho de 2016 para época chuvosa e os dados médios de precipitação estão apresentados na Figura 1.

Os óleos essenciais foram extraídos por meio de hidrodestilação em aparelho Clevenger modificado e balão volumétrico de 3 litros, durante 120 minutos e com amostras de 50g de folha seca. O teor é determinado pela fórmula:

$$\frac{\text{Rendimento de óleo da amostra}}{50 \text{ g da amostra}} \times 100 \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o final da colheita e extração de óleo essencial é possível verificar que o acesso VCUR105 demonstrou melhor desempenho nas duas épocas de colheita (3,2% e 2,8% para as épocas de inverno e verão respectivamente), embora não tenha diferido dos acessos VCUR101 (2,7%) e VCUR003 (2,7%) que também se destacaram para época seca. Apenas 4 acessos (VCUR 001, VCUR 003, VCUR 004, VCUR 503) demonstraram um menor teor para a época de chuva (Tabela 1), para os demais acessos a variável época de colheita não influenciou no teor de óleo essencial.

Tabela 1. Teor (%) de óleo essencial dos acessos do BAG de erva-baleeira da UFS em duas épocas de colheita

Acessos	Época de colheita	
	Chuvosa	Seca
VCUR001	0,986 d B	1,700 c A
VCUR101	2,542 b A	2,728 a A
VCUR102	2,400 b A	2,178 b A
VCUR103	1,211 d A	1,584 c A
VCUR104	1,783 c A	2,194 b A
VCUR105	3,200 a A	2,844 a A
VCUR002	1,451 c A	1,173 d A
VCUR201	1,982 b A	1,694 c A
VCUR202	1,898 b A	1,983 b A
VCUR003	2,200 b B	2,775 a A
VCUR301	1,625 c A	2,064 b A
VCUR302	1,187 d A	1,376 d A
VCUR303	1,288 d A	1,450 d A
VCUR004	1,300 d B	2,000 b A
VCUR401	1,318 d A	1,651 c A
VCUR402	0,812 d A	1,204 d A
VCUR403	1,600 c A	1,350 d A
VCUR404	1,167 d A	1,278 d A
VCUR501	2,117 b A	1,833 c A
VCUR502	1,591 c A	1,564 c A
VCUR503	1,231 d B	1,727 c A
VCUR504	1,512 c A	1,363 d A
VCUR505	1,750 c A	1,354 d A
VCUR601	1,093 d A	1,083 d A
VCUR701	1,258 d A	1,122 d A
VCUR801	1,200 d A	1,482 c A
CV-a (%)		25,18
CV-a (%)		17,33

Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra minúscula e nas linhas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-knot ao nível de 5% de probabilidade; *CV-a é o coeficiente de variação em relação aos genótipos; **CV-b é o coeficiente de variação em relação as épocas de colheita.

Os resultados encontrados para acessos VCUR 001, VCUR 003, VCUR 004, VCUR 503 estão de acordo com os resultados encontrados por Aleman e Marques (2016), que verificaram que a redução na água de irrigação favorece a produção de óleos essenciais, devido a condição de estresse abiótico induzir as plantas a produzir mais metabólitos secundários como mecanismo de defesa. Também segundo Matias e colaboradores (2016) as condições edafoclimáticas influenciam na produção de óleos essenciais.

Outro fator importante a ser considerado é a variação genética e expressão fenotípica das plantas de erva-baleeira e isso pode influenciar no teor e composição dos óleos essenciais.

CONCLUSÕES

A época de verão favoreceu o aumento no teor de óleo essencial dos acessos de erva-baleeira do Banco Ativo de Germoplasma da UFS, sendo o acesso VCUR105 o que melhor representou esse comportamento.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Sergipe e Campus Rural, Grupo de Pesquisa de Plantas Mediciniais, Condimentares e Olerícolas, Clínica Fitossanitária da UFS, CNPq, CAPES e FAPITEC pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ALEMAN, C. C.; MARQUES, P. A. A. Irrigation and organic fertilization on the production of essential oil and flavoid in chamomile, Campina Grande – PB, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1045-1050, 2016

GASPARINO, E. C.; BARROS, M. A. V. C. Palinotaxonomia das espécies de Cordiaceae (Boraginaceae) ocorrentes no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 1, p. 33-55, 2009

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: Nativas e exóticas. 2^o ed.** Nova Oessa, SP. Instituto Plantarum de estudos da Flora, pg. 544, 2008

MATIAS, E. F. F.; ALVES, E. F.; SILVA, M. K. N.; CARVALHO, V. R. A.; FIGUEREDO, F. G.; FERREIRA, J. V. A.; COUTINHO, H. D. M.; SILVA, J. M. F. L. Seasonal variation, chemical composition and biological activity of the *Cordia verbenácea* DC (Boraginaceae) and the sabinense. **Industrial Crops and Products**, v. 87, p. 45-53, 2016

NIZIO, D. A. C.; BRITO, F. A.; SAMPAIO, T. S.; MELO, J. O.; SILVA, F. L. S.; GAGLIARDI, P. R.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; ANJOS, C. S.; ALVES, P. B.; WISNIEWSKI JUNIOR, A.; BLANK, A. F. Chemical diversity of native populations of *Varronia curassavica* Jacq. and antifungal activity against *Lasiodopodia theobromae*. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 437 – 448, 2015

ROLDÃO, E. F.; WITAICENIS, A.; SEITO, L. N.; HIRUMA-LIMA, C. A.; DI STASI, L. C. Evaluation of the antiulcerogenic and analgesic activities of *Cordia verbenaceae* DC (Boraginaceae), **Journal of Ethnopharmacology**, v.: 119, p. 94 – 98, 2008

SANTOS, R. P.; NUNES, E. P.; NASCIMENTO, R. F.; SANTIAGO, G. M. P.; MENEZES, G. H. A.; SILVEIRA, E. R.; PESSOA, O. D. L. Chemical Composition and Larvicidal Activity of the Essential Oils of *Cordia leucomalloides* and *Cordia curassavica* from the Northeast of Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.17, n.5, 2006

SERTIÉ, J. A. A.; BASILE, A. C.; PANIZZA, S.; OSHIRO, T. T.; AZZOLINI, C. P.; PENNA, S. C. Pharmacological assay of *Cordia verbenacea*. Part III. Oral and topical antiinflammatory activity and gastrotoxicity of a crude leaf extract. **Journal of Ethnopharmacology**, v.31, p. 239 – 247, 1991

SERTIÉ, J. A. A.; WOISKY, R. G.; WIEZEL, G.; RODRIGUES, M. Pharmacological assay of *Cordia verbenacea*. Part V: oral and topical anti-inflammatory activity, analgesic effect and fetus toxicity of a crude leaf extract. **Phytomedicine**, v. 12, p. 338 - 344, 2005

SOUZA, S. A. M.; MEIRA, M. R.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R. Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia – GO, v. 6, n. 10, p. 01 - 11, 2010

EFEITO DA IRRIGAÇÃO COM REJEITO SALINO NA ASSIMILAÇÃO DE CO₂ EM SORGO SUDÃO

José Raliuson Inácio Silva¹, Rodolfo Marcondes da Silva Souza², Eduardo Silva dos Santos³, Vitor Henrique de Lima Gomes⁴, Eduardo Soares de Souza⁵

¹Mestrando em Produção Vegetal, PPGPV/UAST/UFRPE, Serra Talhada-PE, raliuson.agro@gmail.com; ²Pós-doutor, DEN/UFPE, Recife-PE, rodolfomssouza@gmail.com; ³ Pós-doutor, PPGPV/UAST/UFRPE, Serra Talhada -PE, silvaufprpe@yahoo.com.br; ⁴Graduando em Agronomia, UFRPE/UAST, Serra Talhada-PE, victor.lima.vhlg@gmail.com; ⁵Professor Associado, PPGPV/UAST/UFRPE, Serra Talhada-PE, edurardo.ssouza@ufrpe.br.

RESUMO: O presente estudo tem como objetivo avaliar a eficiência na fixação de CO₂, em sorgo sudão irrigado com água de rejeito de dessalinizador, diluído com água potável em diferentes proporções, em solo condicionado com biochar. O trabalho foi conduzido sob delineamento em blocos causalizados, em esquema fatorial de 4 x 4 mais três repetições, sendo O primeiro fator foi constituído pelos níveis de salinização [0,38 (testemunha), 1,82; 3,05 e 4,27 dS m⁻¹] obtidos pela diluição do rejeito salino na água de irrigação e o segundo por doses de biochar [0, 6, 12 e 24 t ha⁻¹]. Trinta e cinco dias após início da aplicação dos tratamentos, foram avaliadas as trocas gasosas [taxa de assimilação de CO₂ (A) (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) e transpiração (E) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹)], convertidas posteriormente em massa de assimilação de CO₂ e massa de perda de água. O biochar não influenciou de forma significativa as variáveis estudadas. O acréscimo de 34% de rejeito salino na água de irrigação (1,82 dS m⁻¹) não influenciou na assimilação de CO₂ e na perda de água pelo sorgo sudão, quando comparada com as plantas da testemunha. As plantas de sorgo sudão mantém a eficiência momentânea de uso de água sob estresse salino, por perderem, proporcionalmente, a mesma quantidade de água para assimilar 1 g de CO₂. Contudo, as plantas sob estresse salino levam mais tempo para fixar 1 g de CO₂, o que contribui para um menor desenvolvimento da planta.

PALAVRAS-CHAVE: estresse salino, trocas gasosas, biochar e reuso de água.

EFFECT OF IRRIGATION WITH SALINE TAILINGS ON CO₂ ASSIMILATION IN SUDAN SORGHUM

ABSTRACT: The present study aims to evaluate the efficiency of CO₂ fixation in sudan sorghum irrigated with desalination reject stream, diluted with water in different proportions, in conditioned soil with biochar. The work was conducted under a randomized block design, in a 4 x 4 factorial scheme plus three replications, the first factor being the salinization levels [0.38 (control), 1.82; 3.05 and 4.27 dS m⁻¹] obtained by the dilution of the reject stream in the irrigation water and the second factor the doses of biochar [0, 6, 12 and 24 t ha⁻¹]. Thirty-five days after application of the treatments, gas exchange (CO₂ assimilation rate (A) (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) and transpiration (E) (mol H₂O m⁻² s⁻¹), subsequently converted into mass CO₂ assimilation and mass loss of water. Biochar did not significantly influence the studied variables. The increase of 34% of salt reject in the irrigation water (1.82 dS m⁻¹), did not influence the assimilation of CO₂ and the loss of water by the sorghum, when compared to the control plants. Sudan sorghum plants maintain the momentary efficiency of water use under salt stress, because they lose proportionally the same amount of water to assimilate 1 g of CO₂. However, plants under salinity stress to take more time to absorbed 1 g of CO₂, which contributes to smaller development of the plant.

KEY-WORDS: Salinity stress, gas exchange, biochar and water reuse.

INTRODUÇÃO

O cultivo de sorgo sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf), vem se expandindo ao longo dos anos na região semiárida, devido ao crescimento rápido que está associado a grande

capacidade de assimilar CO₂ dessa espécie. Contudo, a assimilação de CO₂ é controlada pela abertura estomática, que por sua vez, é fortemente influenciada pela disponibilidade de água no solo (GUARDA; CAMPOS, 2014). A irrigação é uma técnica que maximiza a fixação de CO₂, pois mantém o conteúdo de água no solo sempre próximo da capacidade de campo.

As águas subterrâneas têm sido apresentadas como alternativa para aumentar a disponibilidade de água nas regiões áridas e semiáridas. Contudo, ocorre uma limitação na utilização das águas subterrâneas, que é o elevado teor de sais dissolvidos (SANTOS et al., 2011). Diante dessa situação, o uso de dessalinizadores de osmose reversa tem sido recorrente com o propósito de torna potável as águas subterrâneas salinas. Estudos mostram que o rejeito de dessalinizadores pode ser utilizado como água para irrigação, desde que seja associado a um manejo correto (MOURA et al., 2016).

A associação dessa técnica, com outras formas de atenuar os efeitos deletérios da salinidade, como o uso de biochar, tem surgido como alternativa de baixo custo para amenizar os problemas da salinidade para as plantas (HAMMER et al., 2015). Diante do contexto o presente estudo tem como objetivo avaliar a eficiência na fixação de CO₂, em sorgo sudão irrigado com água de rejeito salino, diluída em diferentes proporções de água potável, em solo condicionado com biochar.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nas dependências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST). Foi aplicado o delineamento em blocos casualizados no esquema 4 x 4, com três repetições, sendo o primeiro fator as proporções de rejeito na água de irrigação (0, 33, 64 e 100% de rejeito salino) e o segundo fator as doses de biochar (0, 6, 12 e 24 t ha⁻¹).

As plantas de sorgo sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf), cultivar IPA SUDAN 4202, foram semeados cinco sementes em vasos com capacidade para 8 litros, preenchidos com solo coletado na camada de 0-0,20 m de um Cambissolo Háplico. O solo coletado foi destorroado, passado em peneira com malha de 4 mm e homogeneizado à dose de biochar correspondente. O biochar utilizado foi obtido a partir da pirólise da borra de café, seguindo procedimento descrito por Silva (2016). Quinze dias após a semeadura foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso, e deu-se início a aplicação das diluições do rejeito salino. As irrigações foram realizadas diariamente, mantendo-se a umidade do solo próxima da capacidade de campo.

Aos 35 dias de estresse salino, foram determinadas as trocas gasosas (fotossíntese e transpiração). Utilizando-se, para isso, um Analisador Portátil de Gás à Infravermelho (IRGA), modelo Licor-6400, operando com luz artificial fixada em 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e temperatura da câmara de leitura de 28 °C. As leituras foram efetuadas na segunda folha totalmente formada, entre 9:00 e 12:00 horas do dia (Figura 2). Para se determinar a assimilação de CO₂, converteu-se a fotossíntese de $\mu\text{mol cm}^2 \text{s}^{-1}$ para $\text{g cm}^2 \text{s}^{-1}$, dividindo-se o valor encontrado por 1.000.000 (transformando μmol para mol) e multiplicando pela massa molar do CO₂. Já para a conversão da transpiração de $\mu\text{mol H}_2\text{O}$, para perda de água em $\text{g H}_2\text{O}$, dividiu-se o valor encontrado por 1000 e multiplicou-se pela massa molécula da água. Assim, pôde-se determinar os tempos necessários para fixação de 1 g de CO₂ e para perda de 1 g de H₂O por uma planta de sorgo sudão.

Os resultados encontrados foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, à análise de variância (teste F a 5 %), ao teste de Tukey (5%) e à análise de regressão quando necessário. O programa utilizado para as análises estatísticas e confecção dos gráficos foi o software estatístico R (TEAM, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme análise de variância, a assimilação de CO₂ (A) e a perda de água (E) foram influenciadas pelas diferentes proporções de rejeito salino. As doses de biochar aplicadas não atenuaram os efeitos deletérios da irrigação com águas salinas, não influenciando nos valores de A e E. É necessário mais estudos sobre o biochar com doses maiores ou de outros materiais

vegetais, para melhor avaliar sua capacidade em atenuar efeitos da salinidade, assim como observado por Hammer et al. (2015).

A adição de 34% de rejeito salino na água de irrigação, não afetou a assimilação de CO_2 , quando comparada com a testemunha (Figura 1). Por outro lado, os valores de assimilação de CO_2 pelo sorgo sudão diminuíram em 28 e 38%, respectivamente, quando se aumentou a condutividade elétrica (CE) da água de 3,05 dS m^{-1} (66% de rejeito salino) e 4,27 dS m^{-1} (66% de rejeito salino). A perda de água (E) pelas plantas seguiu o mesmo comportamento de A , ou seja, diminuiu quando se aumentou a CE água para 3,05 e 4,27 dS m^{-1} . Os valores de perda de água pelas plantas irrigadas com água salina sob 1,82 dS m^{-1} foram semelhantes àsquelas irrigadas com 0,38 dS m^{-1} (testemunha). Tal comportamento ocorre em resposta ao aumento do potencial osmótico do solo, ocasionando redução da fotossíntese e transpiração, uma vez que plantas sob estresse salino diminuem sua condutividade estomática (MUNNS, 2011).

As diminuições na assimilação de CO_2 de 18, 29 e 39%, para as respectivas proporções de rejeito salino na água de irrigação 34, 66 e 100 %, são proporcionais as diminuições da perda de água de 17, 33 e 43%, na mesma ordem de aumento da salinidade (Figura 1). Como as reduções ocorrem de forma proporcional, as plantas de sorgo sob estresse salino perdem a mesma quantidade de água, que as plantas sem estresse, para assimilar 1 g de CO_2 . Isso implica dizer que as plantas de sorgo sudão conservaram a eficiência momentânea de uso de água (assimilação de CO_2 /perda de água), mesmo sob estresse salino.

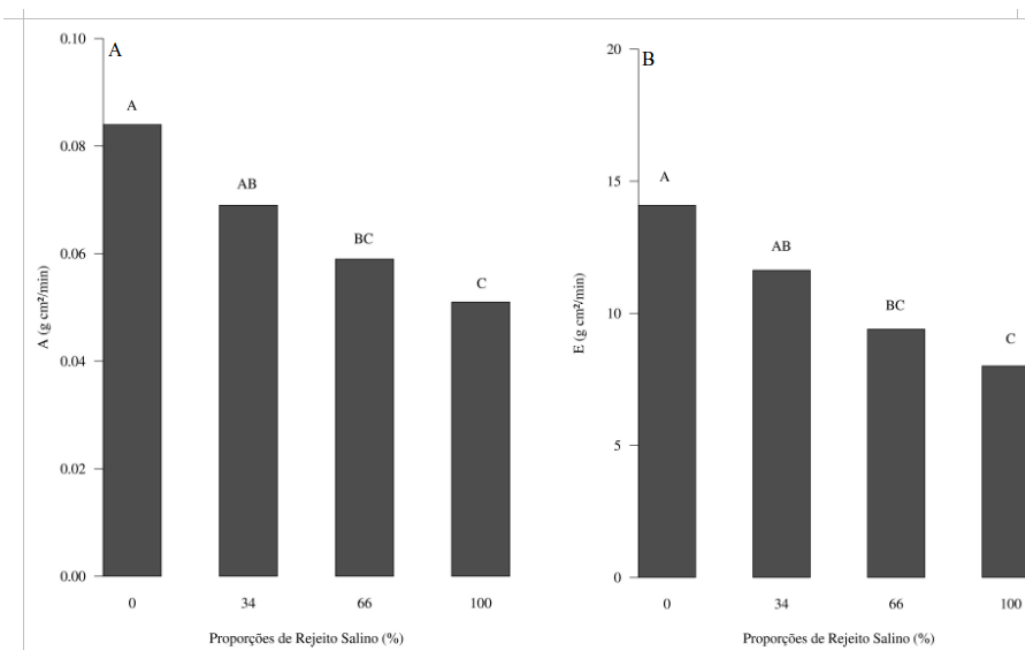


Figura 11: Comportamento da assimilação de CO_2 , A ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), (A); e da perda de água, E ($\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), (B), em função das proporções de

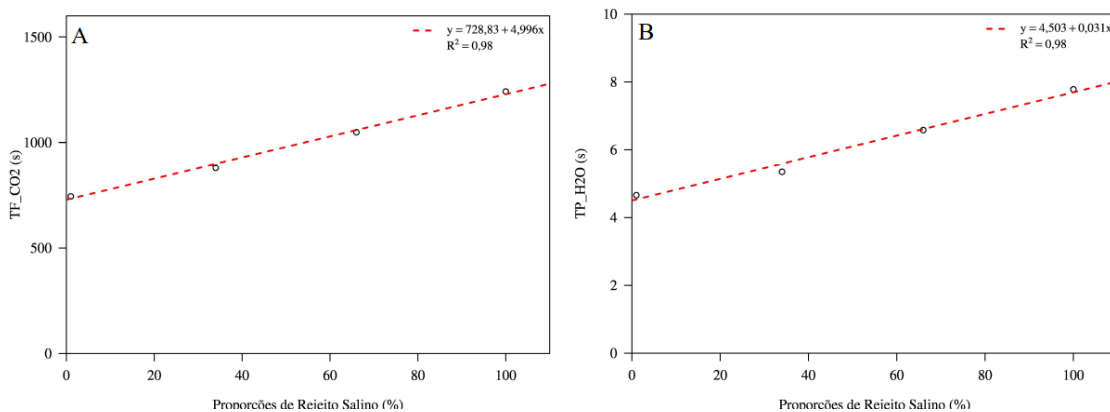


Figura 12: Dinâmica do tempo para fixar 1 g de CO₂ (TF_CO₂) (A); e do tempo para se perder 1 g de H₂O (TP_H₂O) (B), em plantas de sorgo sudão irrigado com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

O tempo, para fixar 1 g de CO₂ das plantas de sorgo sudão aumenta com a salinidade da água de irrigação (Figura 2A). Assim, as plantas sob estresse salino assimilam menos CO₂ durante o dia e, conseqüentemente, acumulam menos carbono ao longo do ciclo, resultando em uma menor produção de biomassa. Quando se irriga com 100% do rejeito salino, o tempo de fixação de 1 g de CO₂ pelo sorgo sudão é 1,7 vezes maior do que a testemunha. Fazendo-se essa mesma análise para perda de água, o tempo que uma planta leva para perder 1 g de H₂O é 1,6 vezes maior quando se irriga com 100% de rejeito em comparação a testemunha.

CONCLUSÕES

A proporção de 34% de rejeito salino na água de irrigação não influenciou na assimilação de CO₂ e na perda de água pelas plantas de sorgo sudão. As plantas de sorgo sudão mantém a eficiência momentânea de uso de água sob estresse salino, por perderem proporcionalmente a mesma quantidade de água para assimilar 1 g de CO₂. Contudo, quando estão sob estresse salino, as plantas demoram mais tempo para fixar 1 g de CO₂, o que contribui para um menor desenvolvimento da planta.

REFERÊNCIAS

- GUARDA, V. D. A.; CAMPOS, L. J. M. Bases ecofisiológicas da assimilação de carbono e suas implicações na produção de forragem. **Embrapa, Documento 07**, p.1-52, dezembro, 2014.
- HAMMER E. C. et al. Biochar increases arbuscular mycorrhizal plant growth enhancement and ameliorates salinity stress. **Applied Soil Ecology**, v.96, p.114-121, 2015.
- MOURA, E. S. R. et al. Yield and forage quality of saltbush irrigated with reject brine from desalination plant by reverse osmosis. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p.1-10, janeiro – março, 2016.
- MUNNS, R. Plant Adaptations to Salt and Water Stress: Differences and Commonalities. **Advances in Botanical Research**, New York, v. 57, p. 1-32, 2011.
- SANTOS, A. N. et al. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.319-326,2011.
- SILVA W. M. S. Aplicação de Biochar de resíduos de café em Neossolo Regolítico: Efeito nas características químicas e biológicas e na produção de milho e feijão. **Dissertação** (Mestrado em Produção Agrícola), 2016, p.75.
- TEAM CORE R. A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2015.

TROCAS GASOSAS EM TOMATEIROS SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS E USOS DE FILME DE PARTÍCULAS

Eloy Costa de Mattos¹, Paulo Silas Oliveira da Silva², Edinaldo de Oliveira Alves Sena³, Elias Batista Santos⁴, Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Júnior⁵

¹ Discente, UFS, São Cristóvão, SE, eloymattos@hotmail.com; ² Discente, UFS, São Cristóvão, SE, paulooliveira_silva@hotmail.com; ³ Discente, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, senaeoa@gmail.com;;

⁴ Discente, UFS, São Cristóvão, SE, eliasb.agro@gmail.com; ⁵ Docente, UFS, São Cristóvão, SE, lfg.ufs@gmail.com

RESUMO: O tomateiro é uma cultura de elevada importância socioeconômica no Brasil, seu cultivo é limitado em condições de restrição hídrica. Com objetivo de avaliar o efeito de diferentes concentrações de um filme de cálcio (Sem filme, 5%, 10% e 15% p/v) e dois regimes hídricos (100% e 50% da ETc) sobre parâmetros ecofisiológicos do tomateiro, um experimento foi conduzido em campo em esquema fatorial 4x2x5 e as plantas avaliadas aos 42 dias após o transplântio. Os resultados evidenciaram que os filmes de cálcio possuem efeito protetor e antitranspirante e permitiram concluir que nas concentrações de 5% e 10% p/v proporcionaram melhor eficiência no uso da água por tomateiros em restrição hídrica de 50% da ETc, comparados ao tratamento controle.

PALAVRAS-CHAVE: Restrição hídrica, San Marzano, Ecofisiologia.

GAS EXCHANGES IN TOMATOES UNDER DIFFERENT WATER REGIMES AND PARTICLE FILM USES

ABSTRACT: The tomato is a crop of high socioeconomic importance in Brazil, its cultivation is limited under conditions of water restriction. The objective of this study was to evaluate the effect of different calcium film concentrations (No film, 5%, 10% and 15% w/v) and two water regimes (100% and 50% ETc) on tomato ecophysiological parameters, an experiment was conducted in the field in factorial scheme 4x2x5 and the plants evaluated at 42 days after transplanting. The results showed that the calcium films have a protective and antiperspirant effect and allowed to conclude that at concentrations of 5% and 10% w/v provided better efficiency in water use by tomatoes in water restriction of 50% ETc, compared to the control treatment.

KEY-WORDS: Water restriction, San Marzano, Ecophysiology.

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças de fruto mais produzidas e comercializadas no Brasil (IBGE, 2010). Seu cultivo pode enfrentar dificuldades severas quando submetido a condições de restrição hídrica, uma realidade do Nordeste brasileiro. Dentre as tecnologias para contornar o problema, os filmes de partículas aplicados sobre plantas agem como protetor solar e antitranspirante promovendo à redução da temperatura, da perda de água e de processos fotooxidativos devido seu potencial reflectivo da radiação solar (BOARI et al., 2015; CANTORE et al., 2016; STAJČIĆ et al., 2015).

No mercado externo, um produto de filme de partículas de caulim tem sido amplamente utilizado com sucesso em diferentes culturas (BOARI et al., 2015; BOARI et al., 2016; CANTORE et al., 2016; CANTORE; PACE; ALBRIZIO, 2009;

DJUROVIĆ et al., 2016), no entanto, por possuir alumínio em sua estrutura mineral o uso do caulim pode se tornar um fator de risco para solos ácidos como os encontrados no Brasil, razão pela qual se torna necessário o desenvolvimento de filmes de partículas a base de cálcio. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de um filme de partículas de cálcio associado à restrição hídrica sobre parâmetros ecofisiológicos do tomateiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em solo arenoso sob condições de campo na Universidade Federal de Sergipe. As mudas foram produzidas a partir de sementes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar San Marzano (ISLA, Brasil) em tubetes com substrato, terra preta + pó de coco na proporção 3:1, e transplantada com 20 cm de altura aos 15 dias após a emergência, ocasião em que se realizou a adubação de plantio. As plantas foram cultivadas no espaçamento 0,60 x 1,00m.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com arranjo fatorial 4x2 e cinco blocos. Os tratamentos consistiram em 4 níveis de concentração (%) de filme em solução aquosa de cálcio carbonato (SF – sem filme, 5%, 10% e 15% p/v), dois níveis de irrigação (I100 – plantas testemunhas mantidas aproximadamente na capacidade de campo com reposição diária do volume de água evapotranspirado pela cultura; I50 – reposição de 50% da água perdida pela evapotranspiração diária da cultura). A evapotranspiração de referência (ET_o), evapotranspiração da cultura (ET_c) e precipitação foram acompanhados diariamente e expressos em (mm).

Os níveis de irrigação 100% e 50% da demanda diária com base na ET_c (Eq.(2)) foram fornecidos por gotejadores individuais e corrigidos a partir do volume precipitado, a ET_o diária (Eq.(1)) foi calculada pela equação de Penman: FAO 56 (ALLEN et al., 1998) com base em dados da estação meteorológica automática (Aracaju-A409) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

$$ET_o = \frac{s}{(s + y^*)} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{y}{(s + y^*)(T + 273^*)} U_2 (e_s - e_a) \quad (1)$$

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (2)$$

Onde: s é a inclinação da curva de pressão de vapor (KPa °C⁻¹); y^* é a constante psicrométrica modificada (KPa °C⁻¹); R_n é a taxa de radiação (Mj m⁻² d⁻¹); G é o fluxo de calor no solo considerado seu balanço diário ($G=0$) (Mj m⁻² d⁻¹); λ é o calor latente de evaporação (MJ kg⁻¹); y é o coeficiente psicrométrico (KPa °C⁻¹); T é a temperatura média (°C); U_2 é velocidade do vento a 2m (m s⁻¹); e_s é a pressão de saturação de vapor (KPa); e_a é a pressão parcial de vapor (KPa); K_c é o coeficiente da cultura do tomate San Marzano segundo Santana et al. (2011).

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas em folíolos terminais de folhas totalmente expandidas entre a terceira e quarta folha composta a partir do ápice caulinar, nos horário entre 8 e 11 h, aos 42 dias do ciclo da cultura após o transplantio, estágio em que ET_c>ET_o. Foi utilizado um analisador de trocas gasosas e fluorescência portátil (IRGA) modelo LI-6400XT (LI-COR, USA), e as variáveis analisadas foram: taxa fotossintética (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (C_i), relação carbono interno e do ambiente (C_i/C_a), déficit de pressão de vapor de água entre ar e a folha (DPV), temperatura da folha (T_{folha}) e eficiência no uso da água (A/E).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os testes estatísticos foram realizados utilizando-se o programa SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificaram-se diferenças estatísticas significativas ($p \leq 0,05$) na interação entre os tratamentos para todas as variáveis (Figura 1). Os resultados evidenciaram que o filme promove a redução gradiente de A , g_s , e E , e sentido contrário para C_i com o aumento da concentração para o nível de irrigação 100% da ET_c , para 50% da ET_c a concentração 10% (p/v), entre os filmes, permitiu maior desempenho de A e controle de E à níveis significativamente menores que o tratamento controle.

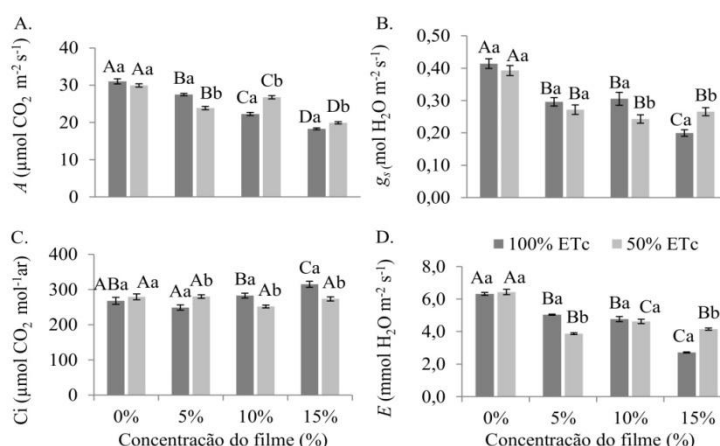


Figura 1. (A.) Taxa fotossintética líquida (A); (B.) Condutância estomática (g_s); (C.) Concentração de carbono intercelular (C_i); (D.) Taxa de transpiração (E). Médias seguidas de mesma letra maiúscula para o mesmo nível de irrigação em diferentes concentrações de filme, e minúscula entre diferentes níveis de irrigação para mesma concentração de filme não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Estes resultados estão relacionados ao efeito antitranspirante dado pela obstrução parcial dos estômatos promovida pelo filme, à regulação da luz incidente sobre as estruturas estomáticas e à memória hídrica dada pela restrição, fatores que promovem o controle da abertura dos estômatos (BOARI et al., 2016; CANTORE; PACE; ALBRIZIO, 2009). Efeitos similares foram observados sobre a redução de A , g_s , E e C_i em cultivo de tomate cereja tratados com caulim em relação ao controle sem filme (CANTORE; PACE; ALBRIZIO, 2009).

Os valores de temperatura da folha e DPV também foram reduzidos com o aumento das concentrações de filme aplicadas (Figura 2). Destacaram-se as concentrações 10% (p/v) para o nível 100% da ET_c , que promoveu significativa redução para estas variáveis, e 15% (p/v) ao nível de 50% da ET_c que promoveu significativa redução da temperatura.

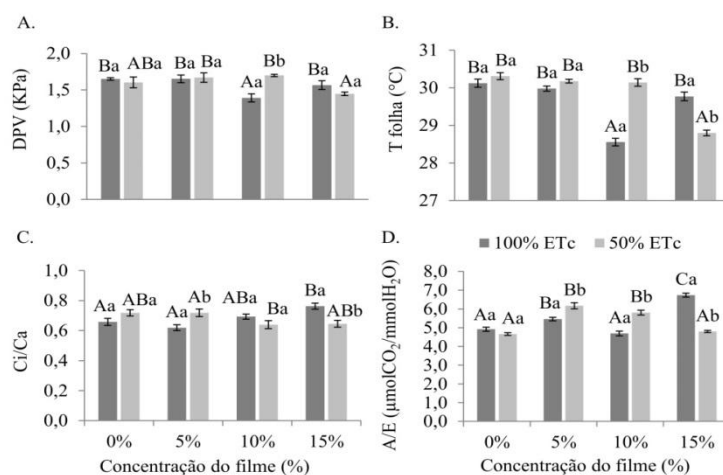


Figura 2. (A.) Déficit de pressão de vapor_{ar-folha} (DPV); (B.) Temperatura da folha (T Folha); (C.) Relação carbono intercelular/carbono do ambiente (Ci/Ca); (D.) Eficiência do uso da água (A/E). Médias seguidas de mesma letra maiúscula dentro do mesmo nível de irrigação em diferentes concentrações de filme, e minúscula entre diferentes níveis de irrigação para mesma concentração de filme não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As variações nos valores de Ci/Ca (Figura 2C) demonstram que o filme pode ter ação diferenciada de acordo com a condição hídrica da planta, pelo efeito bloqueador da luz e no aproveitamento bioquímico do carbono, pela redução da temperatura e pela obstrução parcial dos estômatos que alteram os padrões de difusão do CO₂ para o ambiente externo, fator importante para plantas com metabolismo C3 como o tomateiro.

As plantas tratadas com filmes de cálcio nas concentrações de 5% e 10% demonstraram maior eficiência no uso da água em condição de restrição hídrica (Figura 2D), estes comportamentos têm sido observados em diferentes culturas tratadas com filme de caulim (BOARI et al., 2015; CANTORE et al., 2016; DJUROVIĆ et al., 2016).

CONCLUSÕES

Filmes de partículas de cálcio nas concentrações de 5% e 10% p/v se mostraram alternativa eficiente para controle das variáveis ecofisiológicas e para melhorar a eficiência no uso da água em tomateiros sob restrição hídrica de 50% da ETc.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements**. Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, n. 56, p. 300, 1998.
- BOARI, F. et al. Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. **Agricultural Water Management**, v. 167, p. 29–37, 2016.
- BOARI, F. et al. Particle film technology: A supplemental tool to save water. **Agricultural Water Management**, v. 147, p. 154–162, 2015.

CANTORE, V. et al. Combined effect of deficit irrigation and strobilurin application on yield, fruit quality and water use efficiency of “cherry” tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Agricultural Water Management**, v. 167, p. 53–61, 2016.

CANTORE, V.; PACE, B.; ALBRIZIO, R. Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66, n. 2, p. 279–288, 2009.

DJUROVIĆ, N. et al. Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of tomato. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 271–278, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109–112, 2014.

GLENN, D. M. The mechanisms of plant stress mitigation by kaolin-based particle films and applications in horticultural and agricultural crops. **HortScience**, v. 47, n. 6, p. 710–711, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2010, disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>> acesso em: 22 de nov. de 2016.

SANTANA, M. J. et al. Coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 11-20, 2011.

STAJČIĆ, S. et al. Tomato waste: Carotenoids content, antioxidant and cell growth activities. **Food Chemistry**, v. 172, p. 225–232, 2015.

DINÂMICA DO LENÇOL FREÁTICO E SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS COM E SEM DRENAGEM

Lima, LRF¹; Almeida, CDGC²; Santos Junior, JA¹; Jiménez, KJ¹; Lima, BLC¹.

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE, Recife-PE, Brasil. laerciarocha@hotmail.com; eng.amiltonjr@hotmail.com; keilajeronimo@gmail.com; breno.lclima@uol.com.br; ²Colégio Dom Agostinho Ikas-CODAI, São Lourenço da Mata – PE. ceres.codai.ufrpe@gmail.com

RESUMO: Durante sucessivos anos a relação entre a irrigação e a necessidade de drenagem tem sido adotada como regra para o controle da salinidade do solo em áreas irrigadas. Baseado nesta premissa, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os valores de condutividade elétrica (CE), de pH e a dinâmica da profundidade do lençol freático em áreas irrigadas, com e sem drenagem subterrânea, no período de três meses, em lotes situados no Perímetro irrigado Senador Nilo Coelho-PE. Para tal, poços de observação foram instalados na área, cujo solo foi classificado como Argissolo e cuja ocupação no período experimental foi com o cultivo da manga irrigada por microaspersão. Quanto às variáveis analisadas, a CE e o pH foram monitorados mensalmente, enquanto que a dinâmica do lençol foi observada semanalmente, entre fevereiro e abril de 2017. A variação temporal da condutividade elétrica (CE) está relacionada à recarga do lençol via precipitação pluviométrica ocorrida no período. Concluiu-se que os valores de CE e pH do lençol freático monitorados durante o experimento não impõem limitações à produção agrícola na presença, mas restringem de forma moderada, na ausência da drenagem subterrânea. Quanto à dinâmica do lençol freático, no lote com drenagem subterrânea, verificou-se fluxo de água na direção do gradiente imposto pela declividade da camada de impedimento; por outro lado, no lote sem drenagem, foi averiguado que, dado a particularidade de uma superfície côncava da camada de impedimento no centro da área, o lençol freático permaneceu próximo à superfície.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento, condutividade elétrica, pH, Vale do São Francisco, manga.

DYNAMICS OF WATER TABLE AND SALINITY IN IRRIGATED AREAS WITH AND WITHOUT DRAINAGE

ABSTRACT: During successive years the relationship between irrigation and the need for drainage has been adopted as a rule to control soil salinity in irrigated areas. Based on this idea, the objective of this research was to evaluate the values of electrical conductivity (EC), pH and groundwater depth dynamics in irrigated areas, with and without underground drainage, in a period of three months, in plots located in the Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, in northeast of Brazil. Observation wells were installed in the area, where the soil was classified as Ultisol, whose occupation was mango orchard irrigated by microsprinkler. EC and pH were monitored monthly, while groundwater dynamics was observed weekly between February and April 2017. The temporal variation of the electrical conductivity (EC) is related to the groundwater recharge due to rainfall occurred in the period. We concluded that groundwater EC and

pH values monitored during the experiment do not impose limitations on agricultural production in the presence, but restrict moderately, in the absence of underground drainage. Regarding to groundwater dynamics, in the plot with underground drainage, water flow was verified in the direction of the gradient imposed by impediment layer slope; on the other hand, in the plot without drainage, it was found that, given the particularity of a concave surface of the barrier layer in the center of the area, the water table remained close to the surface.

KEY-WORDS: Monitoring, electric conductivity, pH, San Francisco Valley, mango.

INTRODUÇÃO

O uso da tecnologia de irrigação é condição essencial para obtenção de uma agricultura economicamente viável, diante da adversidade climática que caracteriza a região semiárida. No entanto, quando esta prática não é acompanhada do manejo solo-água-planta adequado, pode resultar na elevação da concentração de sais no solo e na redução da produtividade dos cultivos, com drásticas consequências econômicas e sociais (BARROS et al., 2005). Nos perímetros irrigados nas regiões áridas e semiáridas no nordeste do Brasil, vários fatores contribuem para a elevação do lençol freático e do grau de salinização, como o cultivo em áreas predominantes de solos rasos, baixa eficiência de irrigação, chuvas intensas e de curta duração e ausência de sistemas de drenagem (CORDEIRO, 2003).

Em termos geológicos, o semiárido brasileiro é constituído por 70% de embasamento cristalino, e as águas que têm contato com esse tipo de substrato se mineralizam com muita facilidade, tornando-se salinizadas. No cenário de elevada evapotranspiração desta região, o movimento ascendente de solutos tende a resultar em acúmulo nas zonas de maior presença radicular, demandando manejo contínuo do balanço de sais, para o qual atribui-se à drenagem o papel de condução do excesso de sais para fora da área de interesse (PEDROTTI et al., 2015).

Não obstante, o monitoramento da CE e do pH do lençol freático pode indicar eventual acúmulo de íons e sugerir indícios quanto a sua natureza, sendo, portanto, instrumento de decisão quanto à necessidade de implementação de técnicas fundamentais para o equilíbrio do balanço de sais na solução do solo (QUEIROZ et al., 2009). Neste sentido, os sistemas de drenagem subterrânea têm sido recomendados como indispensáveis para a prática agrícola irrigada, com vistas a sustentabilidade das áreas de produção (PEDROTTI et al., 2015). No entanto, os elevados custos de instalação e manutenção, bem como a exigência da instalação de sistemas de drenagem para o financiamento da irrigação, tornam implícita a necessidade de estudos que proporcionem uma percepção personalizada das áreas irrigadas e seus resultados na presença e ausência de drenagem subterrânea. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar os valores de CE, pH e a dinâmica da profundidade do lençol freático em áreas irrigadas, com e sem drenagem subterrânea, ao longo de três meses de monitoramento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em dois lotes situados no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho no município de Petrolina-PE (09° 23' 55" de latitude sul e 40° 30' 03" de longitude oeste e altitude de 376 m) (Figura 1). A classificação do clima da

região de acordo com Wilhelm Köppen é semiárido com chuvas em verão (BShw), chuvas concentradas de fevereiro a abril e um período de seca de nove meses (ALVARES et al., 2013).

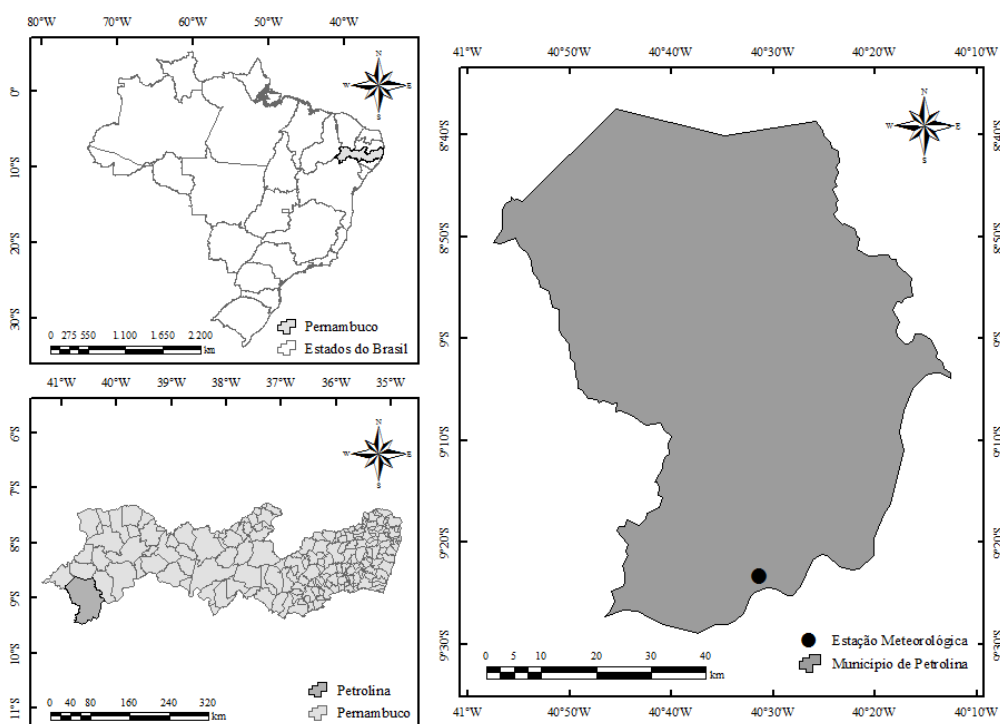


Figura 1. Localização geográfica do município de Petrolina/PE. Recife, 2017.

As médias anuais de precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa da região são respectivamente, 479 mm, 25,2°C e 50,2% (AZEVEDO et al., 2015). O solo da área foi classificado como Argissolo amarelo plúntico (OLIVEIRA NETO et al., 2013). O estudo foi desenvolvido em dois lotes (com e sem drenagem), com área média de 6,0 ha, cultivados com manga irrigada por microaspersão.

Em janeiro de 2017 instalaram-se nove poços de observação em cada lote, por meio de um furo até atingir a camada de impedimento, com uso de um trado tipo holandês com 3” de diâmetro. Em cada tradagem foi inserido um tubo de PVC de 32 mm, serrilhado alternadamente no primeiro 1,00m na parte inferior, envolvido por uma manta sintética de poliéster e acoplado uma luva de 32 mm com um tampão de rosca externa, no topo. O tubo foi assentado até atingir a camada de impedimento e o espaço entre a parede do furo e o tubo foi preenchido com o material arenoso da própria escavação, seguido de um adensamento manual para minimizar possível efeito erosivo (Figura 2A).

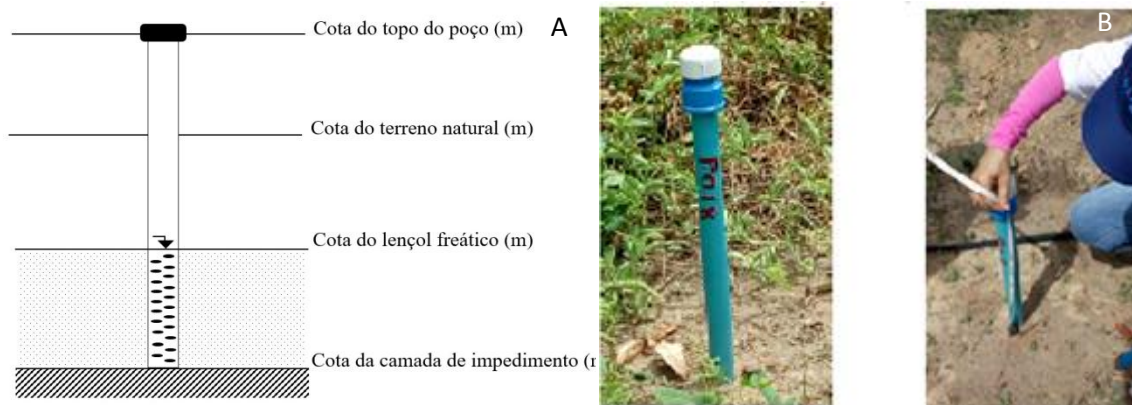


Figura 2. Referenciamento e instalação dos poços de observação.

Fonte: A- Adaptado de Amorim (1995); B - Autor.

A determinação da profundidade do lençol freático, em cada poço, medida semanalmente, com base no referenciamento do topo do poço e utilizado uma fita métrica de fibra de vidro. A fita tinha fixada uma peça de metal na forma de cilindro, cuja extremidade coincide com o zero da escala, denominada “plop” pelo som provocado ao seu contato com a água, segundo a metodologia descrita por Amorim (1995) e Batista et al. (2002) (Figura 2B).

A bateria de poços de observação foi instalada em uma malha retangular com a primeira linha a um terço da longitude do terreno seguidas de dois e três terços. Para o ordenamento, os poços foram numerados em ordem crescente de jusante a montante e da esquerda para a direita, tendo como base o dreno coletor, instalado na pendente inferior. Dessa forma, os poços numerados de P1 a P9 encontram-se no lote com sistema de drenagem instalado (Figura 3) e os poços de P10 a P18 (Figura 4), localizam-se na área sem drenagem subterrânea. O referenciamento dos poços foi realizado por levantamento planialtimétrico e tomadas às cotas da superfície do terreno natural, do topo do poço e da camada de impedimento.

A água do lençol freático foi coletada por meio de um extrator, para análise da CE e do pH *in situ* com condutivímetro e um potenciômetro portátil, respectivamente. As leituras foram realizadas mensalmente no período de fevereiro a abril.

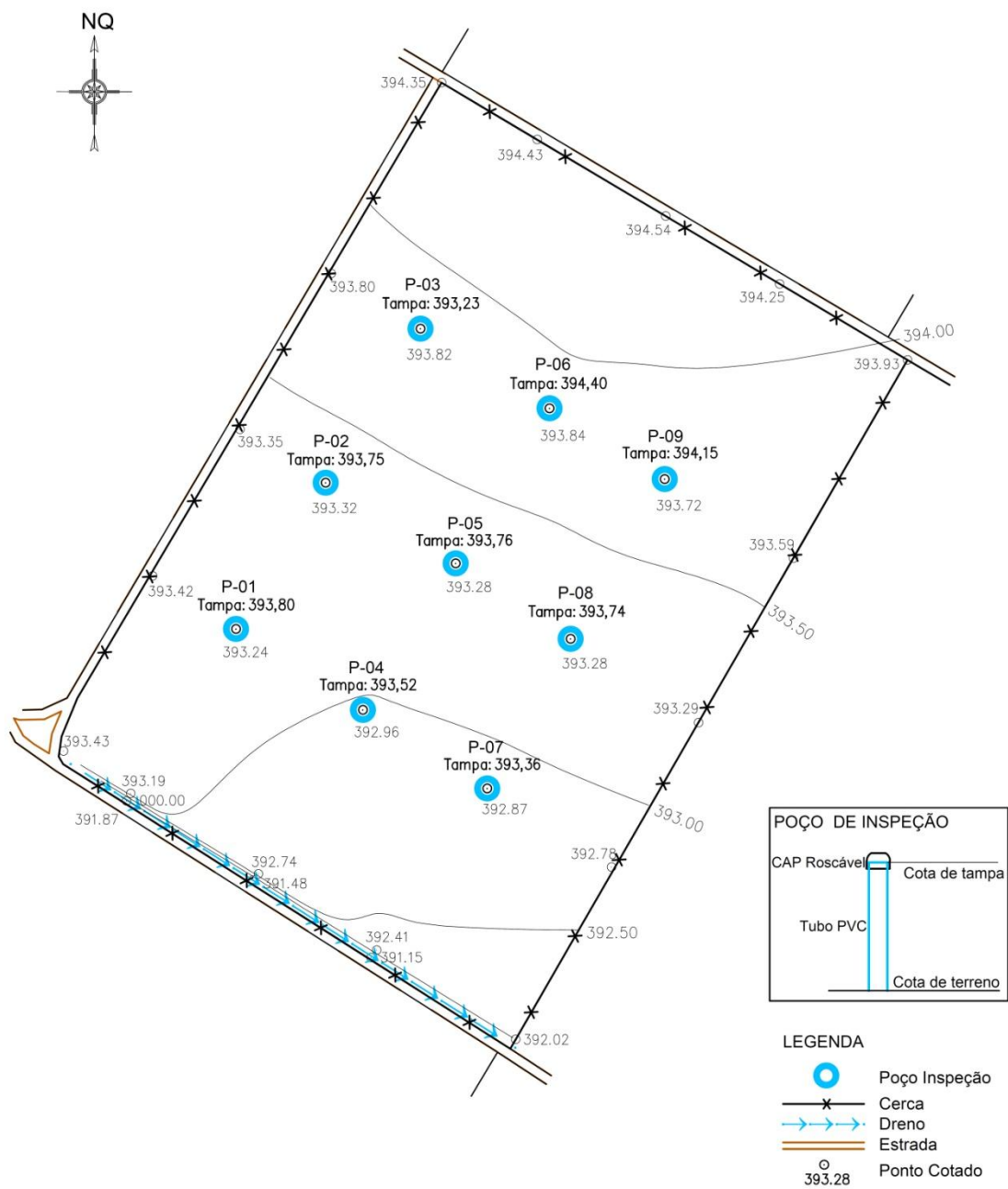


Figura 3. Localização e cotas dos poços de observação no Lote 1 (com drenagem).



Figura 4. Localização e cotas dos poços de observação no Lote 2 (sem drenagem).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos lotes estudados, as profundidades de barreira (CI) variaram de 1,18 m a 1,87 m no lote com drenagem e de 1,25 m a 1,79 m no lote sem drenagem, com médias de 1,61 e 1,50 m nos lotes com e sem drenagem, respectivamente (Tabela 1).

Os poços P3, P6 e P9 apresentam as maiores profundidades de barreira e ausência de lençol freático ao longo do tempo, ao contrário dos poços P1, P4 e P7, com menores profundidades de barreira. Tal aspecto demonstra que a direção do fluxo de água é contrária à superfície do terreno, e que não há excesso de lâmina de irrigação no lote com drenagem, verificando uma relativa estabilidade do lençol freático, ao longo do tempo.

Tabela 1. Cotas da camada de impedimento (CI) e médias mensais da profundidade do lençol freático nos lotes com e sem drenagem, no período de fevereiro a abril, em Petrolina, PE. 2017.

COM DRENAGEM									
COTAS (m)									
POÇOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
CI	1,45	1,61	1,69	1,51	1,65	1,87	1,18	1,57	1,65
FEV	1,30	1,38	1,69	1,03	1,31	1,87	0,78	1,20	1,65
DP	0,20	0,25	0,00	0,22	0,42	0,00	0,17	0,40	0,00
CV (%)	15,43	18,45	0,00	21,24	31,94	0,00	21,68	33,40	0,00
MAR	1,32	1,41	1,69	1,08	1,35	1,87	0,83	1,30	1,65
DP	0,09	0,09	0,00	0,05	0,05	0,00	0,07	0,02	0,00
CV (%)	6,61	6,21	0,00	4,81	3,90	0,00	7,96	1,77	0,00
ABR	1,33	1,26	1,69	1,08	1,26	1,87	0,94	1,15	1,65
DP	0,15	0,09	0,00	0,13	0,06	0,00	0,19	0,09	0,00
CV (%)	11,18	6,93	0,00	11,69	4,89	0,00	20,28	7,79	0,00
SEM DRENAGEM									
COTAS (m)									
POÇOS	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
CI	1,50	1,50	1,33	1,62	1,79	1,61	1,42	1,25	1,29
FEV	0,41	0,14	0,47	0,43	0,24	0,56	0,49	0,21	0,61
DP	0,20	0,18	0,15	0,13	0,21	0,10	0,19	0,15	0,10
CV (%)	48,36	129,52	32,38	29,11	91,00	17,67	39,00	75,55	16,98

MAR	0,49	0,50	0,76	0,56	0,44	0,71	0,54	0,44	0,74
DP	0,08	0,14	0,19	0,07	0,12	0,09	0,09	0,14	0,08
CV (%)	15,98	28,88	24,78	12,91	26,44	13,01	16,11	30,73	10,84
ABR	0,60	0,45	0,85	0,64	0,42	0,85	0,62	0,29	0,94
DP	0,11	0,12	0,04	0,30	0,06	0,07	0,17	0,09	0,06
CV (%)	18,24	25,86	4,53	46,64	15,21	8,59	27,93	29,62	6,72

Nas áreas do presente estudo, não foram constatadas profundidades de barreira superior a 3,00 m, no entanto, observou-se que o sistema de drenagem subterrânea contribuiu para o controle da flutuação do lençol freático. Amorim (1995) diagnosticou e avaliou o desempenho da drenagem subterrânea, no Projeto Bebedouro em Petrolina-PE, concluindo que áreas com profundidade de camada de impedimento superior a 3,00 m não é recomendável a implantação de drenagem subterrânea.

Já no lote sem drenagem, observou-se que há formação de uma área abaciada no centro do lote, de modo que os poços P13, P14 e P15 apresentaram as maiores profundidades de barreira, com indicativo que o fluxo de água ocorre das laterais para o centro, concentrando-se no P14, com profundidade de 1,79 m (Tabela 1). Isto pode justificar valores tão elevados de profundidade de lençol freático, mesmo estando este lote circundado com drenos coletores. O monitoramento da dinâmica da recarga do lençol freático foi realizado por Cabral et al. (1998) numa área irrigada no vale do São Francisco associando às condições de saturação do solo, de modo que foram identificados locais críticos para a cultura agrícola onde o nível freático estava muito próximo a superfície.

Na área com drenagem, os valores de condutividade elétrica (CE), em termos absolutos, foram, em geral, inferiores aos encontrados na área sem drenagem subterrânea (Figura 5). Tal fato pode ser explicado pela manutenção do rebaixamento do lençol freático na área com drenagem instalada e pela lixiviação resultante da precipitação no período do estudo (97,6 mm).

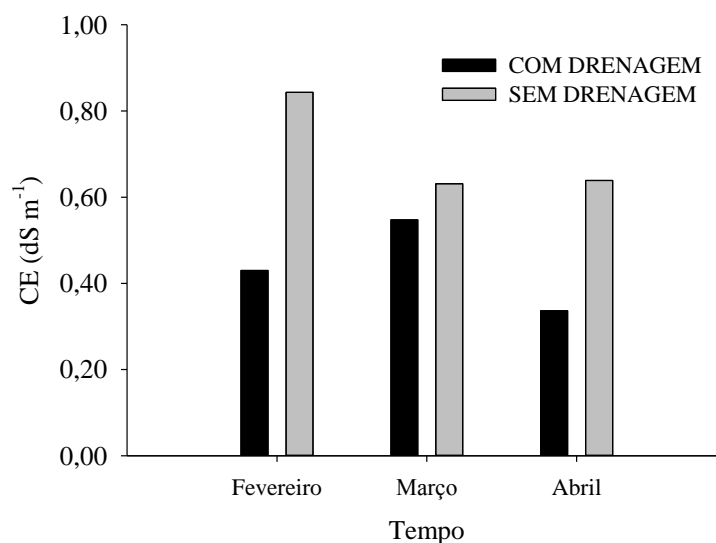


Figura 5. Condutividade elétrica média dos lotes com e sem drenagem, no período de fevereiro a abril, em Petrolina, PE. 2017

Os valores de CE variaram entre 0,25 e 1,15 dS m^{-1} nas áreas drenadas e de 0,19 a 1,22 dS m^{-1} , nas áreas sem drenagem instalada (Tabela 2). Segundo Ayers e Westcot (1994) água com $\text{CE} < 0,7 \text{ dS m}^{-1}$ não apresenta risco de salinização do solo e não é limitante à produção agrícola irrigada. No lote com drenagem subterrânea instalada, objeto deste estudo, os valores de CE foram predominantemente inferiores a este limite, pois apenas em um poço (P4) foi encontrada CE igual a 1,15 e 0,81 dS m^{-1} , nas coletas de março e abril, respectivamente.

Tabela 2. Valores mensais da condutividade elétrica (dS m^{-1}) nos lotes com e sem drenagem, no período de fevereiro a abril, em Petrolina, PE. 2017.

COM DRENAGEM									
POÇOS	P 01	P 02	P 03	P 04	P 05	P 06	P 07	P 08	P 09
FEVEREIRO	0,29	0,28	-	0,69	0,45	-	0,62	0,25	-
MARÇO	0,00	0,31	0,00	1,15	0,45	0,00	0,00	0,28	0,00
ABRIL	0,15	0,25	0,00	0,81	0,35	0,00	0,24	0,22	0,00
SEM DRENAGEM									
POÇOS	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15	P 16	P 17	P 18
FEVEREIRO	0,98	0,82	0,28	1,02	0,34	1,10	1,22	0,93	0,90
MARÇO	0,64	0,65	0,19	0,82	0,28	0,80	1,00	0,44	0,86
ABRIL	0,66	0,64	0,20	0,96	0,42	0,76	0,95	0,33	0,83

Por outro lado, na área sem drenagem subterrânea, apenas em dois poços (P12 e P14) foram detectados valores de CE inferiores a $0,7 \text{ dS m}^{-1}$, durante todo o período de coleta, demonstrando uma predominância de valores superiores a este limite, mas inferiores à $1,22 \text{ dS m}^{-1}$. Ayers e Westcot (1994) afirmam que a água com condutividade elétrica entre $0,7$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ representa um grau moderado de restrição ao uso na irrigação.

Em todos os poços monitorados, observou-se a redução dos valores de CE entre as coletas realizadas de fevereiro a abril. Especialmente, em abril foi verificado o menor valor da CE dentro do período estudado, inclusive nas áreas sem drenagem. Provavelmente, essa redução deve-se a ocorrência de chuvas na região, que contribuiu para lixiviação dos sais, similarmente ao encontrado por Almeida et al. (2012), ao monitorar a salinidade da água subterrânea na Bacia do Rio da Prata no Maranhão. Da mesma forma, Resende et al. (2014) estudando o grau de salinização no Perímetro Irrigado Califórnia (SE), por meio do processo de acumulação de sais no período seco e do potencial de lixiviação destes pela água das chuvas, concluíram que apesar da prática de agricultura irrigada intensiva por longo período, o processo de acumulação de sais não foi significativo, tanto na camada superficial quanto em subsuperfície.

Os valores de pH, para a área sem drenagem, em termos absolutos, foram maiores que os apresentados na área com drenagem ao longo do tempo (Figura 6).

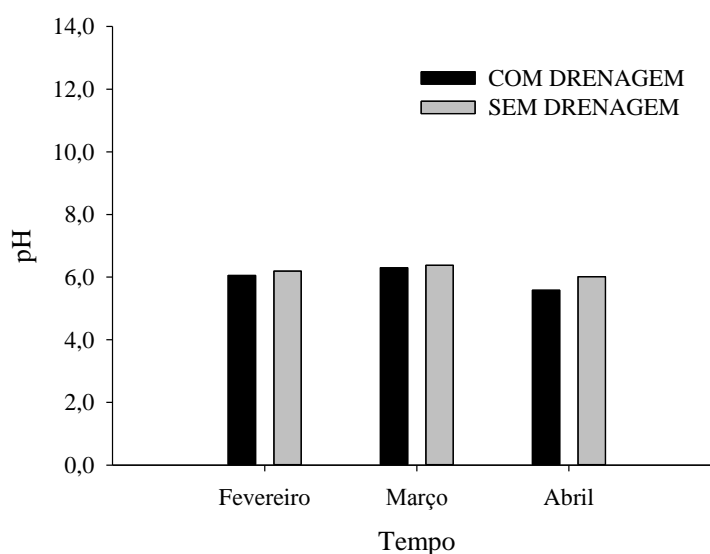


Figura 6. Valores médios de pH nos lotes com e sem drenagem, no período de fevereiro a abril, em Petrolina, PE. 2017

Os valores de pH variaram entre 5,2 e 6,6 nas áreas drenadas e de 5,1 e 7,1, nas áreas sem drenagem instalada (Tabela 3). Segundo Ayers e Westcot (1994) a faixa de pH entre 6,5 e 8,4 na água de irrigação é considerada normal para o cultivo irrigado. Baseado nisso, as faixas de pH observadas nas áreas estudadas são em sua maioria consideradas aceitáveis para fins de irrigação. Considerando que nestas áreas a água de irrigação é proveniente do Rio São Francisco, classificada como C₁S₁, mesmo assim, o monitoramento da qualidade da água subterrânea, demanda destaque na área sem drenagem, uma vez que a ascensão da água do lençol poderá atingir o sistema radicular e ser absorvida pela planta.

Tabela 3. Valores mensais do pH nos lotes com e sem drenagem, no período de fevereiro a abril, em Petrolina, PE. 2017.

COM DRENAGEM

POÇOS	P 01	P 02	P 03	P 04	P 05	P 06	P 07	P 08	P 09
FEVEREIRO	5,60	6,30	0,00	5,90	6,30	0,00	6,30	5,90	0,00
MARÇO	0,00	6,50	0,00	6,60	6,50	0,00	0,00	5,60	0,00
ABRIL	5,20	5,70	0,00	6,10	5,80	0,00	5,30	5,40	0,00
SEM DRENAGEM									
POÇOS	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15	P 16	P 17	P 18
FEVEREIRO	6,90	5,70	6,00	7,10	6,30	5,10	5,90	6,80	5,90
MARÇO	7,00	6,20	5,90	7,00	6,60	5,60	6,30	6,50	6,30
ABRIL	6,10	6,10	5,80	6,70	6,10	5,40	5,80	6,30	5,80

CONCLUSÕES

Os valores de CE e pH do lençol freático monitorados durante o experimento não impõem limitações à produção agrícola na presença, e restringem de forma moderada, na ausência da drenagem subterrânea.

Quanto à dinâmica do lençol freático, no lote com drenagem subterrânea, verificou-se fluxo de água na direção do gradiente imposto pela declividade da camada de impedimento; já no lote sem drenagem, foi averiguado que, dado a particularidade de uma superfície côncava da camada de impedimento no centro da área, o lençol freático permaneceu próximo à superfície.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba – CODEVASF, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Semiárido, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PGEA/UFRPE e as empresas DRENOVALE e PROJETAR IRRIGAÇÃO, pela colaboração, empenho e disponibilidade na execução do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. B. et al. Salinidade de águas subterrâneas na bacia do rio da prata em São Luis/MA. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 17 e XVIII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 18, 2012, Bonito. *Anais...* Bonito. 2012.

AMORIM, V. B. **Diagnóstico e avaliação de desempenho de drenagem subterrânea no perímetro irrigado de Bebedouro-PE**. 1995. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

- ALVARES, C. A. et. al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728. 2013.
- AZEVEDO, P. V. et al. Characterization of human thermal comfort in urban areas of brazilian semiarid. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 30, n. 4, p. 371-380, 2015.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. FAO Irrigation and Drainage Paper 29. Food and Agric. Organiz. Rome, Italy. 1994.
- BARROS, M. F. C. et al. Aplicação de gesso e calcário na recuperação de solos salino-sódicos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n. 3, p.320-326. 2005.
- BATISTA, M. D. J. et al. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos**. Brasília: CODEVASF, 2ª Ed., ver. e ampl. 216p. 2002 .
- CABRAL, J. J. et al. Monitoramento da dinâmica da recarga do lençol freático numa área irrigada no vale do São Francisco. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10, Recife. **Anais...** Recife. 1998.
- CORDEIRO, G. G. **Salinidade em áreas irrigadas**. Petrolina: Embrapa Semiárido. 32p. 2003.
- OLIVEIRA NETO, M. B. et al. Relação solo-geologia da área de estudo do projeto Fragissolos em Petrolina/PE. In: I REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1. Areia. **Anais...** Areia. 2013.
- PEDROTTI, A. et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.
- QUEIROZ, S. O. P.; TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. Metodologia Para Avaliação da Salinidade do Solo em Ambiente Protegido. **Irriga**. Botucatu, v.14, n.3, p.383-397, 2009.
- RESENDE, R. S. et al. Distribuição espacial e lixiviação natural de sais em solos do Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.18, suplemento, p.S46-S52, 2014.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NO SUBMÉDIO DO VALE SÃO FRANCISCO

Rodrigo Rafael da Silva¹, Iris Santana Gonçalves², Gertrudes Macário de Oliveira³,
Pedro Pereira Santos Júnior⁴, Allan Victor Araújo Pereira⁵

¹Acadêmico de Engenharia Agrônômica, Bolsista PIBIC/CNPq, DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, rodrigossilva_rafael@hotmail.com; ²Acadêmico de Engenharia Agrônômica, Bolsista FAPESB, DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, irissg@hotmail.com; ³Doutora, Professora do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, gemoliveira@uneb.br; ⁴Mestrando em Horticultura Irrigada, PPHI/DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, ppereirasj@hotmail.com; ⁵Acadêmico de Engenharia Agrônômica, Bolsista PIBIC/CNPq, DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, allan.v1997@gmail.com

RESUMO: Diferentes lâminas de irrigação influenciam as variáveis de crescimento do feijoeiro, interferindo diretamente nos processos fisiológicos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação em características morfológicas de genótipos de feijão caupi, cultivado na região do Submédio do Vale do São Francisco. A pesquisa foi conduzida no período de novembro de 2016 a janeiro 2017, no campo experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - DTCS da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, em Juazeiro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, esquema fatorial 2 x 5 - dois genótipos de feijão caupi: BRS Acauã e Canapu e cinco níveis da lâmina de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da ETo). Dentre o estande da parcela útil, foram selecionadas cinco plantas para avaliação das variáveis morfológicas, diâmetro (mm) e altura (cm) em seis mensurações aos 19, 26, 33, 40, 47, 53 dias após o plantio (DAP); e ao fim do experimento, massa seca e fresca da parte aérea (g). Não foi observado efeito significativo de interação entre lâminas e genótipos para nenhuma das variáveis analisadas. O incremento da lâmina de irrigação proporcionou maior altura de planta dos genótipos de feijão caupi, com destaque para a cultivar BRS Acauã. O genótipo de feijão Canapu apresentou maior produção de biomassa comparada ao BRS Acauã.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata*, produção de biomassa, evapotranspiração de referência.

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS CAUPI BEANS CULTIVATED UNDER IRRIGATION DEPTHS IN THE SUBMÉDIO DO VALE SÃO FRANCISCO

ABSTRACT: Different irrigation depths affect the bean growth variables, interfering directly in the physiological processes. The objective of the present work was to evaluate the effect of different irrigation depths on morphological characteristics of cowpea genotypes cultivated in the Submedia region of the São Francisco Valley. The research was conducted from November 2016 to January 2017 in the experimental field of the Department of Technology and Social Sciences - DTCS of the State University of Bahia - UNEB, in Juazeiro. The experimental design was a randomized blocks with three replications, 2 x 5 factorial scheme - two genotypes of cowpea: BRS Acauã and Canapu and five irrigation depths (50, 75, 100, 125 and 150% of ETo). Among plants were selected for evaluating the morphological variables, diameter (mm) and height (cm) in six measurements at 19, 26, 33, 40, 47, 53 days after planting (DAP); And at the

end of the experiment, fresh dry mass of aerial (g). No significant effect of interaction between irrigation depth and genotype was observed for any of the analyzed variables. The increase of the irrigation depth provided higher plant height of the cowpea genotypes, especially the cultivar BRS Acauã. The Canapu bean genotype showed higher biomass production than BRS Acauã.

KEY-WORDS: *Vigna unguiculata*, Biomass production, reference evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), originário do continente africano, é tradicionalmente cultivado como meio de subsistência por agricultores familiares nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. É uma planta rústica, utilizada como uma das principais fontes de proteína na dieta alimentar dessas regiões, de alto valor nutritivo, geradora de renda no meio rural, principalmente das camadas sociais de menor poder aquisitivo, por ser uma cultura de fácil manejo e baixo custo de produção (COSTA FILHO, 2013). A cultura apresenta grande importância socioeconômica, cultural e nutricional, por ser uma fonte de proteína e fisiologicamente se adaptar a diferentes condições ambientais (FREIRE FILHO et al., 2011).

A cultura do feijão caupi, apesar de ter um bom potencial produtivo, pode apresentar baixas produtividades devido a práticas de manejo inadequadas (COSTA FILHO, 2013); entre essas, destaca-se o manejo da irrigação. O suprimento adequado da lâmina de irrigação possibilita à planta manter um fluxo contínuo de água e nutrientes do solo para as folhas, favorecendo o desenvolvimento de todo ciclo (COELHO, 2003). Comportamento diferenciado nas variáveis de crescimento do feijoeiro sob diferentes lâminas de irrigação, e a redução da água repostada no solo, influencia diretamente os processos fisiológicos, resultando na diminuição do crescimento (OLIVEIRA et al., 2011). Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de lâminas de irrigação em características morfológicas de genótipos de feijão caupi, cultivado na região do Submédio do Vale do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida de novembro de 2016 a janeiro 2017 no campo experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - DTCS da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, em Juazeiro (Lat. 09° 24' 50" S; Long. 40° 30' 10" W; Alt. 368 m). Na área experimental, foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento, com espaçamento de 20 cm entre gotejadores, vazão de 1,67 L h⁻¹ e pressão de serviço de 100 kPa. Foi realizado o teste de uniformidade de distribuição de água, a partir da metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975), encontrando-se o valor de 96,5%. A cultura estudada foi o feijão caupi, dois genótipos: cultivares BRS Acauã e Canapu. Adotou-se a densidade de plantio de 100.000 plantas ha⁻¹, com espaçamento de 0,50 m entre linhas e 5 plantas m⁻¹.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com três repetições, esquema fatorial 2 x 5 - genótipos de feijão caupi combinados com cinco lâminas de irrigação, obtidas com base em 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração de referência (ET_o). Cada unidade experimental com 18 m² foi formada por três linhas de 18 m de comprimento, com espaçamento fixo de 0,50 m entre fileiras. Foi considerada como parcela útil a linha central, descartando as plantas

da bordadura. A ETo foi determinada diariamente a partir da equação de Penman-Monteith padrão FAO (ALLEN et al., 1998), com dados climáticos obtidos na estação meteorológica do DTCS/UNEB, localizada a cerca de 10 m da área experimental.

Dentre o estande de plantas da parcela útil, foram selecionadas cinco plantas para avaliação das variáveis morfológicas diâmetro (mm) e altura (cm) em seis mensurações aos 19, 26, 33, 40, 47, 53 dias após o plantio (DAP); e ao fim do experimento, massa seca e fresca da parte aérea (g). Os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F. Realizou-se análise de regressão na presença de efeito significativo para lâminas e interações. Na ocorrência de efeito significativo para o genótipos, foi realizada comparação de médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), utilizando o software SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colheita foi realizada aos 68 e 75 dias após o plantio (DAP) para as cultivares BRS Acauã e Canapu, respectivamente. Durante o ciclo da cultura, as lâminas aplicadas, correspondentes as frações 50, 75, 100, 125 e 150% da ETo para o feijão BRS Acauã foram respectivamente: 126,6; 189,9; 253,2; 316,5 e 379,8 mm; enquanto para a cultivar Canapu foram: 155,7; 233,6; 311,5; 389,3 e 467,2 mm.

A análise de variância, aplicada para os diferentes períodos de observação, revelou que não houve efeito significativo de interação entre lâminas e genótipos para nenhuma das variáveis morfológicas analisadas. Considerando-se o fator genótipo isolado, observou-se efeito significativo para as variáveis estudadas.

Observa-se na Tabela 1 que nos períodos de observação de 19 a 33 DAP, períodos que corresponderam à fase vegetativa, não houve diferença entre genótipos para altura de planta. Porém, para os demais períodos, a cultivar BRS Acauã superou a Canapu, diferindo significativamente. Essas diferenças, certamente estão associadas ao ciclo precoce da BRS Acauã, pois, para o período de observação 40 DAP, a cultivar já se encontrava na fase de formação de vagem, enquanto a Canapu ainda estava na fase de pré-floração. A média de altura de planta da BRS Acauã aos 53 DAP foi superior àquela encontrada por Locatelli et al. (2013), para o feijão caupi produzido sob diferentes lâminas de irrigação no cerrado de Roraima, 53,3 cm.

Para o diâmetro do caule, observam-se, na Tabela 1, diferenças significativas entre os genótipos nos períodos 26, 33 e 40 DAP, com o Canapu apresentando maior diâmetro comparado ao BRS Acauã. Os diâmetros observados para os dois genótipos aos 53 DAP foram inferiores àqueles encontrados por Bezerra et al. (2012) para a cultivar BRS Guariba, sendo de 11,89 mm, que foi obtido em Alvorada do Gurgueia-Pi. Observa-se ainda na Tabela 1, efeito significativo entre os genótipos para as variáveis: massa seca da parte aérea (MSPA) e massa fresca da parte aérea (MFPA), com o genótipo Canapu apresentando maior porte em relação ao BRS Acauã. A massa seca da parte aérea do Canapu foi em média 35,6% maior do que a da Acauã, e também ligeiramente superior à encontrada por Locatelli et al. (2013) para o genótipo Pajeú, cujo valor citado é de 30 g. A maior produção de matéria seca do Canapu está associada, certamente, a características do genótipo, como, por exemplo, o número de dias requerido para as vagens atingirem o estágio de maturação. Didonet e Silva (2004) ressaltam que cultivares, com maior período em campo, permitem um maior tempo para acúmulo de biomassa.

Tabela 1. Médias de altura e diâmetro de planta, ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura; e massa seca e fresca da parte aérea (MSPA e MFPA) dos genótipos de

feijão caupi: BRS Acauã e Canapu, submetidos a diferentes níveis de lâminas de irrigação. Período: novembro de 2016 a janeiro 2017. Juazeiro, BA.

Altura de planta (cm)						
DAP						
Genótipo	19	26	33	40	47	53
BRS Acauã	8,96 a	12,93a	20,92a	64,32a	71,32a	78,52a
Canapu	8,48a	13,70a	20,42a	39,46b	45,62b	50,87b
CV(%)	12,23	10,78	11,78	23,02	21,18	18,59
Diâmetro do caule (mm)						
Cultivar	19	26	33	40	47	53
Acauã	3,82a	4,92b	6,49b	7,82b	8,93a	9,90a
Canapu	3,97a	5,45a	7,11a	8,57a	9,11a	9,36a
CV(%)	8,91	8,70	9,79	11,26	9,60	8,16
Genótipo			MSPA		MFPA	
BRS Acauã			24,72b		121,56b	
Canapu			33,52a		190,26a	
CV(%)			31,52		36,53	

*Letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si; DAP = dias após o plantio.

CONCLUSÕES

O incremento da lâmina de irrigação proporcionou maior altura das plantas dos genótipos de feijão caupi, com destaque para a cultivar BRS Acauã.

O genótipo de feijão caupi Canapu apresentou maior produção de biomassa comparado ao BRS Acauã.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO. **Irrigation and Drainage Paper, 56**. 300p. 1998.

BEZERRA, A. A. C. et al. Comportamento morfoagronômico de feijão caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 3, p. 184-189, 2012.

COELHO, A. M. Fertirrigação em culturas anuais produtoras de grãos. In: Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem - ABID. 2003. n.58, p. 44-54.

COSTA FILHO, R. S. da. **Biometria e componentes de produção do feijão-caupi em diferentes doses de adubação fosfatada**. 2013. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, PI, 2013.

DIDONET, A. D.; SILVA, S. C. da. Elementos climáticos e produtividade do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, v. 25, n. 223, p. 13–15, 2004.

FERREIRA, D. F. **SISVAR, Versão 5.6 (Build 75) DEX/UFLA**, 2010.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Feijão-caupi: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 2011b. 81 p.

LOCATELLI, V. E. R. et al. Características fisiológicas do feijão-caupi sob diferentes lâminas de irrigação no cerrado de Roraima. In: **II Congresso Nacional de Feijão Caupi–CONAC**, Recife, Pernambuco. 2013.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v.17, p.678-684, 1974.

OLIVEIRA, G. A. et al. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**. 2011, vol.42, n.4, pp. 872-882.

ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFERENTES PROCEDIMENTOS PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO BRASIL

Daniel Pereira Guimarães¹, Pedro Arthur de Azevedo Silva², Elena Charlotte Landau³, Ricardo Nunes Nery⁴

¹Engenheiro Florestal, D. Sc. Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, daniel.guimaraes@embrapa.br; ²Estudante graduação, UFSJ, Sete Lagoas, MG, pedroarthursilva@hotmail.com; ³Bióloga, D. Sc. Pesquisadora, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, charlotte.landau@embrapa.br; ⁴Estudante graduação, UFSJ, Sete Lagoas, MG, sorin171@gmail.com

RESUMO: A determinação da evapotranspiração é essencial para o uso racional da água na agricultura irrigada. Existe enorme carência de informações meteorológicas suficientes para a determinação da evapotranspiração, tanto em função da localização das estações quanto das falhas nas bases de dados. A evapotranspiração determinada pelo método de Penman-Monteith-FAO, tendo como fonte de dados estações meteorológicas, foi comparada em 121 locais com os resultados obtidos de estações convencionais, com o emprego do método de Hargreaves-Samani e com a evapotranspiração determinada com o uso das bases do *Global Data Assimilation System* (GDAS/NOAA). A evapotranspiração determinada pelo método de Hargreaves-Samani apresenta resultados consistentes, apesar do reduzido número de variáveis meteorológicas usadas na solução do modelo. Resultados consistentes também foram obtidos pelas bases do GDAS. Nesse caso, a evapotranspiração determinada de modo global apresenta-se como excelente alternativa para as áreas onde não se dispõe de informações meteorológicas locais, maioria dos municípios brasileiros.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração, Penman-Monteith-FAO, GDAS, Willmott.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT PROCEDURES FOR ESTIMATING EVAPOTRANSPIRATION IN BRAZIL

ABSTRACT: The determination of evapotranspiration is essential for the rational use of water in irrigated agriculture. There is a great lack of sufficient meteorological information for the determination of evapotranspiration, depending on the location of the stations as well as the failures in the databases. The evapotranspiration determined by the Penman-Monteith-FAO method, using meteorological stations as data source, was compared in 121 locations with the results obtained from conventional stations, using the Hargreaves-Samani method, and the evapotranspiration determined with the use of the do *Global Data Assimilation System* (GDAS/NOAA). The evapotranspiration determined by the Hargreaves-Samani method presents consistent results, despite the small number of meteorological variables used in the model solution. Consistent results were also obtained by GDAS bases. In this case, globally determined evapotranspiration presents itself as an excellent alternative to areas where local meteorological information is not available, in most Brazilian municipalities.

KEY-WORDS: Evapotranspiration, Penman-Monteith-FAO, GDAS, Willmott.

INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico é de importância fundamental para a definição e funcionamento dos ecossistemas e esse processo se mantém em movimento contínuo. Na forma gasosa e dissolvida na atmosfera, a água determina a umidade relativa do ar e retorna à superfície terrestre na forma de chuva, granizo ou neve. Na forma líquida e em contato com o solo, a água pode ficar retida entre os poros pela ação da capilaridade, apresentar escoamento superficial (*run off*) ou fluir para o lençol freático (drenagem profunda por percolação). De acordo com TUNDISI (2003) o ciclo hidrológico é impulsionado pela ação da energia térmica solar, da força dos ventos, que transportam vapor d'água para os continentes, da força da gravidade responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e deslocamento das massas de água. O retorno da água do solo para a atmosfera se dá pela evaporação direta do solo ou pela transpiração das plantas, sendo denominado de evapotranspiração por Thornthwaite & Wilm (CARVALHO et al. 2011). Na área agrícola, o conhecimento do balanço hídrico no solo é essencial para as análises relacionadas à viabilidade dos cultivos sob regime de sequeiro (zoneamentos agrícolas) e para a determinação dos turnos de rega nos cultivos irrigados.

Conforme as estimativas da Organização das Nações Unidas, a população mundial deverá atingir cerca de 9,6 bilhões de pessoas em 2050 e a Organização das Nações Unidas para a Agricultura – FAO, indica que a produção agrícola no mesmo período deverá dobrar para que suprir a demanda global por alimentos. Nesse contexto, fica evidente a necessidade de aumento da produtividade e uso eficiente dos insumos na agricultura, especialmente dos recursos hídricos uma vez que o setor agrícola consome cerca de 70% da água retirada dos mananciais (FERERES & SORIANO, 2007). GUIMARÃES E LANDAU (2017) relatam uma área irrigada no Brasil de 6 milhões de hectares em 2015 e as políticas públicas preconizando duplicar essa área nos próximos 5 anos (LANDAU et al., 2015). No caso brasileiro, o uso eficiente da água na agricultura deve ainda levar em consideração a variabilidade de oferta hídrica em função da grande dependência da incidência das chuvas, da baixa capacidade de retenção de muitos tipos de solos e da importância da água para a matriz energética brasileira. Este trabalho busca avaliar a eficiência de métodos alternativos para a determinação da evapotranspiração de referência buscando contribuir para o uso eficiente da água na agricultura irrigada no país.

MATERIAL E MÉTODOS

O método de estimativa da evapotranspiração Penman-Monteith-FAO (PM-FAO) é internacionalmente reconhecido como procedimento padrão para esse propósito. Conforme ALLEN et al. (2006) a evapotranspiração de referência atualmente é definida como a taxa de evapotranspiração de uma superfície de referência, coberta por uma cultura hipotética com altura de 0,12 m, resistência aerodinâmica de superfície de 70 s m⁻¹ e albedo de 0,23, com altura uniforme, sem restrições hídricas com crescimento ativo e grau de sombreamento com recobrimento completo do solo.

Ocorre que nem sempre as variáveis requeridas para a estimativa da evapotranspiração pelo método Penman-Monteith-FAO (PM-FAO) estão disponíveis para os usuários, tanto pela ausência de informações locais quanto pela falta de sensores nas estações meteorológicas. No caso brasileiro o problema é agravado pela dimensão continental do país e grande atenção tem sido para o emprego de métodos que utilizam

um número reduzido de variáveis climatológicas. SILVA et al. (2015) verificaram que o método de Hargreaves-Samani apresenta resultados satisfatórios para a região interiorana e ruins para o litoral do Ceará. Naturalmente essas divergências estão associadas à maior umidade relativa do ar e da incidência dos ventos no litoral. TANAKA et al. (2016) avaliaram a aplicabilidade de modelos simplificados para a estimativa da evapotranspiração no Mato Grosso: Hargreaves- Samani, Camargo, Makkink, Linacre, McGinness- Bordne, Romanenko, Turc, Holdridge, Radiação Solar, Jensen- Haise, Hansen e Caprio. Dentre os modelos avaliados, apenas os de Turc e McGinness- Bordne apresentaram resultados satisfatórios. CHAVES (2015) analisou o comportamento dos modelos de Hargreaves, Hargreaves-Samani, Makkink, Camargo e Jensen-Haise na região de Jaboticabal, SP e verificou que o método de Hargreaves-Samani apresentou o melhor desempenho na estimativa da evapotranspiração de referência. BRIXNER (2014) avaliou a performance de diferentes métodos para estimar a evapotranspiração de referência para a região da Campanha Gaúcha, RS e concluiu que o método de Makkink como o mais eficiente. JÚNIOR et al. (2016) relatam a necessidade de parametrização do modelo de Hargreaves-Samani para a proceder a estimativa da evapotranspiração de referência no Ceará. Esses resultados demonstram as dificuldades de determinação da ETo por métodos que empregam um número reduzido de variáveis em razão das peculiaridades climáticas das diferentes regiões do país.

A rede de estações convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET foi durante muito tempo a principal base de informações para a determinação da evapotranspiração. Atualmente essa rede vem sendo expandida com a instalação de mais de 500 estações automáticas no país. Além da falta de dados suficientes para a determinação da evapotranspiração, outra questão relevante diz respeito à localização das estações meteorológicas. A Figura 1 mostra a localização espacial das estações meteorológicas do INMET no Brasil. Dentre as estações convencionais, 211 encontram-se localizadas em áreas urbanas e apenas 112 estão localadas em área rural, ou seja, em áreas de baixo impacto antrópico. No caso das estações automáticas, 223 são localizadas em área urbana e 273 em área rural.



Figura 1. Localização geográfica das estações meteorológicas convencionais e automáticas do INMET no Brasil e impactos antrópicos.

Desse modo, grande ênfase tem sido dada à estimativa da evapotranspiração a partir de sensores orbitais. SEILER (2011) usou de imagens do sensor Modis (satélite Terra) para determinação da evapotranspiração na Bolívia usando o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithms for Land*). LIMA et al. (2014) usaram procedimentos similares para a estimativa da evapotranspiração real diária nas sub-bacias do Paracatu, MG. SILVA et al. (2012) incluíram ainda imagens do Landsat 5 para as análises do consumo de água e evapotranspiração em perímetros irrigados do semiárido brasileiro e MACEDO et al. (2016) para avaliação da ETo e caracterização do uso e ocupação do solo em Selvíria, MS. Lopes et al. (2014) usaram imagens Landsat 5, Modis e dados de estações meteorológicas para aplicação do algoritmo SAFER (*Surface Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*) na estimativa da evapotranspiração no município de Maracaju, MS. SCHERER-WARREN & RODRIGUES (2013) optaram pelo algoritmo METRIC (*Mapping Evapotranspiration at high Resolution with Internalized Calibration*) em imagens do sensor Modis para a estimativa da evapotranspiração real em pivôs centrais.

Uma similaridade entre os métodos que estimam a evapotranspiração que vem sendo testados no Brasil é o uso de imagens de satélite Landsat e/ou Modis, fatores que limitam a variabilidade temporal em 8 ou 16 dias e o requerimento de dados de estações terrestres.

Uma alternativa para a solução desse problema multiescala é apresentada pelo EROS – *Earth Resources Observation and Science* (<https://eros.usgs.gov/>) do U. S. Geological Survey resultando na estimativa da evapotranspiração de referência em escala global a partir das bases de dados do *Global Data Assimilation System* (GDAS) disponibilizados pelo NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration* desde 2001. Essa base de dados é usada como *input* do modelo de previsão de tempo (*Global Forecast System - GFS*) do NCEP - *National Center for Environmental Prediction*. Trata-se de uma base de dados de três dimensões envolvendo observações de estações terrestres, radiossondas, perfil dos ventos, informações meteorológicas de aeronaves, boias marinhas, radares meteorológicos e satélites. O GFS efetua previsões climáticas globais com resolução espacial de 28 km. A base de dados do GDAS possui dados em intervalos de 6 horas e o cálculo da evapotranspiração potencial é efetuado pelo método Penman-Monteith-FAO e disponibilizados pelo U. S. Geological Survey no site <https://earlywarning.usgs.gov/>. Os parâmetros meteorológicos da base GDAS são: pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa ambos a 2 metros do solo, velocidade dos ventos a 10 metros de altura, fluxo de radiação incidente/refletida de ondas curtas e longas. SENAY et al. (2008) encontraram fortes correlações entre os valores de evapotranspiração gerados pelas bases do GDAS e os gerados pela rede de estações meteorológicas automáticas do *California Irrigation Management Information System - CIMIS* (<http://www.cimis.water.ca.gov/>).

Esse trabalho visa comparar a evapotranspiração potencial estimada pelo método Penman-Monteith-FAO usando bases de dados da rede de estações meteorológicas convencionais do INMET, da rede de estações automáticas do mesmo instituto. Dentre as estações meteorológicas do INMET, 151 municípios brasileiros possuíam simultaneamente estações convencionais e automáticas em operação durante o período analisado (02/01/2012 a 02/05/2016) sendo que 121 apresentaram bases de dados suficientes para as comparações programadas. A Tabela 1 apresenta a relação das estações selecionadas e suas coordenadas geográficas.

Tabela 1. Estações meteorológicas do INMET utilizadas e suas localizações geográficas.

Código	Estação	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação	UF	Latitude	Longitude	Altitude
81881	Cruzeiro do Sul	AC	-7,6106	-72,6811	220	81758	Fortaleza	CE	-3,8157	-38,5378	30
81965	Rio Branco	AC	-9,9578	-68,1652	224	81797	Guaramiranga	CE	-4,2614	-38,9311	866
81995	Palmeira dos Indios	AL	-9,4203	-36,6204	278	81873	Iguatu	CE	-6,3964	-39,2690	222
81994	Pão de Açucar	AL	-9,7492	-37,4308	21	81798	Jaguaruana	CE	-4,8535	-37,7772	17
81648	Barcelos	AM	-0,9873	-62,9243	30	81832	Morada Nova	CE	-5,1367	-38,3566	45
81843	Eirunepé	AM	-6,6503	-69,8686	122	81831	Quixeramobim	CE	-5,1746	-39,2894	221
81733	Itacoatiara	AM	-3,1333	-58,4828	42	81754	Sobral	CE	-3,7482	-40,3457	92
81888	Lábrea	AM	-7,2607	-64,7885	62	81872	Tauá	CE	-6,0175	-40,2813	411
81730	Manaus	AM	-3,1037	-60,0155	49	86715	Brasilia	DF	-15,7893	-47,9258	1161
81638	Macapá	AP	0,0350	-51,0888	17	86786	São Mateus	ES	-18,6762	-39,8641	29
86634	Barra	BA	-11,0849	-43,1390	408	86830	Vitória	ES	-20,2711	-40,3061	9
86672	Bom Jesus da Lapa	BA	-13,2511	-43,4054	448	86709	Aragarças	GO	-15,9027	-52,2452	327
86658	Feira de Santana	BA	-12,1962	-38,9674	230	86712	Goiás	GO	-15,9397	-50,1414	513
86654	Lençóis	BA	-12,5579	-41,3888	438	86752	Jataí	GO	-17,9236	-51,7175	670
81993	Paulo Afonso	BA	-9,3781	-38,2268	255	86753	Rio Verde	GO	-17,7853	-50,9649	780
81990	Remanso	BA	-9,6257	-42,0772	397	86773	São Simão	GO	-18,9691	-50,6334	492
86678	Salvador	BA	-13,0055	-38,5058	48	81985	Alto Parnaíba	MA	-9,1082	-45,9320	284
86637	Serrinha	BA	-11,6646	-39,0229	338	81790	Bacabal	MA	-4,2431	-44,7950	22
86697	Vitoria da Conquista	BA	-14,8864	-40,8013	879	81903	Balsas	MA	-7,4556	-46,0275	271
81911	Barbalha	CE	-7,3009	-39,2711	409	81825	Barra do Corda	MA	-5,5068	-45,2371	154
81909	Campos Sales	CE	-7,0777	-40,3627	578	81901	Carolina	MA	-7,3373	-47,4598	183
81830	Crateús	CE	-5,1866	-40,6721	298	81792	Caxias	MA	-4,8214	-43,3437	85

Código	Estação	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Código	Estação	UF	Latitude	Longitude	Altitude
81749	Chapadinha	MA	-3,7427	-43,3521	104	81917	Surubim	PE	-7,8396	-35,8011	421
81866	Colinas	MA	-6,0332	-44,2334	175	81987	Bom Jesus do Piauí	PI	-9,0833	-44,3264	297
81822	Imperatriz	MA	-5,5557	-47,4598	118	81988	Caracol	PI	-9,2859	-43,3244	515
81715	São Luís	MA	-2,5268	-44,2136	55	81868	Floriano	PI	-6,7614	-43,0034	126
81687	Turiáçu	MA	-1,6612	-45,3726	36	81950	Paulistana	PI	-8,1323	-41,1429	376
86796	Araxá	MG	-19,6057	-46,9496	1018	81908	Picos	PI	-7,0710	-41,4040	233
86850	Barbacena	MG	-21,2284	-43,7677	1169	81794	Piripiri	PI	-4,2760	-41,7946	158
86800	Belo Horizonte	MG	-19,8839	-43,9694	854	81848	São João do Piauí	PI	-8,3650	-42,2504	237
86802	Caratinga	MG	-19,7358	-42,1371	609	81827	Teresina	PI	-5,0348	-42,8013	75
86781	Diamantina	MG	-18,2311	-43,6483	1359	86921	Castro	PR	-24,7870	-49,9993	994
86695	Espínosa	MG	-14,9123	-42,8085	565	86933	Curitiba	PR	-25,4487	-49,2306	923
86775	Ituiutaba	MG	-18,9529	-49,5251	540	86930	Ivaí	PR	-25,0108	-50,8539	804
86851	Juiz de Fora	MG	-21,7700	-43,3643	937	86899	Maringá	PR	-23,4054	-51,9328	549
86740	Montes Claros	MG	-16,6863	-43,8438	646	86874	Resende	RJ	-22,4509	-44,4448	439
86759	Pirapora	MG	-17,2581	-44,8356	505	81836	Macau	RN	-5,1510	-36,5731	17
86741	Salinas	MG	-16,1603	-42,3103	487	81839	Natal	RN	-5,8372	-35,2079	47
86824	Viçosa	MG	-20,7626	-42,8640	698	81615	Boa Vista	RR	2,8169	-60,6908	82
86792	Paranaíba	MS	-19,6955	-51,1818	408	86992	Bagé	RS	-31,3478	-54,0133	226
86705	Cuiabá	MT	-15,5593	-56,0630	242	86962	Cruz Alta	RS	-28,6034	-53,6736	427
86664	Sao Jose do Rio Claro	MT	-13,4540	-56,6773	340	86988	Porto Alegre	RS	-30,0535	-51,1748	41
81680	Belém	PA	-1,4112	-48,4395	21	86977	Santa Maria	RS	-29,7250	-53,7205	103
81710	Cametá	PA	-2,2397	-49,4998	10	86961	São Luiz Gonzaga	RS	-28,4171	-54,9624	246
81940	Conceição do Araguaia	PA	-8,3036	-49,2828	176	86981	Torres	RS	-29,3504	-49,7333	8
81778	Itaituba	PA	-4,2770	-55,9931	24	86973	Uruguaiana	RS	-29,8399	-57,0819	74
81820	Marabá	PA	-5,3664	-49,0512	117	86958	Florianópolis	SC	-27,6025	-48,6201	5
81706	Monte Alegre	PA	-2,0000	-54,0758	96	86946	Indaial	SC	-26,9137	-49,2680	72
81658	Soure	PA	-0,7278	-48,5158	13	86932	Lages	SC	-27,8022	-50,3355	955
81743	Tucuruí	PA	-3,8228	-49,6750	138	86969	São Joaquim	SC	-28,2756	-49,9346	1400
81877	Areia	PB	-6,9755	-35,7181	573	86616	Aracaju	SE	-10,9524	-37,0543	4
81916	Campina Grande	PB	-7,2256	-35,9048	546	86638	Itabaianinha	SE	-11,2725	-37,7950	205
81918	João Pessoa	PB	-7,1654	-34,8156	34	86818	Franca	SP	-20,5845	-47,3825	1003
81914	Monteiro	PB	-7,8945	-37,1247	606	86845	São Carlos	SP	-21,9804	-47,8839	859
81913	Patos	PB	-7,0798	-37,2729	264	86910	São Paulo	SP	-23,4963	-46,6201	786
81774	São Gonçalo	PB	-6,8358	-38,3116	237	86907	Sorocaba	SP	-23,4260	-47,5856	609
81953	Arco Verde	PE	-8,4335	-37,0555	684	81900	Araguaina	TO	-7,1040	-48,2012	231
81951	Cabrobó	PE	-8,5040	-39,3153	343	86607	Palmas	TO	-10,1907	-48,3018	292
81910	Ouricuri	PE	-7,8847	-40,1011	464	81941	Pedro Afonso	TO	-8,9687	-48,1773	190
81991	Petrolina	PE	-9,3883	-40,5233	373	86649	Peixe	TO	-12,0154	-48,5445	251
81958	Recife	PE	-8,0593	-34,9592	11	-	-	-	-	-	-

As análises comparativas se basearam nos seguintes critérios:

- A evapotranspiração potencial determinada pelo método Penman-Monteith-FAO, empregando as variáveis meteorológicas obtidas das estações automáticas, foi considerada como padrão para fins comparativos.

- A determinação da evapotranspiração potencial determinada pelo método Penman-Monteith-FAO, empregando as variáveis meteorológicas obtidas das estações convencionais, considerou a transformação da insolação diária em radiação solar em razão da falta de piranômetros instalados nessas estações.

- A determinação da evapotranspiração potencial determinada pelo método de Hargreaves-Samani utilizou as variáveis de temperatura máxima e mínima obtidas das estações automáticas.

- A determinação da evapotranspiração potencial determinada pelo método de Penman-Monteith-FAO aplicado sobre as bases do GDAS foi calculada sobre toda a área do município.

O cálculo dos valores de evapotranspiração pelo método Penman-Monteith-FAO é dado pela função 1:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900U_2}{T_{med} + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Onde: Altura da grama fixa em 0,12 m, resistência estomática de 70 m.s⁻¹, albedo de 0,23.

No modelo, R_n é o saldo de radiação e G é a densidade do fluxo de calor no solo (MJ.m⁻².dia⁻¹), (Δ) refere-se à declinação da curva de saturação do vapor da água (KPa °C⁻¹) e U₂ é a velocidade do vento a 2 metros acima da superfície do solo (ms⁻¹), T = temperatura do ar (°C), e_s é a pressão de saturação do vapor (KPa), e_a é a pressão real de vapor (KPa) e γ é o coeficiente psicométrico (MJkg⁻¹).

A evapotranspiração pelo método de Hargreaves-Samani foi calculada pela equação 2:

$$ET_o = 0.408 * 0.00135 * R_a * (T_{média} + 17.8) * Sqrt[(T_{max} - T_{min})] \quad (2)$$

Onde ETo é a evapotranspiração potencial (mm.dia⁻¹), R_a é a radiação solar no topo da atmosfera (mm.dia⁻¹) e Tmax e Tmin correspondem às temperaturas máximas e mínimas diárias (°C).

A média dos pixels pode ser obtida através da classe “QgsZonalStatistics”, esta classe têm várias aplicações. Utilizando imagens diárias, há necessidade da automação do processo de estatística, desta forma o código fonte demonstrado na Figura 2 realiza a automação de todo o período avaliado e, mesmo que o mês apresente menos dias, o código pode ser utilizado sem gerar erro. O código fonte desenvolvido é na linguagem de programação *Python* e pode ser utilizado no *software QGIS*.

```
from qgis.analysis import QgsZonalStatistics

for z in range(2012, 2017): #Loop anual, ate 2616

    for y in range(1, 13): #Loop mensal, ate 12

        for x in range(1, 32): #Loop diario, ate 31

            #Caminho do arquivo vetorial:
```

```

polygonLayer = QgsVectorLayer("[caminho]%\d%\d\shape\municBrasil.shp" % (z,y), 'zonepolygons', "org")

#Caminho do arquivo raster:
rasterFilePath = "[caminho]\ImagensTIF%\d%\d\dia(%d).tif" % (z,y,x)

#ZoneStat = QgsZonalStatistics (Vetor, Raster, Prefixo tab. de Atrib., Banda do Raster, Funcao do Comando)
zoneStat = QgsZonalStatistics (polygonLayer, rasterFilePath, "dia_%d" % (x),1)

print "Arquivo %d-%d-%d: [caminho]\ImagensTIF%\d%\d\dia(%d).tif. Erros:" % (z,y,x,z,y,x)

zoneStat.calculateStatistics(None)

print "Pronto!"

```

Figura 2. Código fonte da utilização da classe `QgsZonalStatistics`, com loop, para processar automaticamente todo o período avaliado.

A interpretação dos resultados foi realizada pelo nível de concordância entre a evapotranspiração determinada utilizando dados das estações automáticas e as demais fontes de dados pelo índice de concordância de Willmott (função 3) e análise da dispersão dos erros.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N \left[\left(|P_i - \bar{O}| \right) + \left(|O_i - \bar{O}| \right) \right]^2} \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra o nível de aproveitamento das bases de dados das estações meteorológicas com informações suficientes para o cálculo diário da evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith-FAO.

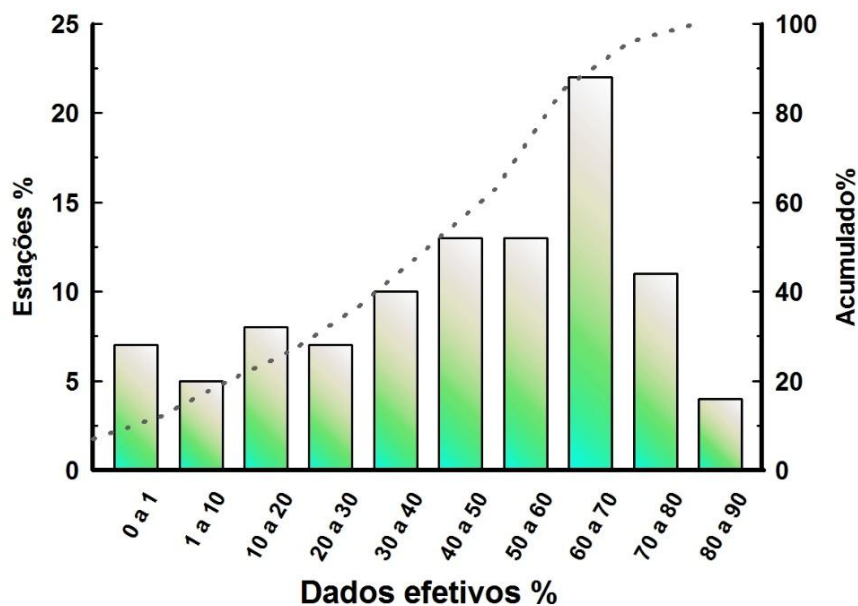


Figura 3. Percentual de aproveitamento dos dados das estações meteorológicas para a determinação da evapotranspiração potencial pelo método Penman-Monteith-FAO.

A viabilidade de uso dos dados gerados pelas estações meteorológicas é afetada pela qualidade dos dados coletados. Verifica-se que em cerca da metade das estações apresentam menos de 50% dos dados suficientes para a determinação da E_{To} pelo método Penman-Monteith-FAO em função da falhas nos sensores, falha na emissão de dados e erros provocados pela perda de calibração.

As figuras 4, 5 e 6 mostram respectivamente os níveis de concordância entre os valores observados de E_{To} obtidos pela utilização de bases de dados das estações automáticas em relação aos valores obtidos pelo emprego de bases relativas às estações convencionais, equação de Hargreaves-Samani e o emprego das bases meteorológicas do GDAS-NOAA.

Ao contrário do esperado, a determinação da evapotranspiração empregando dados obtidos de estações automáticas e convencionais apresentaram muitos resultados discrepantes, conforme explicitado na Figura 4. Essas diferenças podem ser explicadas por erros de calibração dos sensores nas estações automáticas e também pelas imprecisões das variáveis meteorológicas obtidas das estações convencionais, como por exemplo:

- A velocidade dos ventos medida nas estações convencionais tende a ser de menor magnitude que as obtidas de estações automáticas.
- A umidade relativa do ar obtida nas estações convencionais tende a ser maior que aquela verificada nas estações automáticas.
- Existe enorme variação entre a insolação diária registrada nas estações convencionais e a radiação solar medida nas estações automáticas.
- Diferentes leituristas operando estações convencionais podem determinar erros sistemáticos nas variáveis mensuradas.

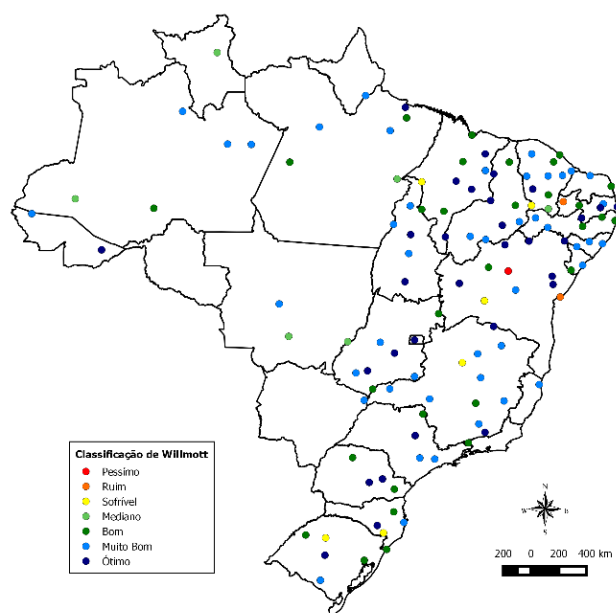


Figura 4. Índices de concordância Willmott – Referentes à evapotranspiração Penman-Monteith-FAO determinados pelo uso de dados oriundos de estações automáticas e convencionais.

Variações similares foram observadas ao comparar a ETo de Penman-Monteith-FAO e o método de Hargreaves-Samani utilizando apenas as temperaturas máximas e mínimas (Figura 5). Nesse caso, tem-se a conveniência de usar um número reduzido de variáveis (apenas relacionados à temperatura), mas a necessidade de obtenção de dados compatíveis com aqueles fornecidos pelas estações que estão em condições de abrigo meteorológico.

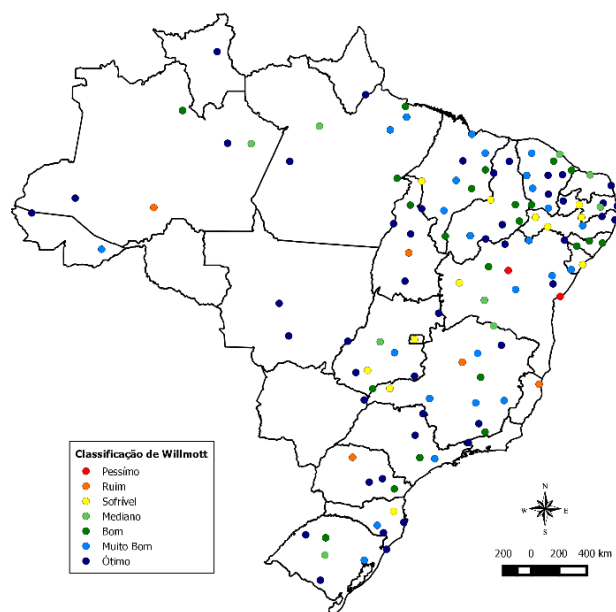


Figura 5. Índices de concordância Willmott – Referentes à evapotranspiração Penman-Monteith-FAO determinados pelo uso de dados oriundos de estações automáticas e a evapotranspiração pelo método de Hargreaves-Samani.

A Figura 6 apresenta os índices de concordância em relação à evapotranspiração Penman-Monteith-FAO determinados pelo uso das bases de dados do modelo GDAS *Global Data Assimilation System*. Nesse caso, nenhuma estação terrestre é requerida pelo usuário, e os dados diários de evapotranspiração podem ser obtidos de modo global.

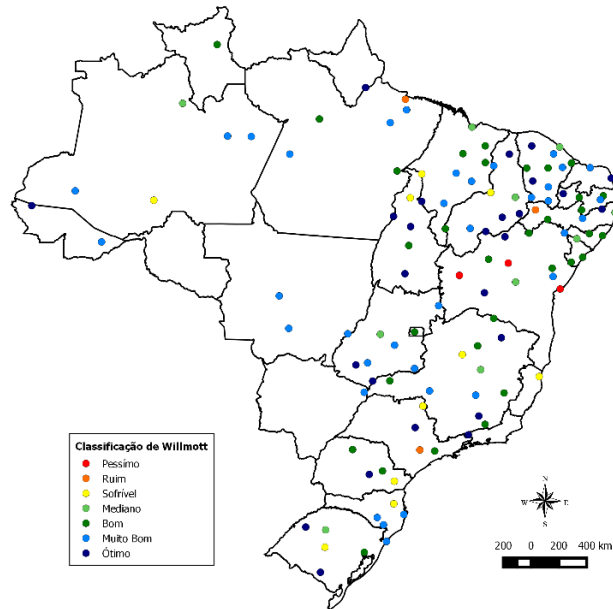


Figura 6. Índices de concordância Willmott – referentes à evapotranspiração Penman-Monteith-FAO determinados pelo uso de dados oriundos de estações automáticas e a evapotranspiração disponibilizada pelo GDAS (*Global Data Assimilation System*).

A Figura 7 mostra a frequência das concordâncias dos procedimentos adotados para a determinação da evapotranspiração de referência. O cálculo da ETo a partir de estações convencionais permite que a classificação entre bom e excelente para 87% dos casos analisados. No caso da evapotranspiração determinada pelos métodos GDAS e Hargreaves – Samani, os índices reduziram-se para 78 e 77%.

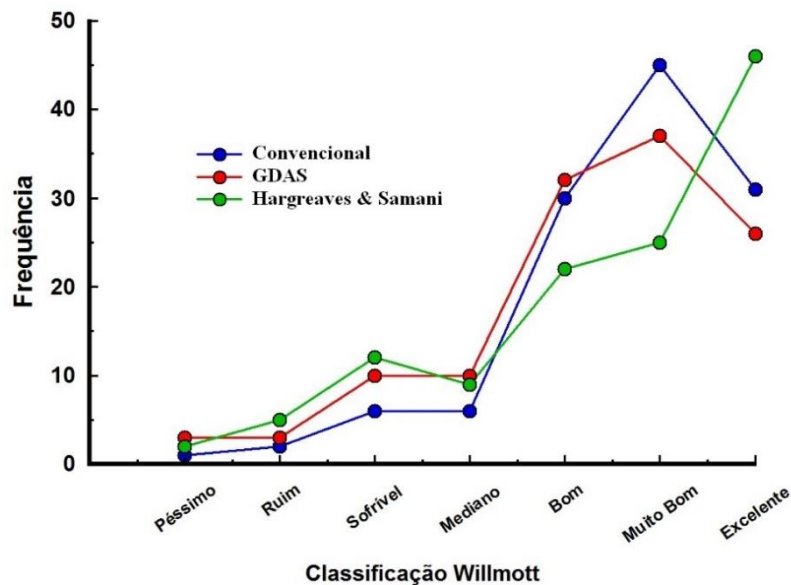


Figura 7. Frequências de ocorrência do índice de concordância de Willmott em função do procedimento adotado para a determinação da evapotranspiração de referência.

A distribuição dos desvios absolutos, apresentada na Figura 8, mostra uma tendência à normalidade e uma alta concentração dos dados com alta precisão das estimativas. Em 97% dos casos, a ETo determinada pelas estações convencionais diferiu das estações automáticas em intervalos inferiores a 2 mm/dia. Esses valores ficaram em torno de 95% com a utilização do método de Hargreaves – Samani e 94% com o emprego da ETo disponibilizada pelo GDAS.

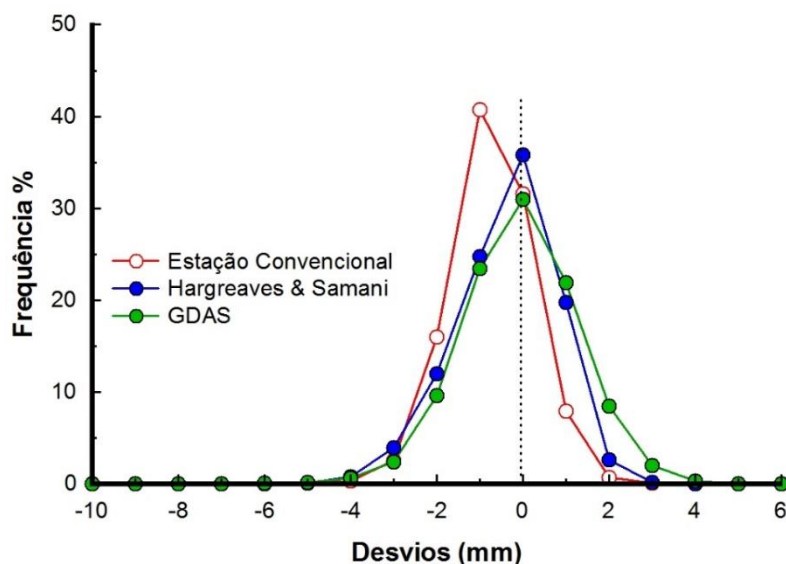


Figura 8. Frequência de desvios da evapotranspiração (ETo) em relação ao método Penman-Monteith-FAO determinado a partir de estações automáticas.

CONCLUSÕES

As estações meteorológicas (automáticas e convencionais) apresentam limitações para a determinação da evapotranspiração pelo método Penman-Monteith-FAO, em função da localização, do número, da falta de sensores, de falhas relativas à calibração e falhas no registro e envio dos dados meteorológicos para as bases de dados.

O uso do método de Hargreaves-Samani fornece estimativas consistentes da evapotranspiração e o requerimento de um número reduzido de variáveis meteorológicas.

A determinação da evapotranspiração de referência a partir das bases de dados do GDAS (*Global Data Assimilation System*) fornece resultados similares aos obtidos pelas estações meteorológicas e apresenta-se como excelente alternativa para as regiões onde existe carência de informações climatológicas locais, disponibilizando, diariamente, dados consistentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio Riego e Drenaje, Paper 56).

BRIXNER, G. F.; SCHÖFFEL, E. R.; TONIETTO, J. Determinação da evapotranspiração por diferentes métodos e sua aplicação no índice de seca na Campanha Gaúcha, Brasil. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 36, n. 4, p. 780-793, Dezembro 2014.

CARVALHO, L. G. de; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.3, p.456-465, 2011.

CHAVES, L. H. Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para região de Jaboticabal-SP. 2015. 58 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/136717>

FERERES, E.; SORIANO, M.A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal of Experimental Botany**, v.58, p.147- 159, 2007.

GUIMARAES, D. P.; LANDAU, E. C.; Base de dados sobre a área irrigada por pivôs centrais no Brasil em 2015. Disponível em <http://geoportal.cnpms.embrapa.br/EMBRAPA/map_EMBRAPA.phtml>. Acessado em 02 de maio de 2017.

JUNIOR, J. C. L.; ARRAES, F. D.; OLIVEIRA, J. B.; NASCIMENTO, A. L.; MACÊDO, K. G. Parametrização da equação de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência no estado do Ceará, Brasil. *Revista Ciência Agronômica*, 47(3), 447-454. 2016.

LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P.; SOUZA, D. L. de Variação da área irrigada por pivôs centrais no Brasil entre 2013 e 2014. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 126).

LIMA, E. P.; SEDIYAMA, G. C.; ANDRADE, R. G.; LOPES, V. D.; SILVA, B. B. Evapotranspiração real diária em sub-bacias do Paracatu, utilizando produtos do sensor Modis. *Rev. Ceres, Viçosa*, v. 61, n.1, p. 017-027, jan/fev, 2014.

LOPES, A. A.; DUENHA, T. V.; ANDRADE, R. G.; TEIXEIRA, A. H. de C.; LEIVAS, J. F. Análise espaço-temporal da evapotranspiração em áreas agrícolas do município de Maracaju, MS. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8, 2014, Campinas. Anais... Campinas: IAC, 2014. 8 p.

MACEDO, F. L.; SILVA, H. R.; ROMERO, C. W. S.; RODRIGUES, R. A. F.; MARQUES, A. P. Determinação da evapotranspiração real diária em diferentes usos e ocupação do solo. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.09, n.05, 1529-1542, 2016.

QGIS Development Team, 2016. QGIS 2.8 Geographic Information System API Documentation. Open Source Geospatial Foundation Project. Electronic document: http://doc.qgis.org/testing/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/intro.html

SCHERER-WARREN, M.; RODRIGUES, L. N. Estimativa de evapotranspiração real por sensoriamento remoto: procedimento e aplicação em pivô central. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 312). Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 35p.

SEILER C.; MOENE, A. F. Estimating Actual Evapotranspiration from Satellite and Meteorological Data in Central Bolivia. *Earth Interactions*, 15, 1–24. 2011.

SENAY, G. B.; VERDIN, J.P.; LIETZOW, R.; MELESSE, A.M. Global Daily Reference Evapotranspiration Modeling and Evaluation. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**. V. 44, nº 4, p. 969-979, Aug. 2008.

SILVA, B.B.; BRAGA, A.C.; BRAGA, C.C.; OLIVEIRA, L. M. M.; GALVINCIO, J. D.; MONTENEGRO, S. Evapotranspiration and assessment of water consumed in irrigated area of the Brazilian semiarid region by remote sensing. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 47: 1218–1226. 2012.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I.S.; CARMO, F. F.; LEDO, E. R. F.; SILVA FILHO, J. A. Estimativa da evapotranspiração de referência pela equação de Hargreaves-Samani no estado do Ceará, Brasil. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. 9(2): 132-141, 2015.

TANAKA, A. A.; SOUZA, A. P.; KLAR, A. E.; SILVA, A. C.; GOMES, A. W. A. Evapotranspiração de referência estimada por modelos simplificados para o Estado do Mato Grosso. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.51, n.2, p.91-104, fev. 2016

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência & Cultura** (São Paulo) 2003; 4:31-3.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E CONTRIBUIÇÃO DOS TERMOS RADIATIVO E AERODINÂMICO NA REGIÃO DE DOURADOS, MS

Danilton Luiz Flumignan¹, Jaqueline Alves da Silva², Lucas Henrique Soares Figueiredo³, Carlos Henrique Martins de Souza⁴, Maiara Kawana Aparecida Rezende⁵
¹ Eng. Agr., Dr., Pesquisador de Agrometeorologia e Irrigação, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS, danilton.flumignan@embrapa.br; ² Eng^a Agr., Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, jaquealsl.88@gmail.com; ³ Graduando em Agronomia, Centro Universitário da Grande Dourados, Dourados-MS, lucasfigueiredo_agro@hotmail.com; ⁴ Eng. Agr., Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, carlosm.agro@hotmail.com; ⁵ Eng^a. Agrícola, Doutoranda em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, maiara_rezende_15@hotmail.com

RESUMO: A evapotranspiração de referência (ET_0) é determinada pela intensidade do fator radiativo (radiação solar) e dos fatores aerodinâmicos (velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar). Baseado nisso, o presente trabalho visou caracterizar a ET_0 na região de Dourados, MS, e o nível de contribuição dos termos radiativo e aerodinâmico para suas taxas. Foram utilizados dados da Estação Agrometeorológica da Embrapa Agropecuária Oeste entre os anos de 2001 a 2013. Os valores de ET_0 foram estimados conforme a equação de Penman-Monteith. A análise da contribuição dos termos radiativo e aerodinâmico foi obtida a partir da decomposição manual da equação. A média anual de ET_0 é de 4,2 mm dia⁻¹, sendo que os meses de novembro e dezembro apresentam maiores valores (5,3 mm dia⁻¹), diferente de junho que apresenta o menor (2,4 mm dia⁻¹). Essa dinâmica é um reflexo direto da dinâmica anual da oferta de radiação solar na região, a qual é maior no verão e menor no inverno. Por isso, constatou-se que na região, a ET_0 é influenciada majoritariamente pelo termo radiativo (68,2%), se comparado ao aerodinâmico (31,8%). Essa proporção varia ao longo do ano, sendo mais dilatada em janeiro (80,3 e 19,7%, respectivamente) e mais similar em agosto (52,2 e 47,8%, respectivamente).

PALAVRAS-CHAVE: estação meteorológica, Penman-Monteith, radiação solar.

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION AND CONTRIBUTION OF RADIATION AND WIND TERMS FOR DOURADOS REGION, MS

ABSTRACT: The reference evapotranspiration (ET_0) is determined by intensity of the radiation factor (solar radiation) and wind factor (wind speed, temperature and relative humidity). Based on this, the present work aimed to characterize ET_0 at Dourados region, MS, and also quantify the contribution of radiation term and wind term to its rates. Data from 2001 to 2013 of the Embrapa Agropecuária Oeste weather station were used. The ET_0 values were estimated according to the Penman-Monteith equation. The analysis of the contribution of radiation term and wind terms was obtained from the manual decomposition of the equation. The mean annual ET_0 is equal to 4.2 mm day⁻¹, being that November and December were the months that showed higher values (5.3 mm day⁻¹), different from the June, the lowest (2.4 mm day⁻¹). This dynamics is a direct reflection of the annual dynamics of solar radiation supply in the region, which is higher in summer and lowest in winter. Therefore, it was verified that in the region ET_0 is influenced mainly by the radiation term (68.2%), compared to wind (31.8%). This

proportion varies during the year, being more dilated in January (80.3 and 19.7%, respectively) and flatter in August (52.2 and 47.8%, respectively).

KEY-WORDS: weather station, Penman-Monteith, solar radiation.

INTRODUÇÃO

Numa superfície vegetada ocorrem os processos de evaporação e transpiração, sendo que por meio da ocorrência simultânea de ambos surge o termo evapotranspiração. Quando a superfície em questão é o gramado das estações meteorológicas, este termo se chama evapotranspiração de referência (ET_0). Este foi definido por Doorenbos e Pruitt (1977), como a evapotranspiração que ocorre em uma extensa superfície coberta com grama de 0,08 a 0,15m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água.

O conceito de ET_0 foi originalmente introduzido para estudar a demanda evaporativa da atmosfera, independentemente do tipo de cultura, fenologia e tratos culturais, sendo usado em estudos climáticos e um elemento indicativo da demanda hídrica das culturas de um determinado local e período (ALENCAR et al., 2011).

O método de Penman-Monteith consiste em um método combinado na associação dos termos diabáticos (saldo de energia na superfície) e adiabáticos (processo de transferência pelos componentes aerodinâmicos) da evaporação. Para Medeiros, Sentelhas e Lima (2003), a radiação solar constitui-se no mais importante elemento meteorológico na estimativa da evapotranspiração, pois dela dependem os processos físicos de aquecimento e resfriamento do ar e do solo, sendo este fator dependente do local e época do ano.

Diante disso, o presente trabalho visou caracterizar a ET_0 na região de Dourados, MS, e o nível de contribuição dos termos radiativo e aerodinâmico para suas taxas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado o banco de dados da Estação Agrometeorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada em Dourados, MS (latitude $22^{\circ}16'S$, longitude $54^{\circ}49'O$ e altitude de 408 m). Este banco se encontra disponível no site Guia Clima (<http://www.cpao.embrapa.br/clima/>).

Utilizou-se dados diários de radiação solar global (R_s), temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (U_2). Os sensores de T , UR e U_2 estiveram posicionados a 2 m de altura. Foram usados dados disponíveis em um período de 13 anos (01/01/2001 a 31/12/2013). De posse dos dados foram estimadas as taxas diárias de ET_0 ($mm\ dia^{-1}$) pelo método de Penman-Monteith, conforme descrito em Allen et al. (2005). O cálculo foi realizado usando o software Ref-ET (ALLEN, 2000).

Uma planilha computacional foi desenvolvida para analisar separadamente a contribuição dos termos radiativo (ET_{rad}) e aerodinâmico (ET_{aero}) para as taxas de ET_0 . Isso foi realizado tomando-se como base o disposto em Zotarelli et al. (2015). Ambos os termos produzem valores em $mm\ dia^{-1}$, cujo somatório é igual a ET_0 .

Os dados obtidos de ET_0 , ET_{rad} e ET_{aero} foram analisados por estatística descritiva baseada em medidas de posição e dispersão. Enfoque foi dado para caracterizar como se dá a dinâmica destes valores nos diferentes meses do ano na região de Dourados, MS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela Tabela 1 pode-se observar que o menor valor de ET_0 já registrado foi de $0,2 \text{ mm dia}^{-1}$, enquanto o maior foi $9,6 \text{ mm dia}^{-1}$. A média anual da ET_0 é de $4,2 \text{ mm dia}^{-1}$ e nota-se que em 80% dos dias as taxas ficam entre 2 e $6,3 \text{ mm dia}^{-1}$.

As maiores taxas de ET_0 ocorrem nos meses de novembro, dezembro e janeiro, enquanto as menores ocorrem em maio, junho e julho. Novembro e dezembro são os meses de maior média ($5,3 \text{ mm dia}^{-1}$), enquanto junho é o de menor ($2,4 \text{ mm dia}^{-1}$).

Tabela 1. Estatística descritiva da evapotranspiração de referência (ET_0 ; mm dia^{-1}) na região de Dourados, Mato Grosso do Sul.

Mês	Mínimo	Limite 80% inferior	Média	Limite 80% superior	Máximo
Janeiro	0,7	3,2	5,1	6,7	7,6
Fevereiro	1,2	3,2	5	6,4	7,6
Março	0,7	3,2	4,7	6	7,7
Abril	0,4	2	3,7	4,9	6,1
Mai	0,4	1,5	2,7	3,8	5,8
Junho	0,2	1,2	2,4	3,5	4,6
Julho	0,4	1,4	2,7	4,1	5,4
Agosto	0,3	2,2	3,9	5,4	7,5
Setembro	0,2	2,3	4,4	6,2	8,3
Outubro	0,3	2,3	4,7	6,6	8,6
Novembro	0,5	2,8	5,3	7	9,6
Dezembro	0,7	3,2	5,3	7	8
Anual	0,2	2	4,2	6,3	9,6

Além da variabilidade temporal que existe nas taxas de ET_0 , nota-se na Figura 1 que os termos ET_{rad} e ET_{aero} influenciam diferentemente as taxas de ET_0 ao longo do ano.

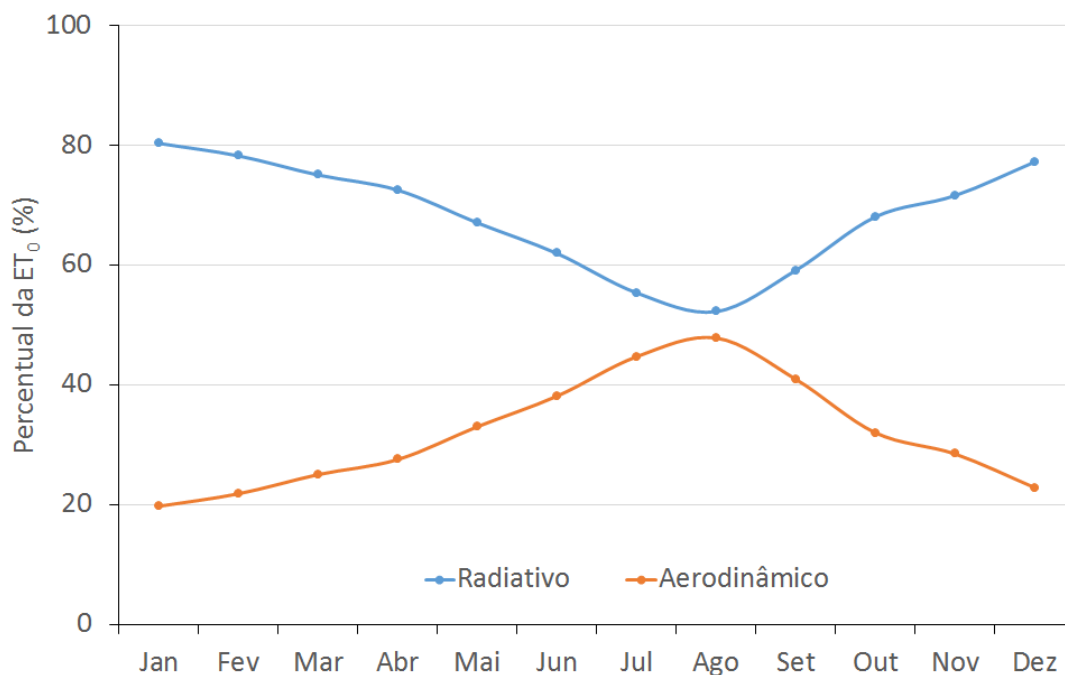


Figura 1. Dinâmica temporal da contribuição dos termos radiativo e aerodinâmico para a evapotranspiração de referência (ET_0) na região de Dourados, Mato Grosso do Sul.

Na média anual, a ET_{rad} é responsável por $2,9 \text{ mm dia}^{-1}$ da demanda atmosférica total, enquanto o ET_{aero} é responsável por $1,3 \text{ mm dia}^{-1}$.

Isso equivale a, respectivamente, 68,2 e 31,8% da demanda atmosférica. Janeiro é o mês onde ET_{rad} é mais predominante, sendo 80,3% da ET_0 é devida a este termo, enquanto 19,7% deve-se ao ET_{aero} . Por outro lado, agosto é o mês de menor contribuição do ET_{rad} , respondendo por 52,2% da ET_0 , enquanto o ET_{aero} responde por 47,8%. Portanto, a radiação solar é quem determina a demanda evaporativa da atmosfera na região. Os demais contribuintes e que constituem o ET_{aero} (temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento), também contribuem para a ET_0 , porém em menor proporção.

CONCLUSÕES

Na região de Dourados, MS, a taxa média de ET_0 é de $4,2 \text{ mm dia}^{-1}$ e em 80% dos dias os valores variam entre 2,0 e $6,3 \text{ mm dia}^{-1}$. Os meses de novembro, dezembro e janeiro demonstraram ser os de maiores taxas, enquanto maio, junho e julho foram os de menores. Isso se justifica pelo fato de que a radiação solar demonstrou constituir a principal variável climática responsável pela demanda evaporativa da atmosfera na região, respondendo por 68,2% das taxas de ET_0 .

O percentual de contribuição de ET_{rad} e ET_{aero} variam dentro do ano. Em janeiro ET_{rad} predomina, correspondendo a 80,3% da ET_0 , enquanto 19,7% deve-se a ET_{aero} . Já em agosto ET_{rad} contribui em menor proporção (52,2%), enquanto ET_{aero} responde por 47,8%. Essa dinâmica observada se deve, principalmente, ao padrão de oferta de radiação solar na região, em que durante o verão a quantidade de radiação é maior, por isso a ET_{rad} é maior. Diferentemente, no inverno a oferta de radiação é menor na região e a ET_{rad} diminui por consequência.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, L. P.; SEDIYAMA, G.; MANTOVANI, E. C.; MARTINEZ, M. A. Tendências recentes nos elementos do clima e suas implicações na evapotranspiração da cultura do milho em Viçosa – MG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p.631-642, 2011.

ALLEN, R.G. **Ref-ET 2.0**: reference evapotranspiration calculation software. Kimberly: University of Idaho, 2000. 76 p. Disponível em: <<http://www.kimberly.uidaho.edu/ref-et/>>. Acesso em: 19 fev. 2007.

ALLEN, R. G.; WALTER, I. A.; ELLIOTT, R. L.; HOWELL, T. A.; ITENFISU, D.; JENSEN, M. E.; SNYDER, R. L. (Ed.). **The ASCE standardized reference evapotranspiration equation**. Reston: ASCE, 2005. 216 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. **Crop water requirement**. Rome: FAO, 1977. 144p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

MEDEIROS, A.T.; SENTELHAS, P.C.; LIMA, R.N. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba - CE. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 21-30, 2003.

ZOTARELLI, L.; DUKES, M. D.; ROMERO, C. C.; MIGLIACCIO, K. W.; MORGAN, K. T. **Step by step calculation of the Penman-Monteith evapotranspiration (FAO-56 Method)**. Gainesville: University of Florida, 2015. 10 p. (University of Florida. Document, AE459).

FATOR DE RESPOSTA DA PRODUÇÃO (K_y) DO MILHO SAFRINHA PARA A REGIÃO DE DOURADOS, MS

Danilton Luiz Flumignan¹, Jaqueline Alves da Silva², Carlos Henrique Martins de Souza³, Maiara Kawana Aparecida Rezende⁴

¹ Eng. Agr., Dr., Pesquisador de Agrometeorologia e Irrigação, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados-MS, danilton.flumignan@embrapa.br; ² Eng^a Agr., Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, jaquealsl.88@gmail.com; ³ Eng. Agr., Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, carlosm.agro@hotmail.com; ⁴ Eng^a. Agrícola, Doutoranda em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, maiara_rezende_15@hotmail.com

RESUMO: Tendo em vista a importância econômica do milho safrinha, boas práticas de cultivo devem ser adotadas. Nesse sentido, o conhecimento dos efeitos do manejo hídrico sobre a produtividade das culturas vem se destacando. Por isso, o presente trabalho visou determinar o fator de resposta da produção (K_y) para a cultura do milho safrinha na região de Dourados, MS. Para a obtenção do K_y utilizou-se o modelo de regressão, que requer dados de produtividade real (Y_r) e máxima potencial (Y_m), bem como evapotranspiração real (ET_r) e máxima (ET_m). Y_m foi assumida como 8820 kg ha⁻¹, enquanto Y_r foi obtida em cada safra a partir do banco de dados do IBGE. ET_m e ET_r foram estimadas por balanço hídrico diário sequencial, considerando quatro diferentes épocas de semeadura (todas na safrinha) e usando a média das mesmas como resultado final. Foram analisadas as safras de 2001 a 2013 e para isso usou-se o banco de dados da Estação Agrometeorológica da Embrapa Agropecuária Oeste. A cultura do milho safrinha demonstrou ser de alta sensibilidade ao déficit hídrico, haja vista o alto valor de K_y encontrado (1,23). Sua modelagem resultou em alto coeficiente de determinação ($R^2=0,75$) e significância ao 5% de probabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: déficit hídrico, evapotranspiração, *Zea mays* L.

RESPONSE FACTOR OF PRODUCTION (K_y) OF OFF-SEASON MAIZE FOR THE REGION OF DOURADOS, MS

ABSTRACT: In view of the economic importance of the off-season maize crop, good harvests practices should be adopted. In this sense the knowledge of the effects of water management on the productivity of cultures see standing out. Therefore, the present study aimed to determine the response factor of production (K_y) for the culture of the off-season maize crops in the region of Dourados, MS. In order to obtain the K_y , the regression model was used this requires data from real productivity (Y_r) and maximum potential (Y_m), as well real evapotranspiration (ET_r) and maximum (ET_m). Y_m was assumed to 8820 kg ha⁻¹, while Y_r was obtained in each crop from the IBGE database. ET_m and ET_r were estimated by sequential daily water balance, considering four diferente sowing seasons (all in the off-season) and using their mean as final result. The harvests from 2001 to 2013 were analyzed and the Weather Station of Embrapa Agropecuária Oeste was used. The off-season maize crops showed high sensitivity to water deficit, given its high value of K_y found (1.23). Their modeling resulted in high determination coefficient ($R^2=0.75$) and the 5% significance probability.

KEY-WORDS: water deficit, evapotranspiration, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que à medida que as necessidades hídricas das culturas não são atendidas plenamente, o déficit hídrico que é imposto pode impactar até o ponto em que o crescimento e o rendimento da cultura tornam-se afetados. Por isso, e considerando que a água é um dos principais fatores de produção, fica evidente a relação existente entre o nível de deficiência hídrica, que é experimentado pelas culturas, e a quebra de produtividade das mesmas.

Dentre os métodos existentes para prever a produtividade em função do déficit hídrico experimentado pelas plantas, o fator de resposta da produção (K_y) se destaca. Este fator foi introduzido por Doorenbos e Kassam (1979), os quais propuseram um modelo matemático com base na penalização da produtividade potencial da cultura, em função da redução que ocorre na taxa de evapotranspiração durante o ciclo da mesma, devido à deficiência hídrica.

Diante disso, o presente trabalho visou determinar o fator de resposta da produção (K_y) para a cultura do milho safrinha na região de Dourados, MS.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o cálculo do K_y usou-se o modelo da Equação 1, conforme descrito por Doorenbos e Kassam (1979):

$$\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right) = K_y \times \left(1 - \frac{ET_r}{ET_m}\right) \quad (1)$$

em que Y_r é a produtividade real obtida (kg ha^{-1}), Y_m a produtividade máxima potencial (kg ha^{-1}), K_y o fator de resposta da cultura (adimensional), ET_r a evapotranspiração real total do ciclo (mm) e ET_m a evapotranspiração máxima total do ciclo (mm).

Os valores de Y_r utilizados foram oriundos do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016). Por meio deste conseguiu-se o histórico de produtividade do milho safrinha de Dourados, MS, no período de 2001 a 2013.

Por sua vez, o valor de Y_m foi assumido como igual a 8820 kg ha^{-1} . Este valor foi obtido a partir do trabalho desenvolvido por Rezende (2016), também na Embrapa Agropecuária Oeste, ao avaliar a produtividade do milho safrinha cultivado sob condições otimizadas de produção. Essas condições incluíram a não deficiência hídrica por ser irrigado, indicando que este é o potencial produtivo desta espécie, para a região de Dourados, MS.

ET_r e ET_m foram estimadas por balanço hídrico diário sequencial, considerando quatro diferentes épocas de semeadura (todas na safrinha) e usando a média como resultado final. As épocas consideradas foram: 01 e 15 de fevereiro e 01 e 15 de março. Estas representam o período preferencial por parte do setor produtivo regional.

O balanço hídrico foi implementado conforme disposto em Allen et al. (1998). Basicamente, os valores de ET_m e ET_r foram calculados usando as Equações 2 e 3:

$$ET_m = ET_0 \times K_c \quad (2)$$

$$ET_r = K_s \times ET_m \quad (3)$$

ET_0 foi estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Para isso utilizou-se o banco de dados (2001 a 2013) da Estação Agrometeorológica da Embrapa Agropecuária Oeste de Dourados, MS (latitude $22^{\circ}16'S$, longitude $54^{\circ}49'O$ e altitude de 408 m). Para sua estimativa foram requerido dados de radiação solar global (R_s), temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (U_2). A

precipitação (P) também foi utilizada, porém para realizar o balanço hídrico, a qual constituiu a entrada de água no sistema produtivo.

O K_c , tal qual o Y_m , também foi obtido do trabalho de Rezende (2016). Neste, lisímetros de pesagem de grande porte foram utilizados para medir os valores de K_c característicos para a cultura do milho cultivado na safrinha na região de Dourados, MS. Por sua vez, o K_s foi calculado pelo método linear, conforme disposto na metodologia de Allen et al. (1998). A umidade crítica para definição do início da deficiência hídrica foi de (f) 0,55 da capacidade de água disponível, ou seja, quando a umidade do solo fosse rebaixada para menos de 55% da CAD, o solo conseqüentemente estaria em déficit hídrico. O limite para o déficit hídrico variou de 5,60 mm para a fase inicial, 11,21 mm para a fase de crescimento e 14,94 mm para as fases intermediária e final.

A duração de cada fase durante o ciclo foi aquela recomendada por Rezende (2016). Sendo assim, a Fase 1 (Inicial) teve duração de 18 dias, seguido da Fase 2 (Crescimento) com 16 dias, Fase 3 (Intermediária) com 67 dias e Fase 4 (Final) com 39 dias. Portanto, considerou-se que o ciclo total teve 140 dias.

A profundidade efetiva do sistema radicular foi considerada variável durante o ciclo, de modo que para a Fase 1 assumiu-se que as raízes se encontravam à 15 cm, para a Fase 2 a 30 cm e para as Fases 3 e 4 a 40 cm de profundidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As safras de 2001, 2004 e 2011 foram excluídas da análise. Isso ocorreu devido às geadas de intensidade moderada e/ou forte. Portanto, a redução da Y_r nestas safras não pode ser atribuída apenas aos efeitos de deficiência hídrica. Nessas situações, a produtividade das culturas passa a ser influenciada também pelas geadas, às vezes mais até do que pelo fator água, fazendo com que os dados não se ajustem ao modelo de regressão da Equação 1.

Conforme a Tabela 1, as safras mais críticas dentre as analisadas foram as de 2002, 2005 e 2009, devido ao efeito do déficit ocorrido nessas safras, com conseqüente redução de 65,8, 63,5 e 62% na evapotranspiração observada, respectivamente, tal redução na evapotranspiração resultou em queda na produtividade de 74,8, 83,2 e 85,6%, para as mesmas safras. Segundo Bergamaschi e Matzenauer (2014), este déficit hídrico acentuado afeta diversos processos, como a brotação, polinização, absorção de nutrientes e translocação de fotossintatos, efeitos estes que combinados convergem para a redução da produtividade.

Tabela 1. Valores médios da evapotranspiração máxima (ET_m; em mm), evapotranspiração real (ET_r; em mm), do déficit de evapotranspiração relativo [(1-ET_r/ET_m); decimal], da produtividade real (Y_r; em sc ha-1), produtividade máxima (Y_m; em sc ha-1) e da queda do rendimento relativo [(1-Y_r/Y_m); decimal] para as safras avaliadas de milho safrinha na região de Dourados, MS, de 2002 a 2013.

Safras	ET _m	ET _r	(1-ET _r /ET _m)	Y _r	Y _m	(1- Y _r /Y _m)
2002	535,1	182,8	0,658	37,1	147	0,748
2003	471,3	258,7	0,451	70	147	0,524
2005	502,1	183,3	0,635	24,8	147	0,832
2006	431,6	221,9	0,486	50,0	147	0,66
2007	473,6	194,5	0,589	48,3	147	0,671
2008	436,5	219,1	0,498	52,0	147	0,646
2009	459,1	174,6	0,62	21,2	147	0,856
2010	455,4	198,8	0,564	67,5	147	0,541
2012	400,3	277,8	0,306	83,7	147	0,431
2013	387,7	244,3	0,37	83,1	147	0,435
Médias	455,3	215,6	0,518	53,8	147	0,634

Com base na Tabela 1 ajustou-se o modelo linear proposto por Doorenbos e Kassam (1979), de modo que o K_y demonstrou ter valor igual a 1,23. O ajuste obteve alto coeficiente de determinação (R²=0,75) e significância a 5% de probabilidade. De acordo com Doorenbos e Kassam (1979), valores de K_y maiores que 1,15 remetem a uma planta considerada altamente sensível ao déficit hídrico e o valor recomendado por estes autores, para milho (1,25), é muito próximo do encontrado neste estudo.

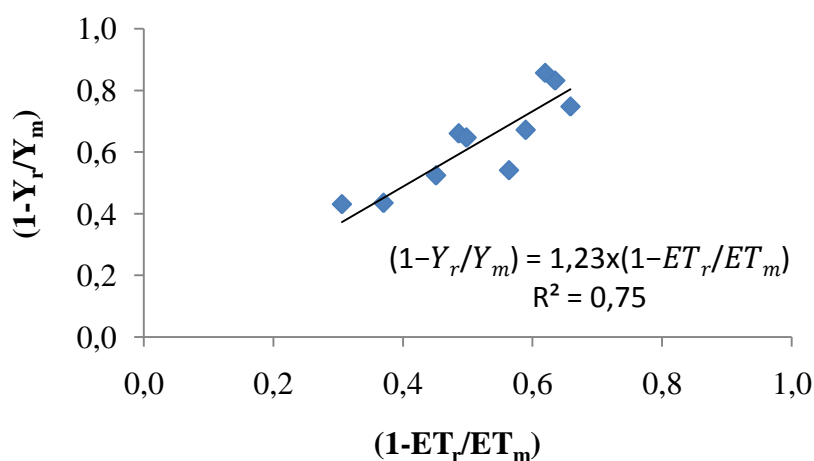


Figura 1. Ajuste do fator de resposta da produção (K_y) para o milho safrinha na região de Dourados, MS.

CONCLUSÕES

O milho safrinha cultivado na região de Dourados, MS demonstrou ser de alta sensibilidade ao déficit hídrico, haja vista o alto valor de K_y encontrado (1,23).

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO. 1998. 300 p. (FAO Irrigation and drainage paper, 56).

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater – RS Ascar, 2014. 84 p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 172 p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 33).

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Banco de Dados Agregados. **Produção agrícola municipal**: tabela 839: área plantada, área colhida, quantidade produzida e rendimento médio de milho, 1ª e 2ª safras (notas). [Rio de Janeiro, 2016?]. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=839&z=p&o=18>>. Acesso em: 15 set. 2016.

REZENDE, M. K. A. **Evapotranspiração, seus componentes e coeficientes de cultivo simples (K_C) e dual (K_E e K_{CB}) do milho safrinha para a região de Dourados-MS**. 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

DINÂMICA DA TEMPERATURA DO AR EM SISTEMAS SIMPLES E INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

Carlos Henrique Martins de Souza¹, Danilton Luiz Flumignan², Júlio Cesar Salton³,
Maiara Aparecida Kawana Rezende⁴, Jaqueline Alves Silva⁵

¹Mestrando em Engenharia Agrícola, pela UFGD, Dourados, MS, E-mail: carlosm.agro@hotmail.com;

²Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, E-mail: danilton.flumignan@embrapa.br;

³Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, E-mail: julio.salton@embrapa.br;

⁴Doutoranda em Agronomia, pela UEM, Maringá, PR, E-mail: maiara_rezende_15@hotmail.com;

⁵Mestranda em Engenharia Agrícola, pela UFGD, Dourados, MS, E-mail: jaquealsl.88@hotmail.com.

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar se a temperatura do ar é influenciada pelos sistemas produtivos (simples e integrados), buscando identificar sistemas que resultem em condições microclimáticas melhoradas, visando melhor dinâmica da temperatura do ar durante o ciclo e prevenção às geadas. O experimento foi desenvolvido na safrinha do ano agrícola de 2016, na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada em Ponta Porã, MS. Os tratamentos utilizados foram: milho cultivado em sistema de plantio direto (PD), plantio convencional (PC), integração lavoura-pecuária (iLP) e integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de eucalipto de 25 m (iLPF 25). A temperatura foi medida utilizando quatro termohigrômetros com *datalogger* embutido, sendo um por tratamento. Estes estiveram posicionados no centro de cada parcela, inseridos dentro de um abrigo meteorológico de oito pratos e foram sistematicamente reposicionados para permanecerem à, aproximadamente, 50 cm acima da vegetação. As leituras foram realizadas automaticamente a cada 30 minutos. Para a cultura do milho assumiu-se que a temperatura basal superior (TB) é de 32 °C e a basal inferior (Tb) é de 10 °C. Todos os tratamentos apresentaram dias em que a temperatura ficou acima da basal superior e abaixo da basal inferior, sendo que a iLP apresentou 34 dias acima da basal superior e o PD apresentou 29 abaixo da basal inferior. Não ocorreu geada durante todo o ciclo da cultura, entretanto as temperaturas se posicionaram próximas aos 4 °C, sendo que os sistemas florestados apresentam um ambiente com temperaturas mínimas mais altas.

PALAVRAS-CHAVE: Geada, iLPF, milho.

DYNAMICS OF AIR TEMPERATURE IN SIMPLE AND INTEGRATED PRODUCTION SYSTEMS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate if the air temperature is influenced by the production systems (simple and integrated), seeking to identify systems that result in improved microclimatic, aiming at a better dynamics of air temperature during the cycle and prevent frost. The experiment was developed in the year 2016 agricultural crops, in the experimental area of Embrapa Agropecuária Oeste, located in Ponta Porã, MS. The treatments used were: corn grown in no-tillage system (NT), conventional tillage (CONV), crop-livestock integration (iCL) and crop-livestock integration-forest with eucalyptus tree spacing of 25 m (iCLF 25). The temperature was measured four termohigrômetros with built-in datalogger used, being a for treatment. These were positioned in the center of each plot, inserted inside a weather shelter 8-course and were systematically repositioned to remain at approximately 50 cm above the vegetation. The readings were performed automatically every 30 minutes. For the

culture of the maize it was assumed that the basal temperature (TB) is 32° C and lower basal (Tb) is 10° C. All treatments showed days in which the temperature was above the upper basal and below the lower basal, and the iCL presented 34 days above the upper basal and the NT presented 29 below the lower basal. No frost occurred throughout the cycle of culture, however, if temperatures were close to 4° C, and the forested systems present an environment with minimum temperatures higher, suggesting potential for frost prevention or its effects mitigation.

KEY-WORDS: Frost, ICLF, maize.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção podem ser considerados simples, como no caso da área produtiva que é usada somente para lavoura, pasto ou floresta, ou integrado, onde a mesma área é utilizada para a produção de mais de um destes componentes. É o caso do sistema de integração lavoura-pecuária (iLP), lavoura-floresta (iLF), pecuária-floresta (iPF) ou, o mais complexo deles, lavoura-pecuária-floresta (iLPF).

A temperatura do ar é sabidamente um dos principais condicionantes da produtividade agrícola (CAMPBELL e NORMAN, 1998). Esta pode ser modificada na escala microclimática como decorrência da superfície agrometeorológica vigente na área produtiva, como, por exemplo, na presença de renques de árvores de um sistema de integração com componente florestal (KARVATTE JÚNIOR et al., 2016).

Com isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar se a temperatura do ar é influenciada pelos sistemas produtivos (simples e integrados), buscando identificar sistemas que resultem em condições microclimáticas melhoradas, visando uma melhor dinâmica da temperatura do ar durante o ciclo e prevenção às geadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na safrinha de 2016 em sistemas de produção com a cultura do milho (*Zea mays*) na área da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada em Ponta Porã, MS.

Os tratamentos utilizados foram: milho cultivado em sistema de plantio direto (PD), plantio convencional (PC), integração lavoura-pecuária (iLP) e integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de eucalipto de 25 m (iLPF 25). As árvores de eucalipto estavam com seis anos e, aproximadamente, 22 m de altura.

Para a determinação da temperatura foram utilizados quatro termohigrômetros com *datalogger* embutido, sendo um por tratamento. Estes eram da marca Onset, modelo U23-001. Cada sensor foi posicionado no centro de cada parcela, sendo mantidos dentro de um abrigo meteorológico de oito pratos e sistematicamente reposicionados para permanecerem à, aproximadamente, 50 cm acima da vegetação. O suporte foi uma haste metálica enterrada com 1 m de profundidade e mais 2 m de altura acima do solo. As leituras foram realizadas em todas as parcelas experimentais, automaticamente a cada 30 minutos e armazenadas no *datalogger* interno.

Para efeito deste estudo assumiu-se que a temperatura basal superior (TB) do milho era de 32 °C e temperatura basal inferior (Tb) de 10 °C (ASSIS et al., 2006). Estes limites foram adotados para permitir analisar o efeito das mudanças no microclima sobre a favorabilidade climática de cada tratamento ao cultivo do milho. Nesse sentido, entendeu-se que o desenvolvimento da planta é interrompido quando um determinado

valor excede a TB ou cai abaixo da Tb. Para a análise das geadas assumiu-se que esta ocorre sempre que a temperatura é igual ou abaixo de 4 °C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 refere-se aos dados que representam o número de dias em que a temperatura do ar se posicionou acima da temperatura basal superior e abaixo da basal inferior. O número de dias em que a temperatura do ar ficou acima da basal superior (NTB), influenciaram o crescimento das plantas somente no início da safra, ou seja, na fase vegetativa, visto que nesse período a temperatura na região é caracterizada como alta.

Tabela 1: Número de dias em que a temperatura do ar se posicionou acima da temperatura basal superior e abaixo da basal inferior, nos diferentes sistemas de produção na safrinha de milho (2016) de fevereiro a junho.

EDF: estágio de desenvolvimento fenológico; F.V.: fase vegetativa; R1: florescimento e polinização; R3-4: grãos leitosos e pastosos; R5: início da formação de dentes; R6: grãos duros; R7: grãos maduros fisiologicamente; NTB: número de dias em que a temperatura ficou acima da TB; NTb: número de dias em que a temperatura ficou abaixo da Tb.

A fase vegetativa teve uma duração de 66 dias, sendo que desses a iLP apresentou 34 dias em que a temperatura do ar estava acima da temperatura basal superior, ou seja, 51% dos dias a condição climática estava imprópria para o desenvolvimento das plantas. O PD, iLPF 25 e PC apresentaram menos dias em que a temperatura do ar se posicionou acima da basal superior, 29, 22 e 21 dias respectivamente.

O número de dias em que a temperatura do ar se posicionou abaixo da basal inferior foram observados desde o florescimento (R1) até quando os grãos estavam maduros fisiologicamente (R7), em todos os tratamentos. Do R1 até o R7 foram 90 dias, sendo que desses o PD apresentou 29 dias em que a temperatura do ar ficou abaixo da

EDF	PD		PC		iLP		iLPF 25	
	NTB	NTb	NTB	NTb	NTB	NTb	NTB	NTb
F. V.	29	0	21	0	34	0	22	0
R1	0	6	0	6	0	6	0	6
R3-4	0	8	0	7	0	8	0	7
R5	0	5	0	5	0	5	0	5
R6	0	2	0	2	0	2	0	2
R7	0	8	0	6	0	6	0	6
Σ	29	29	21	26	34	27	22	26

basal inferior, seguido da iLP com 27 dias, iLPF 25 com 22 e PC com 21.

Na fase do florescimento e maturação fisiológica, quando a temperatura se encontra abaixo da basal inferior ocorre o retardamento dessas fases (SILVA et al.,

2006 apud BERGER, 1962). Já na fase de enchimento de grãos quando há temperaturas abaixo da basal inferior, o enchimento de grãos tende a ser menor, ou seja, a taxa de crescimento e o peso final são menores (DIDONET et al., 2001).

O ciclo da cultura teve uma duração de 156 dias e desses, 70% estava dentro da faixa ótima de temperatura para o pleno desenvolvimento das plantas no PC, seguido da iLPF 25 com 69%, PD com 63% e iLP com 61%.

Durante todo o ciclo da cultura, as temperaturas mínimas não chegaram a 4 °C, não ocorrendo geadas. Entretanto, o período compreendido entre os dias 26/04 e 01/05 apresentaram temperaturas que chegaram próximas a este limiar (Figura 1).

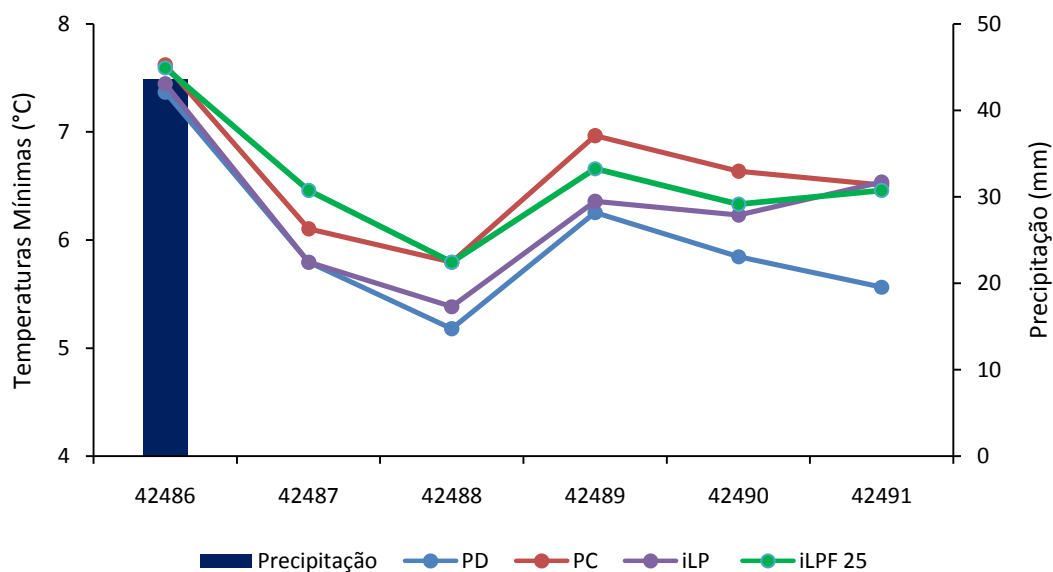


Figura 1. Dinâmica das temperaturas mínimas registradas entre os dias 26/04 a 01/05 nos diferentes tratamentos com cultivo de milho na safrinha de 2016. PD – plantio direto; PC – plantio convencional; iLP – integração lavoura-pecuária; iLPF 25 – integração lavoura-pecuária-floresta com espaçamento entre renques de eucalipto de 25 m.

O período da Figura 1 coincidiu com a fase reprodutiva do milho, estágio R1, denominada como a fase de florescimento e polinização. Nesse período todos os tratamentos apresentaram temperaturas abaixo da basal inferior que é 10 °C em todos os dias, visto que, quando a temperatura se encontra abaixo da basal inferior a planta não se desenvolve (ASSIS et al., 2006).

Os tratamentos que apresentaram as temperaturas mais baixas foram PD, iLP, PC e iLPF 25, com 5,2 °C, 5,4 °C, 5,8 °C, 5,8 °C e 5,9 °C respectivamente. De acordo com Fancelli & Dourado Netto (2000), quando há temperaturas de 15,5 °C na fase do florescimento, o mesmo é retardado.

Não ocorreu geada em nenhum dos tratamentos, entretanto o crescimento e desenvolvimento das plantas foi comprometido devido as temperaturas mínimas estarem abaixo da basal inferior, principalmente nos tratamentos da iLP e PD que apresentaram temperaturas mínimas mais baixas.

CONCLUSÕES

Os sistemas que possuem o componente florestal melhoram as condições microclimáticas, ou seja, apresentam temperaturas mínimas mais altas que os sistemas simples de produção, sugerindo assim potencial para prevenção de geadas ou mitigação de seus efeitos.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Agropecuária Oeste.

À Fundect pela concessão da bolsa.

À rede de Fomento iLPF, financiadora da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSIS, J. P.; NETO, D. D.; REICHARDT, K.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N.; BONNECARRÈRE, R. A. G. Dados climáticos simulados e produtividade potencial do milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.731-737, 2006.

CAMPBELL, G. S., NORMAN, J. M. **An Introduction to environmental biosphysics**, 2.ed. New York: Springer, 1998. 286p.

DIDONET, D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F.; TISSOT, D. Crescimento e desenvolvimento de milho: acúmulo de massa seca do grão. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 447-456, 2001.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. **Guaíba: Agropecuária**, 2000. 360p.

KARVATTE JÚNIOR, N.; ALVES, F. V.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G.; TSUTSUMI, C. Y.; OLIVEIRA, C. C. Microclima e índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Boletim de Pesquisa e desenvolvimento/Embrapa Gado de Corte**, 2016. 38 p.

SILVA, W. J.; SANS, L. M. A.; MAGALHÃES, P. C.; DURÕES, F. O. M. Exigências climáticas do milho em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.233, p.14-25, 2006.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO MILHO SAFRINHA CULTIVADO EM SISTEMAS SIMPLES E INTEGRADO

Carlos Henrique Martins de Souza¹, Danilton Luiz Flumignan², Júlio Cesar Salton²

¹Mestrando em Engenharia Agrícola, pela UFGD, Dourados, MS, E-mail: carlosm.agro@hotmail.com;

²Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, E-mail: danilton.flumignan@embrapa.br;

³Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, E-mail: julio.salton@embrapa.br;

RESUMO: Em áreas agrícolas a evapotranspiração constitui um importante processo no sistema solo-planta-atmosfera. Por isso, neste trabalho o objetivo foi avaliar a dinâmica da evapotranspiração do milho (*Zea mays*), quando cultivado na safrinha em sistemas simples e integrado de produção. O experimento foi desenvolvido na safrinha do milho, ano agrícola de 2015, na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada em Ponta Porã, MS. Os tratamentos utilizados foram: milho cultivado em sistema de plantio direto (PD), plantio convencional (PC), integração lavoura pecuária (iLP) e integração lavoura-pecuária-floresta; esta última com espaçamento entre renques de eucalipto de 25 m (iLPF 25). O conteúdo volumétrico de água no solo foi monitorado com sonda de capacitância Diviner 2000. O monitoramento foi implementado com duas leituras semanais, até 60 cm de profundidade. Com base nos dados do monitoramento, calculou-se a evapotranspiração do período pelo balanço de água no solo. Desconsiderou-se os períodos em que houve chuva ou drenagem profunda. O PD apresentou maiores taxas de evapotranspiração durante todo o ciclo da cultura, seguido pelo PC e em último pelo iLPF 25. O máximo valor de evapotranspiração foi de 6,6 mm dia⁻¹ no PD, 3,6 mm dia⁻¹ no PC, 2,8 mm dia⁻¹ no iLP e 2,1 mm dia⁻¹ no iLPF 25. A acentuada diferença do tratamento iLPF 25 foi associada ao excesso de sombreamento nas plantas de milho nesta época do ano. O milho cultivado sob PD, devido aos diferentes benefícios desse sistema de produção, resulta em taxas de ET maiores, se comparado ao PC e iLP.

PALAVRAS-CHAVE: consumo hídrico, iLPF, radiação solar.

EVAPOTRANSPIRATION OF OFF-SEASON CORN CULTIVATED IN SIMPLE AND INTEGRATED PRODUCTION SYSTEMS

ABSTRACT: In agriculture, evapotranspiration is an important process of the soil-plant-atmosphere system. Therefore, in this work the objective was to evaluate the evapotranspiration dynamics of off-season corn (*Zea mays*) when cultivated in simple and integrated production systems. The experiment was developed during fall/winter of 2015 at the experimental area of Embrapa Agropecuária Oeste, located at Ponta Porã, MS, Brazil. Treatments were: corn under no-till system (NT), conventional system (CONV), integration of livestock farming (iCL) and integrated crop-livestock-forest system with spacing between eucalyptus trees (*Eucalyptus* spp.) of 25 m (ICLF25). Soil volumetric water content was assessed using a capacitance probe Diviner 2000[®]. Monitoring was performed twice a week to a soil layer of 60 cm in depth. Water balance was applied to calculate evapotranspiration. This was done by using only periods when no rain or no deep percolation occurred. NT presented higher evapotranspiration rates throughout crop cycle, followed by CONV and finally by ICLF25. Maximum evapotranspiration rates were 6.6 mm day⁻¹ for NT, 3.6 mm day⁻¹ for CONV, 2.8 mm day⁻¹ for iCL and 2.1 mm day⁻¹ for ICLF25. The behavior of

ICLF25 treatment was attributed to the shadowing of corn plants during this period of the year. Corn cultivated under NT, due to the different benefits of this production system, results in higher ET rates when compared to CONV and ICL.

KEY-WORDS: water use, ICLF, solar radiation.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração (ET) pode ser expressa como a quantidade de água consumida por uma determinada cultura. É a combinação da evaporação (E) proveniente do solo, e a transpiração (T) relacionada à planta (ALLEN et al., 1998).

Conforme Allen et al. (1998), as taxas de ET que ocorrem em um ambiente são condicionadas diretamente por quatro fatores climáticos: radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Além destes, fatores do solo e da planta também são determinantes e daí emerge o termo “sistema solo-planta-atmosfera”.

Os sistemas de produção podem ser considerados simples, como no caso da área produtiva que é usada somente para lavoura, pasto ou floresta, ou integrado, onde a mesma área é utilizada para a produção de mais de um destes componentes. É o caso do sistema de integração lavoura-pecuária (iLP), lavoura-floresta (iLF), pecuária-floresta (iPF) ou, o mais complexo deles, lavoura-pecuária-floresta (iLPF).

Devido às particularidades de cada sistema de produção, pode-se deduzir que alterações significativas nas taxas de ET podem ocorrer em função do sistema de produção que é utilizado. No caso dos sistemas que possuem o componente florestal, tem-se a necessidade de atenção especial. Por meio do sombreamento, as árvores podem reduzir grandemente a disponibilidade de radiação solar para o cultivo intercalar, além de interferir também nos outros parâmetros climáticos que são essenciais para a ET.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica da evapotranspiração do milho (*Zea mays*), quando cultivado na safrinha em sistemas simples e integrado de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na safrinha de 2015 em sistemas de produção com a cultura do milho (*Zea mays*) na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada em Ponta Porã, MS.

Os tratamentos utilizados foram: milho cultivado em sistema de plantio direto (PD), plantio convencional (PC), integração lavoura pecuária (iLP) e integração lavoura-pecuária-floresta; este último com espaçamento entre renques de eucalipto de 25 m (iLPF 25). As árvores de eucalipto estavam com cinco anos e, aproximadamente, 20 m de altura.

O conteúdo volumétrico de água no solo foi monitorado com sonda de capacitância Diviner 2000 da Sentek[®]. Este sensor capacitivo trabalha com base na variação da capacitância elétrica do solo, a qual varia de acordo com a alteração na quantidade de água presente no mesmo (BORIM; PINTO, 2006).

As medições foram realizadas até 60 cm de profundidade, sendo dividida em seis camadas de 10 cm cada. Os dados foram coletados desde a semeadura (13/02/15) até a colheita (09/07/15), sendo as leituras realizadas duas vezes por semana.

Após as leituras, os dados foram transferidos para um computador com o auxílio de um programa computacional, fornecido pelo próprio fabricante. Os dados brutos, obtidos em termo de frequência eletromagnética relativa, ou somente frequência relativa (FR), foram convertidos para umidade volumétrica ($m^3 m^{-3}$), utilizando a própria

equação do fabricante que tem validade comprovada para uma ampla variação de tipos de solo. No solo da área experimental em questão, a equação demonstrou viabilidade para ser usada, não requerendo calibração específica. A umidade volumétrica foi transformada em lâminas de água (mm).

Para a estimativa das taxas de ET foi utilizado o método do balanço hídrico do solo, sendo que para o cálculo foram desconsiderados os períodos em que houve chuva e ou drenagem profunda, restando apenas os dias em que houve variação no armazenamento de água no solo, que foi associada exclusivamente a ET. A ascensão capilar foi negligenciada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ocorrência de chuvas frequentes foi um fator limitante para obtenção de maior quantidade de medidas de ET durante o ciclo de cultivo do milho safrinha, que foi de 141 dias (Figura 1).

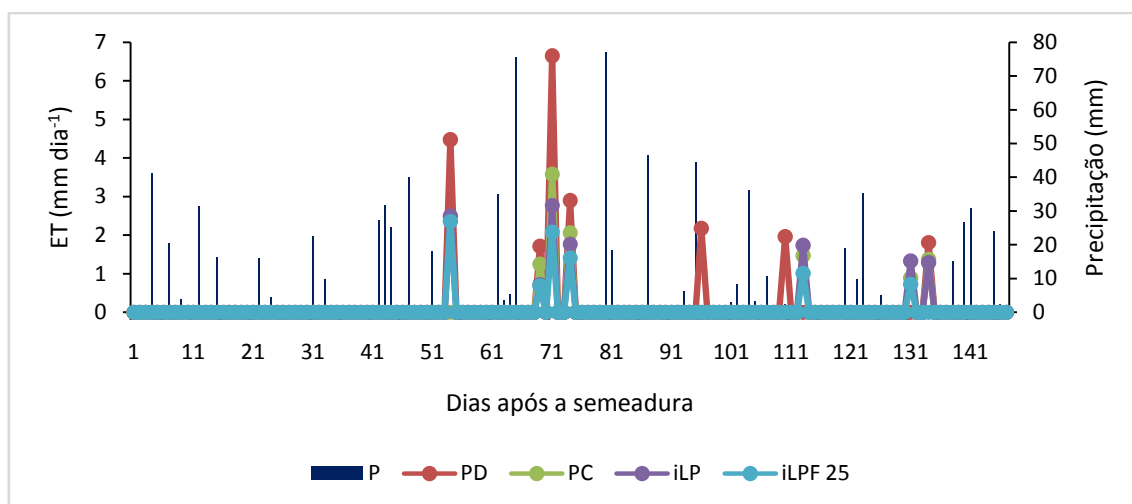


Figura 1. Precipitação (P) e evapotranspiração (ET) do milho safrinha na safra 2015 sob sistemas simples (plantio direto – PD e plantio convencional – PC) e integrados de produção (integração lavoura-pecuária – iLP e integração lavoura-pecuária-floresta – iLPF 25), na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste em Ponta Porã, MS.

O PD foi o tratamento que apresentou maiores taxas de ET, seguido pelo PC, iLP e em último pela iLPF 25. O máximo valor de ET obtido foi de $6,6 \text{ mm dia}^{-1}$ no PD, $3,6 \text{ mm dia}^{-1}$ no PC, $2,8 \text{ mm dia}^{-1}$ no iLP e $2,1 \text{ mm dia}^{-1}$ no iLPF 25.

A acentuada diferença do tratamento iLPF 25 para com os demais foi associada ao excesso de sombreamento que ocorre nas plantas de milho nesta época do ano, decorrente da presença do eucalipto. Isso reduz acentuadamente a radiação solar incidente. Por esse motivo as taxas de ET neste tratamento foram tão menores, pois conforme demonstrado por Figueiredo et al. (2016), na região estudada, em média, 68,2% das taxas de ET podem ser atribuídas ao fator radiação solar.

Isso demonstra que esse fator predomina no processo de ET, mas deve-se ter em consideração que os 31,8% restantes são devidos aos fatores temperatura e umidade relativa do ar e também velocidade do vento, os quais também podem ser alterados pela presença das árvores, ainda que em menor grau.

Na prática, as taxas diminuídas de ET do sistema de produção com o componente florestal não são bons, ainda que menores. Não se deve olhar para estas com a ótica da economia no uso de água, mas sim com percepção da limitação das taxas de ET como

consequência da baixa oferta de radiação solar. No sistema iLPF, durante a safrinha de milho, o que se observa são plantas pouco vigorosas e de baixa produtividade.

Os maiores valores de ET observados no PD em comparação ao PC e iLP podem ser atribuídos a melhor condição de umidade do solo do primeiro, devido a cobertura morta presente na área experimental. Isso contribui para a retenção da umidade no solo ao limitar a evaporação, ao mesmo tempo em que permite a ocorrência de taxas de transpiração mais elevadas. Soma-se ainda o fato de existirem diferentes benefícios sistêmicos decorrentes da adoção do PD para o cultivo, os quais via de regra conduzem à formação de plantas mais vigorosas e produtivas.

CONCLUSÕES

O milho cultivado sob PD, devido aos diferentes benefícios desse sistema de produção, resulta em taxas de ET maiores, se comparado ao PC e iLP.

Sistemas de integração com o componente florestal não apresentam um bom resultado para o cultivo do milho safrinha por limitar grandemente o acesso à radiação solar, o que resulta em taxas de ET muito baixas.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Agropecuária Oeste.

À Fundect pela concessão da bolsa.

À rede de Fomento iLPF, financiadora da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).

BORIM, A. C. A.; PINTO, C. A. R. Medição de umidade no solo através de sensores capacitivos. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v.1, n. 1, p. 51-60, 2006. Disponível em: <<http://www.pgsskroton.com.br/seer/index.php/rcext/article/view/2395/2299>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

FIGUEIREDO, L. H. S. et al. Evapotranspiração de referência na região de Dourados, MS. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA À PESQUISA DA EMBRAPA, 2016, Dourados. **Resumos...** Brasília, DF: Embrapa, 2016. JIPE 2016. Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/cds/jipe2016/>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

GRAUS-DIA ACUMULADOS PARA A VIDEIRA 'ITALIA' CULTIVADA EM PETROLINA-PE

Wiltemberg de Brito Pereira¹, José
Sebastião Costa de Sousa², Caio Márcio Guimarães Santos³, Danilo Lourenço
Oliveira⁴, Welson Lima Simões⁵

¹ Discente de graduação em agronomia, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, wiltem1993if@gmail.com; ² D.Sc. Engenharia Agrícola, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, sebastiao.costa@ifsertao-pe.edu.br; ³ D.Sc. Agronomia, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, caiomaguisa@hotmail.com; ⁴ Graduado em agronomia, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, daniloliveira10@hotmail.com; ⁵ D.Sc. Engenharia Agrônômica, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, welson.simoies@embrapa.br.

RESUMO: O presente estudo foi realizado no *Campus* Petrolina Zona Rural do IF Sertão-PE, em Petrolina - PE, com o objetivo de quantificar os graus-dia acumulados, ou soma térmica, nos períodos/estádios fenológicos da videira cultivada Itália (*Vitis vinifera*, L., cv Itália). O experimento ocorreu durante um ciclo produtivo da videira, que foi de 14 de março (poda de produção) a 07 de julho de 2016 (colheita), totalizando 116 dias. Os valores de graus-dias acumulados foram de 355,84 para o período da Poda/Brotação (que teve 17 dias de duração), 218,69 para o Desenvolvimento Vegetativo (11 dias de duração), 211,70 para a Pré e Plena Floração (12 dias), 268,35 para a 1ª Fase de Crescimento do Fruto (15 dias), 420,90 para a Parada de Crescimento do Fruto (25 dias), 460,95 para a 2ª Fase de Crescimento do Fruto (30 dias) e 73,70 para a Maturação Final do Fruto (6 dias de duração), gerando um total de 2.010,13 graus-dia para o ciclo produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: soma térmica, *Vitis vinifera*, L., estágio fenológico.

DAY DEGREES ACCUMULATED FOR 'ITALIA' VINE CULTIVATED IN PETROLINA-PE

ABSTRACT: The present study was carried out at the Petrolina Campus of the Sertão-PE, in Petrolina-PE, with the objective of quantifying the cumulative degree-days, or thermal sum, in the periods / phenological stages of grapevine cultivation Italy (*Vitis vinifera*, L., Cv. Italy). The experiment took place during a productive cycle of the grapevine, from March 14 (production pruning) to July 7, 2016 (harvest), totaling 116 days. The accumulated degree-days values were 355.84 for the Pruning / Budding (17 days) period, 218.69 for Vegetative Development (11 days duration), 211.70 for Pre and Plena Flowering (12 days), 268.35 for the 1st Phase of Fruit Growth (15 days), 420.90 for the Fruit Growth Stop (25 days), 460.95 for the 2nd Phase of Fruit Growth (30 Days) and 73.70 for Final Fruit Maturation (6 days duration), generating a total of 2,010.13 day-degrees for the productive cycle.

KEY-WORDS: Thermal sum, *Vitis vinifera*, L., phenological stage.

INTRODUÇÃO

Em condições de clima tropical semiárido, a cultura da videira apresenta um desempenho diferente quando comparado às regiões de temperaturas mais amenas

(clima temperado). As condicionantes climáticas implicam no comportamento fenológico e fisiologia, impactando na produção e na qualidade dos frutos da videira (ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 1982).

De acordo com Pedro Júnior et al. (1993) a quantificação da soma térmica, ou graus-dias acumulados, para as fases fenológicas da videira é uma importante ferramenta para se determinar as mudanças biológicas durante o ciclo da cultura, proporcionando ao viticultor a capacidade de prever as prováveis datas de colheita.

Terra et al. (1998) determinaram que o ciclo da videira 'Itália' é de aproximadamente 150 dias para cultivos no estado de São Paulo, enquanto que Leão (2000) relata ciclo de 120 dias para esta cultivar, quando explorada no nordeste brasileiro. Essa divergência está no fato da região nordeste receber maior quantidade de radiação solar durante o ano, quando comparada as regiões sul e sudeste do Brasil.

Este trabalho teve como objetivo quantificar os graus-dia acumulados para as diferentes fases de desenvolvimento da videira 'Itália', cultivada na região do Submédio Vale do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no *Campus* Petrolina Zona Rural do IF SERTÃO-PE, em Petrolina – PE (coordenadas geográficas 9°20'14,14''S, 40°42'01,27''W, altitude média de 418 m). O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo BSw^h' (AZEVEDO et al., 2003).

O experimento foi realizado em uma área de 550 m² de uva "Itália", de oito anos de idade, durante um ciclo produtivo, de 14 de março a 07 de julho de 2016.

A cultura encontrava-se espaçada em 2,50 x 3,50 m, o sistema de irrigação utilizado foi gotejamento com duas fileiras de gotejadores por fileira de planta, e os tratamentos culturais efetuados foram, adubação, poda, aplicação de Dormex®, desbrota, amarração, desnetamento e desponte de ramos, raleio de botões florais e bagas, tratamentos fitossanitários, etc., conforme recomendações técnicas de Soares e Leão (2009).

O manejo de irrigação foi realizado a partir do balanço hídrico climatológico sequencial da cultura, segundo metodologia abordada por Vermeiren e Jobling (1997), Bernardo et al. (2008) e Mantovani et al. (2009).

A metodologia proposta por Villa Nova et al. (1972) foi adotada para a contabilização dos graus-dia acumulados, com valores de temperatura basal inferior e superior iguais a 10 e 35 °C, respectivamente (PEDRO JUNIOR; SENTELHAS, 2003) e a delimitação temporal das fases fenológicas foi realizada conforme Soares e Costa (2000) (Tabela 1).

Tabela 1. Estádios fenológicos, número de dias após a poda (DAP) e coeficiente da cultura (kc) para cada estágio fenológico da videira "Itália" em Petrolina/PE.

Estádio Fenológico	DAP (dias)	kc
Período de brotação	0 a 8	0,59
Desenvolvimento vegetativo	9 a 28	0,60
Pré e plena floração	29 a 40	0,69
1º fase de crescimento do fruto	41 a 55	1,11
Parada de crescimento do fruto	56 a 80	0,90
2º fase de crescimento do fruto	81 a 110	1,12
Maturação final do fruto	111 a 130	1,00 a 0,60

Fonte: Soares e Costa (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 encontra-se ilustrada a variação da temperatura do ar para o período analisado. Observa-se que os valores diários de temperatura máxima foram superiores a 35°C (temperatura basal superior da cultura) em vários momentos, enquanto que não ocorreram temperaturas mínimas abaixo da temperatura basal inferior (10 °C). A temperatura média do ar durante o experimento foi de 27,11 °C.

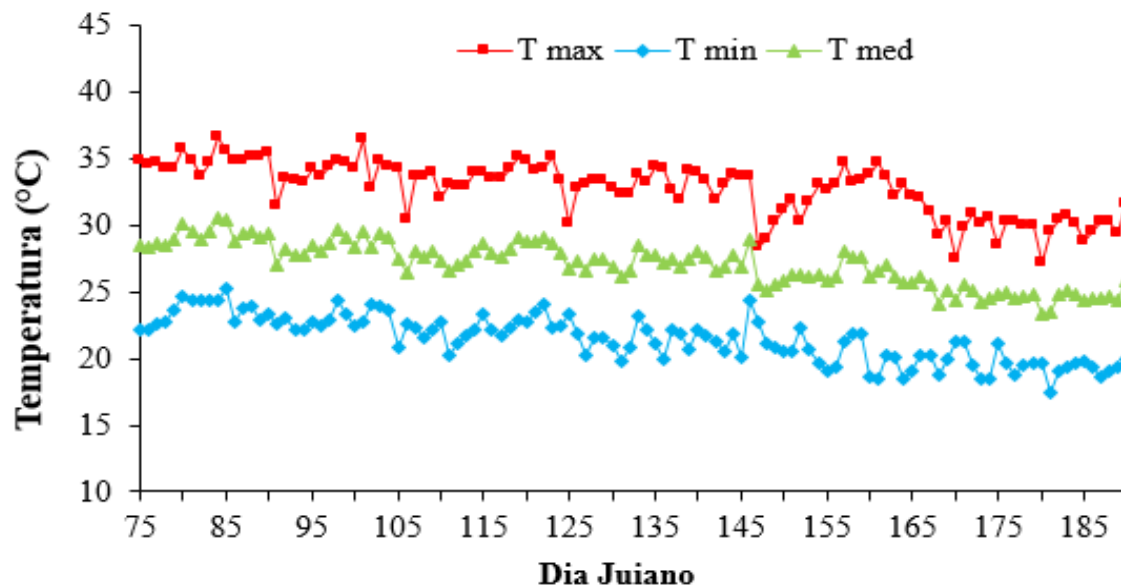


Figura 1. Variação da temperatura do ar, durante o período de 14/03/2016 e 07/07/2016 na estação meteorológica automática do *Campus Petrolina Zona Rural*, Petrolina-PE.

A disponibilidade térmica no período estudado foi de aproximadamente 3.144,25 °C, e a quantidade de graus-dia acumulados pela cultura (videira “Itália”) foi de 2.010,13 para um ciclo de 116 dias (Tabela 2).

Tabela 2. Graus-dia acumulados e número de dias correspondente para cada estágio fenológico da videira, cultivar Itália, em Petrolina-PE, 2016.

Estádio Fenológico	GDA (°C)	Duração (dias)
Poda/Brotação	355,84	17
Desenvolvimento Vegetativo	218,69	11
Pré e Plena Floração	211,70	12
1ª Fase de Crescimento do Fruto	268,35	15
Parada de Crescimento do Fruto	420,90	25
2ª Fase de Crescimento do Fruto	460,95	30
Maturação Final do Fruto	73,70	6
Total	2.010,13	116

A quantidade de graus-dia acumulados computados para este trabalho diferiu ligeiramente da quantidade mencionada na literatura que é de 1.700 a 1.990 (BOLIANI; PEREIRA, 1996) e (TERRA et al., 1998), contudo, o ciclo produtivo foi bastante aproximado dos 120 dias citados por Leão (2000).

Murakami et al. (2002) registraram 1.727 graus-dia acumulados para ciclo de 138 dias da videira “Itália”, cultivada no Rio de Janeiro quando a poda de produção foi realizada no mês de abril, Terra et al. (1998) se referem a 1.700 graus-dia acumulados para a cultura e Boliani e Pereira (1996) 1.990. Neste trabalho foi computado valor maior que estes. No entanto o ciclo foi bastante aproximado dos 120 dias citados por Leão (2000). A flutuação dos valores de graus-dia pode está atrelado a definição do momento de colheita. Na região de Petrolina/PE, por exemplo, é praticada colheita quando o teor de sólidos solúveis, de amostras retiradas aleatoriamente em diversos pontos da área, for de no mínimo 15 °Brix (LIMA, 2010), portanto, na amostragem pode haver divergências de dias para a colheita.

CONCLUSÕES

O ciclo da videira “Itália” foi de 116 dias, acumulando, neste período, 2.010,13 graus-dia. E a quantidade de graus-dia acumulados por fase fenológica variou de 73,70 a 460,95.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. C. S.; ALBUQUERQUE, J. A. S. **Comportamento de dez cultivares de videira na região do submédio São Francisco**. Petrolina-PE: EMBRAPA – CPATSA, (Documento, 12), 1982. 20 p.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in Northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 58, n.3, 2003. p. 241-245.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. p. 625.

BOLIANI, A. C.; PEREIRA, F. M. Avaliação fenológica e exigência térmica de videiras *Vitis vinifera* L. cv. Itália e Rubi para poda de produção na região oeste do Estado de São Paulo. **In: Cong. Bras. Fruticultura**, 14, Resumos, 1996. p. 401.

LEÃO, P.C. de S. Principais variedades. In: LEÃO, P.C. de S., SOARES, J.M. (Ed.) **A viticultura no semi-árido brasileiro**. Petrolina: EMBRAPA, 2000. p. 129-142.

LIMA, M. A. C. **Cultivo da Videira**. 2010. Embrapa Semiárido. Sistema de produção. Versão eletrônica. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/colheita.html#1> acesso em: 27 Abr. 2017.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3 ed., atualizada e ampliada, Viçosa: Ed. UFV, 2009. p. 355.

MURAKAMI, K. R. N. et al. **Caracterização Fenológica da Videira Cv. Itália (Vitis Vinifera L.) Sob Diferentes Épocas de Poda na Região Norte do Estado do Rio De Janeiro**. *Rev. Bras. Frutic.* Jaboticabal - SP, v. 24, n. 3, 2002. p. 615-617.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; SENTELHAS, P. C.; Clima e produção, In: POMMER, C.V.; Ed. **UVA: tecnologia de produção, pós-colheita e mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 63-107.

PEDRO JÚNIOR, M. J. et al. Caracterização fenológica da videira ‘Niagara Rosada’ em diferentes regiões paulistas. **Bragantia**, Campinas, v.52, n.2. 1993. p. 153-160.

SOARES, J. M.; COSTA, F. F. Irrigação na cultura da videira. **Informe Agropecuário**, v. 19, n.194, 2000. p. 58-69.

TERRA, M.M., PIRES, E.J.P., NOGUEIRA, N.A.M. **Tecnologia para produção de uva ‘Itália’ na região Noroeste do Estado de São Paulo**. Campinas: CATI, (Documento Técnico, 97), 1998. p. 51.

VERMEIREN, G. A., JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36 - Tradução de GHEYI, H. R. et al.). Campina Grande: UFPB, 1997. p. 184.

VILLA NOVA, N. A. et al. **Estimativa de graus - dia acumulados acima de qualquer temperatura-base, em função das temperaturas máxima e mínima**. São Paulo: Universidade de São Paulo - Instituto de Geografia, (Cardeno de Ciências da Terra, 30), 1972. p. 8.

GRAUS-DIA EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS PARA A CULTURA DO MELÃO EM PETROLINA-PE

Wiltemberg de Brito Pereira¹, Maria Erica Pereira dos Santos², Carlos Eduardo Franco Possídio³, José Sebastião Costa de Sousa⁴, Welson Lima Simões⁵

¹ Discente de graduação em agronomia, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, wiltem1993if@gmail.com; ²Discente de técnico em agropecuária, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, mariaerica.3015@gmail.com; ³ Discente de graduação em agronomia, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, agropossidio@gmail.com; ⁴D.Sc. Engenharia Agrícola, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, sebastiao.costa@ifsertao-pe.edu.br; ⁵ D.Sc. em Engenharia Agrônômica, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, welson.simoes@embrapa.br.

RESUMO: O presente estudo foi realizado no *Campus* Petrolina Zona Rural do IF Sertão-PE, em Petrolina-PE, com o objetivo de quantificar os graus-dia acumulados, ou soma térmica, nos diversos estádios fenológico do cultivo de melão Gladial. O ciclo fenológico ocorreu de 30 de agosto a 08 de novembro de 2016, e os dados de temperatura do ar (média, máxima e mínima) foram obtidos de uma estação meteorológica automática instalada próxima da área experimental. Verificou-se que, em média, são necessários 1.012,96 graus-dia acumulados para o melão completar seu ciclo, sendo 153,30, 294,84, 310,44 e 254,38 graus-dia acumulados nos estádios fenológicos inicial, vegetativo, frutificação e maturação, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: soma térmica, melão gladial, temperatura do ar.

DAY DEGREES IN DIFFERENT PHENOLOGICAL PHASES FOR THE CULTURE OF MELON IN PETROLINA-PE

ABSTRACT: The present study was carried out at the Petrolina Campus Campus of IF Sertão-PE, in Petrolina-PE, with the objective of quantifying the cumulative degrees, or thermal sum, in the various phenological stages of Gladial melon cultivation. The phenological cycle occurred from August 30 to November 8, 2016, and air temperature data (mean, maximum and minimum) were obtained from an automatic weather station installed near the experimental area. It was verified that, on average, 1,012.96 accumulated degrees are required for the melon to complete its cycle, being 153,30, 294,84, 310,44 and 254,38 degree-days accumulated in the initial, vegetative, fruiting stages And maturation, respectively.

KEY-WORDS: Thermal sum, gladiolus melon, air temperature.

INTRODUÇÃO

O meloeiro é uma olerícola pertencente à família das cucurbitáceas, originária da África e Ásia. No Brasil, sua introdução foi feita pelos imigrantes europeus e seu cultivo teve início em meados da década de sessenta no Rio Grande do Sul. No nordeste o estado do Pernambuco é o quarto maior produtor e exportador de melão (*Cucumis melo* L.) do Brasil, (CRISÓSTOMO, 2002).

Os fatores climáticos são responsáveis ativos pelo fator de crescimento e produtividade em plantas cultivadas na agricultura. E o meloeiro é uma cultura considerada muito exigente em temperatura do ar e radiação solar. Segundo Crisóstomo et al. (2002) a temperatura do ar e do solo, afetam diretamente a cultura do meloeiro,

que compreende desde a germinação das sementes até a características do fruto, sendo a temperatura de 20 a 30°C considerada ótima (CRISÓSTOMO et al., 2002).

Um dos métodos aplicados para verificar a relação da temperatura do ar com o desenvolvimento vegetal das plantas é o de graus-dia acumulados (GDA) que é tida como sendo a dependência de uma apropriada quantidade de energia termal, simbolizada como soma de graus térmicos, para a planta mudar de fases fenológicas até completar o seu ciclo.

Segundo Morais et al. (2010), a soma térmica pode ser entendida como uma relação direta da variável meteorológica temperatura do ar como o desenvolvimento vegetal. E a definição das mudanças fenológicas, bem como o comprimento do ciclo, pode ser estimada por esta.

Diante disto objetivou-se com este trabalho quantificar os graus-dia acumulados para as diferentes fases fenológicas do meloeiro amarelo cultivado em Petrolina-PE, no período de 30 de agosto a 08 de novembro de 2016.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no *Campus* Petrolina Zona Rural do IFSERTÃO-PE, em Petrolina – PE (latitude; 9° 20' 14.14'' longitude 40° 42' 01.27'' W; altitude de 418 metros), que de acordo com a classificação climática de Köppen apresenta clima BSw^h, isto é, semiárido muito quente e com quadra chuvosa no verão atrasando-se para o outono (AZEVEDO et al., 2003).

O cultivo foi irrigado por gotejamento, com sistema de cobertura do solo tipo mulching e a cultivar utilizada foi o híbrido Gladiol, cultivada com espaçamento de 2,00 m entre fileiras x 0,30 m entre plantas.

Os graus-dias acumulados foram calculados segundo metodologia de Villa Nova et al. (1972), e o período de tempo de cada estágio fenológico, bem como os valores de coeficiente de cultura para o manejo da irrigação, foram obtidos de Allen et al. (1998).

Para o cálculo dos graus-dia acumulados foram utilizados dados de temperatura do ar (máxima, média e mínima) de uma estação meteorológica automática, modelo Vantage Pro2, marca Devis, instalada a menos de 1 km da área do experimento. E valores de temperatura basal inferior e superior iguais a 16 e 35 °C, respectivamente (PEREIRA et al., 2009).

O ciclo fenológico ocorreu de 30 de agosto a 08 de novembro de 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 encontra-se ilustrada a variação de temperatura do ar para o período de cultivo. Observa-se que os valores diários de temperatura máxima foram superiores a 35 °C (temperatura basal superior da cultura) em diversos momentos, enquanto que não ocorreram temperaturas mínimas abaixo da temperatura basal inferior (16°C). A temperatura média do ar durante todo o período estudado foi de 27,60°C.

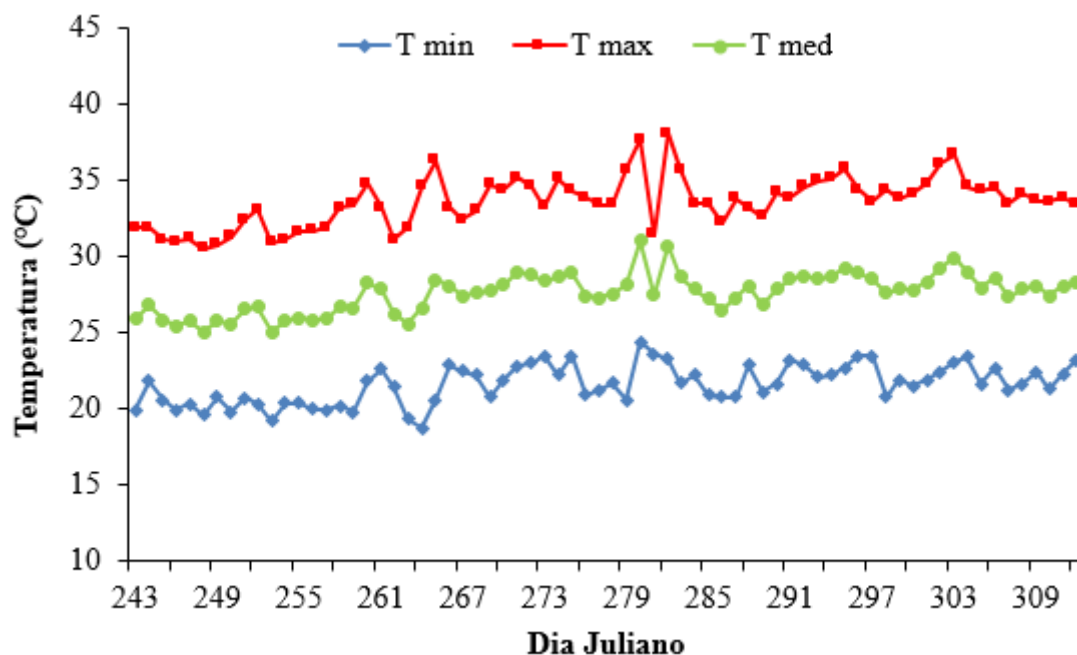


Figura 1. Variação da temperatura do ar, durante o período de 30/08/2016 a 07/11/2016 na estação meteorológica automática do *Campus Petrolina Zona Rural*, Petrolina-PE

A disponibilidade térmica no período foi de aproximadamente 1.931,85 °C, e a quantidade de graus-dia acumulados pela cultura foi de 1.012,96 para um de ciclo 70 dias (Tabela 1).

Tabela 1. Graus-dia acumulados (GDA) e duração de cada estágio fenológico para o melão glacial, cultivado em Petrolina-PE, 2016.

Estádio fenológico	GDA (°C)	Duração (dia)
Inicial	153,30	15
Vegetativo	294,84	20
Frutificação	310,44	20
Maturação	254,38	15
Total	1.012,96	70

Os valores de graus-dia acumulados para o melão gladial observados nesse trabalho foi superior aos encontrado por Pereira et al. (2009), 416 °C para a variedade Medelín, contudo, ficaram próximos dos obtidos por Barni et al. (2003) para as cultivares Hy Mark, Acclaim, AI-522 e Sunrise, que variaram de 870 a 1.010 °C.

CONCLUSÕES

O ciclo do melão “Amarelo” foi de 70 dias, acumulando, neste período, 1.012,96 graus-dia.

A quantidade de graus-dia acumulados para os estádios fenológicos inicial, vegetativo, frutificação e maturação foram de 153,30, 294,84, 310,44 e 254,38 °C, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Rome: FAO. **Irrigation and Drainage Paper**, n. 56, 2006. 323p.

AZEVEDO, P. V. et al. Water requirements of irrigated mango orchards in Northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 58, n.3, 2003. p. 241-245.

BARNI, V. et al. Rendimento de cultivares de meloeiro em diferentes épocas de semeadura sob ambiente protegido. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. v. 9, n.1-2, p. 59-69, 2003.

CRISÓSTOMO, L. A. et al. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: EMBRAPA, (Circular Técnica, 14). 2002. 22p.

MORAIS, E. R. C. de. et al. Crescimento e produtividade do meloeiro Torreon influenciado pela cobertura do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 2 .2010. p. 301-308.

PEREIRA, V. C. et al. Graus-dias acumulados e índice de área foliar para a cultura do melão em Mossoró-RN. **In: XVI Congresso Brasileiro De Meteorologia**, 2010, Belém-PA, 2010. 5p.

VILLA NOVA, N.A. A. et al. **Estimativa de graus dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima**. São Paulo: Instituto de Geografia, USP. (Caderno de ciência da terra, n.30). 1972. 8p.

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NORMAL PARA A ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA DE MANDACARU LOCALIZADA EM JUAZEIRO-BA

João Batista Coelho Bagagim¹, Wiltemberg de Brito Pereira², José Sebastião Costa de Sousa³, Maria Erica Pereira dos Santos⁴, Magna Soelma Beserra de Moura⁵

¹ Discente de graduação em agronomia, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, joabagagim@gmail.com; ² Discente de graduação em agronomia, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, wiltem1993if@gmail.com; ³ D.Sc. Engenharia Agrícola, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, sebastiao.costa@ifsertao-pe.edu.br; ⁴ Discente de técnico em agropecuária, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, mariaerica.3015@gmail.com; ⁵ Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, magna.moura@embrapa.com.

RESUMO: O balanço hídrico fornece a contabilidade de entradas e saídas de água em uma determinada região, tendo importância relevante para o planejamento da agricultura de sequeiro e do manejo de irrigação de áreas irrigadas. Sendo que no semiárido nordestino a agricultura de sequeiro é prevalecente, e para que a mesma tenha produções favoráveis é necessário ter um planejamento hídrico adequado. Além disso, é de suma importância o uso racional da água para um manejo eficiente, evitando assim danos como erosões, salinização e lixiviação de nutrientes. Desta forma objetivou-se com este trabalho determinar o balanço hídrico climatológico para a estação agrometeorológica convencional de Mandacaru localizada em Juazeiro-BA para o período de 1986-2015. Observou-se que a região apresenta deficiência hídrica em todos os meses, tendo quadra chuvosa compreendida entre os meses de dezembro a março.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de sequeiro, deficiência hídrica, quadra chuvosa.

NORMAL CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE FOR THE AGROMETEOROLOGICAL STATION OF MANDACARU LOCATED IN JUAZEIRO-BA

ABSTRACT: The water balance provides the accounting of inputs and outputs of water in a given region, having relevant importance for the planning of rainfed agriculture and the irrigation management of irrigated areas. Since in the northeastern semi-arid region rainfed agriculture is prevailing, and for it to have favorable yields it is necessary to have adequate water planning. In addition, the rational use of water for efficient management is critical, avoiding damages such as erosion, salinization and leaching of nutrients. The objective of this work was to determine the climatic water balance for the conventional agrometeorological station of Mandacaru located in Juazeiro-BA for the period 1986-2015. It was observed that the region presents water deficiency in every month, with a rainy season from December to March.

KEY WORDS: Rainfed agriculture, water deficiency, rainy block.

INTRODUÇÃO

A quantificação da água disponível em uma determinada região pode ser determinada em um balanço hídrico climatológico, em que contabiliza as entradas e saídas, diferenciando variações sazonais climatológicas através da evapotranspiração

real, da deficiência hídrica, do excedente hídrico e do armazenamento de água no solo, por meio da evapotranspiração potencial e de precipitações (Pereira et al., 2002). Conjugando o balanço hídrico com as demanda hídrica e térmica da cultura, é possível recomendar épocas de plantio que gerem maiores chances de sucesso com a mesma.

A determinação da evapotranspiração de referência (denominada de potencial por Thornthwaite e Mather, 1955) pode ser obtida por equações que envolva outras variáveis meteorológicas como a do Tanque classe A, que depende da velocidade do vento, umidade relativa do ar e evaporação da água do tanque (Bernardo et al., 2006) e que é indicada para regiões de clima árido e semiárido.

O vale do São Francisco, que se encontra inserido no semiárido brasileiro, é destacado pelos perímetros irrigados público-privados (a citar o dipolo Petrolina/PE – Juazeiro/BA) e grandes áreas de sequeiro. Necessitando assim de planejamentos para o devido funcionamento dos empreendimentos agrícolas.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho determinar o balanço hídrico climatológico normal para a estação agrometeorológica convencional de Mandacaru para o período de 1986-2015.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se a metodologia de Thornthwaite e Matter (1955) para determinar o balanço climatológico normal, em que foram calculados os dados mensais de precipitação, temperatura média, umidade relativa do ar, velocidade do vento e evaporação do Tanque classe A, no período de 1986 a 2015 da Estação Agrometeorológica de Mandacaru, situada no município de Juazeiro-BA (09°24'S 40°26'W, 367 m), pertencente a Embrapa Semiárido.

Para o balanço hídrico adotou-se capacidade de armazenamento do solo (CAD) de 100 mm, e evapotranspiração de referência (ET_o) considerada como potencial (ETP), calculada pela Eq. 1 (Bernardo et al., 2006):

$$ET_o = ETP = EV \cdot K_p \quad (1)$$

Em que: EV – Evaporação do tanque, mm mês⁻¹; K_p – coeficiente do tanque.

Na determinação dos valores de K_p (coeficiente do Tanque classe A), considerou-se a Tabela 1 com dados de velocidade do vento variando entre leve e moderado, posicionamento do tanque (R) (que era circundado por grama) igual a 10 m, e dados meteorológicos oriundos da Embrapa Semiárido (Embrapa, 2017).

Tabela 1: Parâmetros para determinação do K_p.

Vento (km/dia)	Bordadura (m)	Exposição A Tanque circulado por grama Umidade Relativa do Ar		
		Baixa < 40%	Média 40% a 70%	Alta > 70%
Leve < 175	10	0,65	0,75	0,85
Moderado 175 a 425	10	0,6	0,7	0,75

Fonte: Doorenbos & Kassam (1994).

Consideraram como ponto inicial para o balanço hídrico os seguintes requisitos:

1° - Se $\sum(P - ETP)$ anual ≥ 0 ; ARM = CAD para o último mês estação chuvoso [onde $(P - ETP) > 0$];

2° - Se $\sum(P - ETP)$ anual < 0 ; mas $\sum(P - ETP)^+ \geq 0$; ARM = CAD para o último mês estação chuvoso;

3° - Se $\sum(P - ETP)$ anual < 0 e $\sum(P - ETP)^+ < 0$; CAD para o último mês estação chuvoso, é determinado pela Eq. 2:

$$NAC = CAD \times \ln \left[\frac{\frac{\sum(P-ETP)^+}{CAD}}{1 - e^{-\frac{\sum(P-ETP)^-}{CAD}}} \right] \quad (2)$$

Em que: ARM – armazenamento real da água no solo, mm mês⁻¹; NAc – Negativo acumulado, mm mês⁻¹; CAD – capacidade de armazenamento do solo, mm; P – precipitação, mm mês⁻¹; ETP – evapotranspiração potencial, mm mês⁻¹; $\sum(P - ETP)^+$ - somatório positivo; $\sum(P - ETP)^-$ - somatório negativo.

Em sequência a determinação do primeiro valor para a coluna NAc ou ARM, continuou-se o preenchimento, simultaneamente, utilizando-se as equações 3 a 6:

$$\begin{aligned} & \underline{1^\circ (P - ETP) \geq 0} \\ & ARM_i = ARM_{i-1} + (P - ETP)_i \leq CAD \end{aligned} \quad (3)$$

$$NAC_i = CAD \cdot \ln \left(\frac{ARM_i}{CAD} \right) \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \underline{2^\circ (P - ETP) < 0} \\ & NAC_i = NAC_{i-1} + (P - ETP)_i \end{aligned} \quad (5)$$

$$ARM_i = CAD \cdot e^{-\left| \frac{NAC_i}{CAD} \right|} \quad (6)$$

Nos demais cálculos as equações 7 a 11 foram empregadas.

$$ALT = ARM_i - ARM_{i-1} \quad (7)$$

$$ETR = ETP, \text{ Quando } (P - ETP) \geq 0 \quad (7)$$

$$ETR = P + |ALT|, \text{ Quando } (P - ETP) < 0 \quad (8)$$

$$DEF = ETP - ETR \quad (9)$$

$$EXC = 0, \text{ Quando } ARM < CAD \quad (10)$$

$$EXC = (P - ETP) - ALT, \text{ p/ } ARM = CAD \quad (11)$$

Em que: ALT – alteração no armazenamento; ETR – evapotranspiração real; DEF – deficiência hídrica; EXC – excesso hídrico; todos em mm mês⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dados meteorológicos observou-se que a umidade relativa do ar variou de 56,10%, em outubro, a 67,41% em maio; temperatura (Figura 2).

A região apresenta precipitação média anual de 475,00 mm, tendo como período de maior concentração da precipitação entre os meses de dezembro a março (quadra chuvosa) e os meses de menor concentração entre maio e outubro. No entanto, a região apresenta alta taxa de evapotranspiração anual com o valor médio de 2.226,30 mm ano⁻¹, tendo ausência de excedente hídrico e total deficiência hídrica (Tabela 2 e Figura 1).

Na prática agrícola na região recomenda-se nos cultivos irrigados de culturas anuais o plantio nos meses de dezembro a março com necessidade de irrigação nos meses posteriores. Já nos cultivos de sequeiro de ciclo médio de até 120 dias recomenda-se a realização da semeadura nos meses de dezembro e janeiro para que os cultivos tenham a maior necessidade de água nos meses de maior precipitação e com a colheita realizada no mês de menor índice pluviométrico.

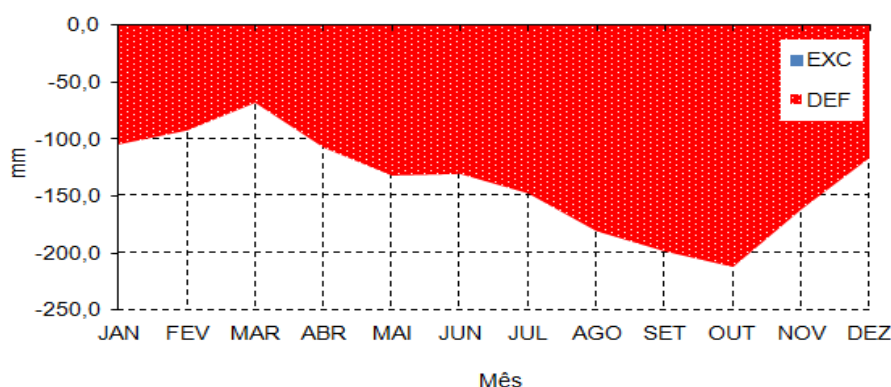


Figura 1: Extrato do Balanço Hídrico Climatológico do Mandacaru, Juazeiro-BA, segundo Thornthwaite & Mather (1955). Período: 1986-2015.

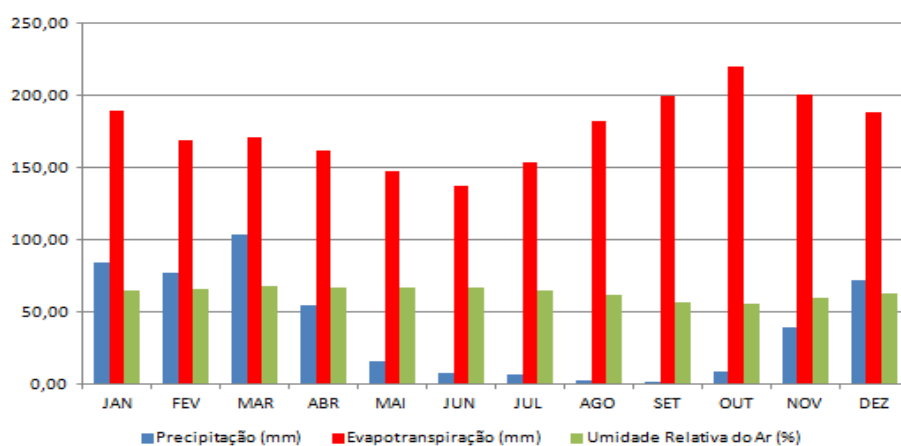


Figura 2. Dados climatológicos Normal de Mandacaru, Juazeiro-BA, para o período 1986-2015.

Tabela 2. Balanço Hídrico Climatológico Normal do Mandacaru (Juazeiro-BA), segundo Thornthwaite & Mather (1955) para o valor de CAD = 100 mm. Período de observação: 1986-2015. Em que ETR – evapotranspiração; P – Precipitação total; NAC – negativo acumulado; ARM – armazenamento de água no solo; ALT – alteração no armazenamento; ETR – evapotranspiração real; DEF – deficiência hídrica; EXC – excesso hídrico.

MÊS	ETP	P	P-ETP	NAc	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	mm								
JAN	189,1	84,8	-104,3	-2380,3	0,0	0,0	84,8	104,3	0,0
FEV	169,5	77,5	-92,0	-2472,3	0,0	0,0	77,5	92,0	0,0
MAR	171,2	103,6	-67,6	-2539,9	0,0	0,0	103,6	67,6	0,0
ABR	162,1	55,1	-107,0	-1000,0	0,0	0,0	55,1	107,0	0,0
MAI	147,3	15,8	-131,5	-1131,5	0,0	0,0	15,8	131,5	0,0
JUN	137,4	7,3	-130,1	-1261,6	0,0	0,0	7,3	130,1	0,0
JUL	153,7	6,5	-147,2	-1408,8	0,0	0,0	6,5	147,2	0,0
AGO	182,5	2,2	-180,3	-1589,1	0,0	0,0	2,2	180,3	0,0
SET	199,8	1,8	-198,0	-1787,1	0,0	0,0	1,8	198,0	0,0
OUT	220,6	8,9	-211,7	-1998,9	0,0	0,0	8,9	211,7	0,0
NOV	200,4	39,2	-161,2	-2160,1	0,0	0,0	39,2	161,2	0,0
DEZ	188,3	72,4	-116,0	-2276,1	0,0	0,0	72,4	116,0	0,0
TOTAL	2122,0	475,0	-1647,0	-	-	-	475,0	1647,0	0,0
MÉDIA	176,8	39,6	-137,2	-	-	-	39,6	137,2	0,0

CONCLUSÕES

A precipitação média da região não excede a evapotranspiração, tendo altos índices de déficit hídrico. Dessa forma, a região apresenta dependência de irrigação para uma produção favorável e o cultivo de sequeiro deve ser realizado no período de dezembro a março para ter chance de viabilização de produção.

REFERÊNCIAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8 ed. Viçosa: Ed.UFV, 2006. 625p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Estudos FAO - Irrigação e Drenagem n.33, 1994. 306p. (Traduzido por Gheyi, H.R. et al. - UFPB).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Semiárido. Dados Meteorológicos. Disponível em: <<http://www.cpatia.embrapa.br:8080/index.php?op=dadosmet>> acesso em: 27 Abr. 2017.

PEREIRA, A. R. et al. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NORMAL PARA A CIDADE DE PETROLINA-PE

João Batista Coelho Bagagim¹, Wiltemberg de Brito Pereira², José Sebastião Costa de Sousa³, Maria Erica Pereira dos Santos⁴, Magna Soelma Beserra de Moura⁵

¹ Discente de graduação em agronomia, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, joabagagim@gmail.com; ² Discente de graduação em agronomia, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, wiltem1993if@gmail.com; ³ D.Sc. Engenharia Agrícola, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, sebastiao.costa@ifsertao-pe.edu.br; ⁴ Discente de técnico em agropecuária, IF-Sertão CPZR, Petrolina, Pernambuco, mariaerica.3015@gmail.com; ⁵ Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, magna.moura@embrapa.com.

RESUMO: A matéria que busca quantificar as entradas e saídas de água do solo, baseia-se no princípio da conservação de massa em um determinado volume de solo coberto por vegetação, e é conhecido como balanço hídrico. Fundamentada na correlação entre a precipitação, o escoamento superficial, a evapotranspiração e a real capacidade de armazenamento de água no solo. O balanço hídrico climatológico desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) pode ser adquirido através do emprego das medições da temperatura média do ar e da precipitação média ocorridas na região em um determinado espaço de tempo (dia, mês, outro), propondo-se a confecção de zoneamentos agroclimáticos para distintos cultivos. Desta forma objetivou-se com este trabalho determinar o balanço hídrico climatológico para a estação agrometeorologia convencional de Bebedouro localizada em Petrolina-PE para o período de 1985-2014. Observou-se que à região apresenta deficiência hídrica em todos os meses, tendo quadra chuvosa compreendida entre os meses de dezembro a abril.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos, agroclimatológico, deficiência hídrica.

NORMAL CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE FOR THE CITY OF PETROLINA-PE

ABSTRACT: The aim of this paper is to quantify the inputs and outputs of soil water based on the principle of mass conservation in a given volume of soil covered by vegetation and is known as a water balance. Based on the correlation between precipitation, runoff, evapotranspiration and the actual water storage capacity in the soil. The climatological water balance developed by Thornthwaite and Mather (1955) can be acquired through the use of mean air temperature and average rainfall measurements in the region over a given period of time (day, month, other), proposing the preparation of agroclimatic zoning for different crops. The objective of this work was to determine the climatic water balance for the conventional agrometeorology station of Bebedouro located in Petrolina-PE for the period 1985-2014. It was observed that the region presents water deficiency in every month, with a rainy season between December and April.

KEY-WORDS: Water resources, agroclimatology, water deficiency.

INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino é uma região brasileira que se caracteriza por apresentar um grande déficit hídrico e esse condicionante é o mais importante pois é limitante e

determinante, quando se quer alcançar elevadas produtividades agrícolas, de ocorrência de forma sazonalmente, ao longo dos anos; contudo, a variabilidade no suprimento de água às plantas é uma característica regional que é extremamente variável as condições climáticas.

Assim o balanço hídrico torna-se instrumento para a integração de informações técnicas para auxiliar na tomada de decisão para a condução operacional e gerencial dos recursos naturais em empreendimentos agrícolas, pois dá subsídio para delimitar o clima de uma região em questão, facilitando assim o seu zoneamento agroclimático e ambiental, e alocando qual espaço de tempo de disponibilidade e necessidade hídrica no solo (Lima e Santos, 2009).

De acordo com Thornthwaite e Matter (1955), é necessária para aplicar a metodologia a fim de calcular o balanço hídrico, quantificar a quantidade de água máxima armazenada no solo (CAD), chuva total, e evapotranspiração potencial (ETP) para cada período, e com isso consegue-se determinar a evapotranspiração real (ETR), o excedente (EXC), e o total de água retida no solo em cada período.

O objetivo deste trabalho consistiu em determinar o balanço hídrico climatológico para o perímetro de irrigação Bebedouro, localizado no município de Petrolina-PE, com referência aos dados de 1985 a 2014.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se a metodologia proposta por Thornthwaite e Matter (1955) para determinação do balanço climatológico normal, foram empregados dados de ordem mensais provenientes da estação de agrometeorologia, como velocidade do vento (m/s), umidade relativa do ar (%), temperatura média do ar (°C), precipitação (mm/mês) e evaporação do tanque classe A (mm/mês), num intervalo de tempo compreendido nos anos de 1985 a 2014 da Estação Agrometeorologica da Embrapa Semiárido, localizada no perímetro de irrigação Bebedouro em de Petrolina-PE (09°09'S, 40°22'W).

A capacidade de armazenamento do solo (CAD) utilizada foi de 100 mm. A determinação da evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração potencial (ETP) de acordo com Bernardo et al. (2006), consiste em utilizar o cálculo da Eq. 1):

$$ET_o = ETP = EV \cdot K_p \quad (1)$$

Em que: Evaporação do tanque, mm mês⁻¹; K_p – coeficiente do tanque.

Os valores de K_p (coeficiente do tanque Classe “A”) foram originados, a partir da Tabela 1, em que velocidade do vento se enquadra entre leve e moderado, posicionamento do tanque (R) (que era circundado por grama) igual a 10 m, e dados meteorológicos oriundos da Embrapa Semiárido (Embrapa, 2017).

Tabela 1: Parâmetros para determinação do K_p.

		Exposição A		
		Tanque circundado por grama		
		UR% (média)		
Velocidade do Vento (m/s)	Posição do tanque R*(m)	Baixa <40%	Média 40-70%	Alta >70%
Leve < 2	10	0,65	0,75	0,85
Moderado 2-5	10	0,60	0,70	0,75

Fonte: Doorenbos e Kassam (1979).

Consideraram-se como ponto inicial para o balanço hídrico climatológico os seguintes requisitos:

1° - Se $\sum(P - ETP)$ anual ≥ 0 ; ARM = CAD para o último mês estação chuvoso [onde $(P - ETP) > 0$];

2° - Se $\sum(P - ETP)$ anual < 0 ; mas $\sum(P - ETP)^+ \geq 0$; ARM = CAD para o último mês estação chuvoso;

3° - Se $\sum(P - ETP)$ anual < 0 e $\sum(P - ETP)^+ < 0$; CAD para o último mês estação chuvosa, é determinado pela Eq. 2:

$$NAC = CAD \times \ln \left[\frac{\frac{\sum(P-ETP)^+}{CAD}}{1 - e^{-\frac{\sum(P-ETP)^-}{CAD}}} \right] \quad (2)$$

Em que: ARM – armazenamento real da água no solo, mm mês⁻¹; NAc – Negativo acumulado, mm mês⁻¹; CAD – capacidade de armazenamento do solo, mm; P – precipitação, mm mês⁻¹; ETP – evapotranspiração potencial, mm mês⁻¹; $\sum(P - ETP)^+$ - somatório positivo; $\sum(P - ETP)^-$ - somatório negativo.

Em sequência a determinação do primeiro valor para a coluna NAc ou ARM, continuar o preenchimento destas, simultaneamente, utilizando-se as equações 3 a 6:

$$1^\circ (P - ETP) \geq 0$$

$$ARM_i = ARM_{i-1} + (P - ETP)_i \leq CAD \quad (3)$$

$$NAC_i = CAD \cdot \ln \left(\frac{ARM_i}{CAD} \right) \quad (4)$$

$$2^\circ (P - ETP) < 0$$

$$NAC_i = NAC_{i-1} + (P - ETP)_i \quad (5)$$

$$ARM_i = CAD \cdot e^{-\left| \frac{NAC_i}{CAD} \right|}$$

(6)

Nos demais cálculos as equações 7 a 11 foram empregadas.

$$ALT = ARM_i - ARM_{i-1}$$

$$ETR = ETP, \text{ Quando } (P - ETP) \geq 0 \quad (7)$$

$$ETR = P + |ALT|, \text{ Quando } (P - ETP) < 0 \quad (8)$$

$$DEF = ETP - ETR \quad (9)$$

$$EXC = 0, \text{ Quando } ARM < CAD \quad (10)$$

$$EXC = (P - ETP) - ALT, \text{ p/ } ARM = CAD \quad (11)$$

Em que: ALT – alteração no armazenamento; ETR – evapotranspiração real; DEF – deficiência hídrica; EXC – excesso hídrico; todos em mm mês⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dados meteorológicos observou-se que a umidade relativa do ar variou de 56,50% para mês de outubro e 72,10% para o mês de abril, com média de 65,30%; temperatura do ar variou de 23,60°C em julho, a 27,50°C em novembro, com média de 25,92°C (Figura 1).

Constatou-se que a precipitação média anual alcançou valores de 496,3 mm, a precipitação se concentrou-se nos meses de dezembro a abril, porém com uma elevada taxa de evapotranspiração anual atingindo valores de 2003,77 mm ano⁻¹. (Tabela 1 e Figura 2).

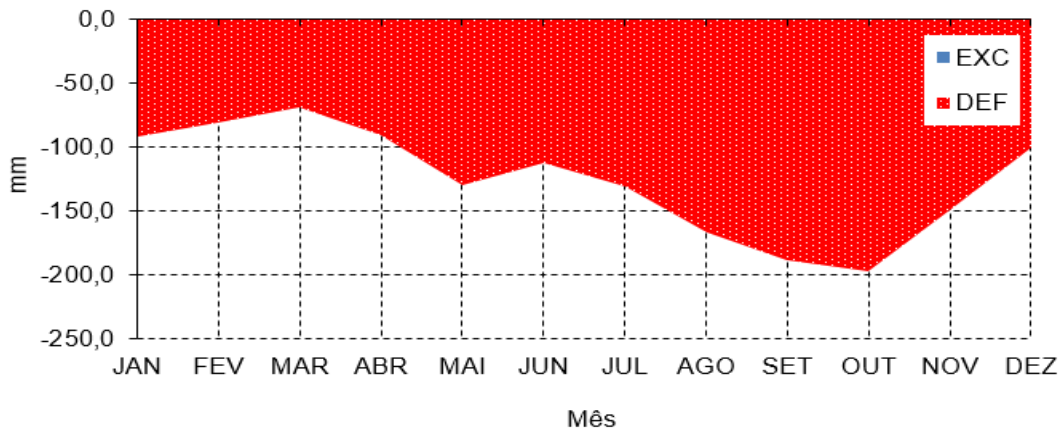


Figura 1. Extrato do Balanço Hídrico Climatológico do Projeto Bebedouro, Petrolina-PE, segundo Thornthwaite e Mather (1955). Período: 1985-2014

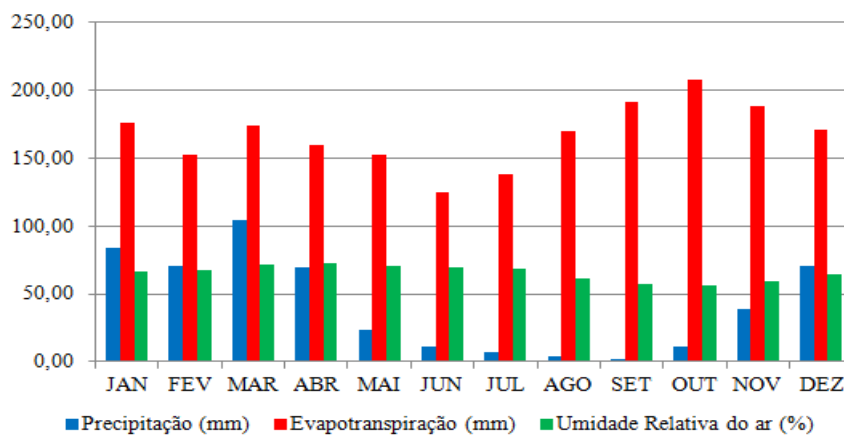


Figura 2. Dados climatológico do Projeto Bebedouro, Petrolina-PE, para o período de 1985-2014.

Tabela 1. Balanço Hídrico Climatológico Normal do projeto de irrigação Bebedouro (Latitude 09°09'S, Longitude 40°22'W, Petrolina-PE), segundo Thornthwaite e Mather (1955) para valor de CAD = 100 mm. Período de observação: 1985-2014. Em que: ETP – evapotranspiração; P – precipitação total; NAc – negativo acumulado; ARM – armazenamento de água no solo; ALT – alteração no armazenamento; ETR – evapotranspiração real; DEF – deficiência hídrica; EXC – excesso hídrico.

MÊS	ETP	P	P-ETP	NEG	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
					mm				
JAN	175,54	83,50	-92,04	-2357,43	0,00	0,00	83,50	-92,04	0,00
FEV	151,90	71,00	-80,90	-2438,33	0,00	0,00	71,00	-80,90	0,00
MAR	173,65	104,50	-69,15	-1000,00	0,00	0,00	104,50	-69,15	0,00
ABR	159,80	69,30	-90,50	-1090,50	0,00	0,00	69,30	-90,50	0,00
MAI	152,92	23,20	-129,72	-1220,22	0,00	0,00	23,20	-129,72	0,00
JUN	124,32	11,70	-112,62	-1332,84	0,00	0,00	11,70	-112,62	0,00
JUL	138,45	7,30	-131,15	-1463,98	0,00	0,00	7,30	-131,15	0,00
AGO	170,20	3,60	-166,60	-1630,58	0,00	0,00	3,60	-166,60	0,00
SET	190,96	2,30	-188,66	-1819,24	0,00	0,00	2,30	-188,66	0,00
OUT	207,67	11,00	-196,67	-2015,91	0,00	0,00	11,00	-196,67	0,00
NOV	187,74	38,80	-148,94	-2164,85	0,00	0,00	38,80	-148,94	0,00
DEZ	170,63	70,10	-100,53	-2265,39	0,00	0,00	70,10	-100,53	0,00
TOTAL	2003,77	496,30	-1507,47	-	-	-	496,30	-1507,47	0,00
MÉDIA	166,98	41,36	-125,62	-	-	-	41,36	-125,62	0,00

CONCLUSÕES

A precipitação média da região não excede a evapotranspiração, tendo altos índices de déficit hídrico. Tendo os meses com maior oportunidade de produção de cultivos de sequeiro nos meses de dezembro a abril.

REFERÊNCIAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625 p.

DOORENBOS, J.; Kassam, A. H. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. Rome, FAO. 1979.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Semiárido. Dados Meteorológicos. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/index.php?op=dadosmet>> acesso em: 27 Abr. 2017.

LIMA, F. B.; SANTOS, G. O. Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.

THORNTHWAITE, C.; MATTER, J. R. The water balance. Publications in climatology. Laboratory of Climatology, New Jersey, v.8, 1955. p. 104.

WEBMAP: FERRAMENTA BASEADA EM SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS ABERTOS PARA VISUALIZAÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS

Luiz Henrique Santos Volpasso¹, Ednaldo Oliveira dos Santos², Gustavo Bastos Lyra², Sergio Manuel Serra da Cruz^{3,4}

¹Discente do curso de Sistemas de Informação e membro do PET-SI da UFRRJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, luizvolpasso@pet-si.ufrj.br; ²Professor, Dep. de Ciências Ambientais do Instituto de Florestas, UFRRJ, Seropédica, RJ, edmeteoro@ufrj.br; gblyra@gmail.com; ³Professor, Dep. de Matemática do Instituto de Ciências Exatas, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, ⁴Tutor do PET-SI da UFRRJ, serra@pet-si.ufrj.br

RESUMO: O clima influencia diretamente os cultivos agrícolas, contudo são escassas as ferramentas *Web* de código aberto que disponibilizam mapas climáticos para visualização no Brasil. O objetivo desse trabalho foi projetar e desenvolver uma ferramenta *Web* (*WebMap*) de fácil utilização para visualização de mapas climáticos (chuva e temperatura do ar com frequência mensal), baseada em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) abertos. Os mapas foram inicialmente elaborados para o estado do Rio de Janeiro e foram assimilados no *software Quantum GIS* (QGIS) para o processamento final e criação da ferramenta. No *WebMap* também se considerou os limites políticos do estado do Rio de Janeiro e suas regiões de governo. A ferramenta foi gerada a partir de complementos do QGIS, sendo que funcionalidades adicionais foram acrescentadas, tais como barra de pesquisa, aumento e diminuição de *zoom*, legenda, entre outros. Ao final, foi utilizado uma camada de exibição de dados geográficos na Internet para uma melhor visualização e inclusão de legendas de chuva e temperatura do ar com periodicidade mensal.

PALAVRAS-CHAVE: Chuva, temperatura do ar, mapa.

WEBMAP: TOOL BASED ON OPEN GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS FOR CLIMATE DATA VISUALIZATION

ABSTRACT: The climate has impact on crop cultivation, however the open source web tools that provide climate maps to visualization in Brazil are unusual. So, the aim of this study was to design and develop an easy-to-use *WebMap* tool for visualizing weather maps (rainfall and air temperature with monthly frequency) based on open Geographic Information Systems (GIS). The maps were first elaborated for the state of Rio de Janeiro and were assimilated in *Quantum GIS* software (QGIS) for the final processing and creation of the tool. In the *WebMap* also considered the political boundaries of the state of Rio de Janeiro and its regions of government. The tool was generated from QGIS add-ons, and additional features were added, such as search bar, zoom in and out, caption, among others. In the end, a geographic data display layer was used on the Internet for a better visualization and inclusion of subheadings of rainfall and air temperature with monthly frequency.

KEYWORDS: Rainfall, air temperature, maps.

INTRODUÇÃO

Na década de 2000, o Brasil ultrapassou a Austrália e China no mercado de exportação agrícola e em 2010 tornou-se o terceiro maior exportador agrícola do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos e da União Europeia (OCDE/FAO, 2015). Ou seja, em uma década, o país passou do sexto para o terceiro lugar, algo esperado, pois entre 2000 e 2008, o Brasil tinha a maior taxa de crescimento entre os seis maiores exportadores agrícolas.

Para subsidiar a crescente produção agrícola nacional é necessário que os produtores utilizem sistemas de informações, que auxiliem no planejamento e/ou o manejo das atividades agrícolas (plantio e colheita, controle de pragas e doenças, irrigação e drenagem, mecanização e armazenamento, entre outras). Dentre os inúmeros fatores condicionantes da produção agrícola, o clima se destaca, sendo necessário o conhecimento da sua distribuição espaço-temporal para a tomada de decisão de pequenos, médios e grandes agricultores (PEREIRA et al., 2002).

Em decorrência disto, o objetivo do presente trabalho é desenvolver uma ferramenta *Web* baseada em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) de código aberto, conhecido como *WebMap*, o qual disponibiliza mapas mensais de chuva e temperatura do ar para o estado do Rio de Janeiro. A ferramenta permite que o agricultor acesse, consulte e visualize mapas climáticos básicos para subsidiar suas atividades.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o estado do Rio de Janeiro, situado na região Sudeste do Brasil, entre as latitudes 20° 45' e 23° 21' S e as longitudes 40° 57' e 44° 53' W. O limite político do estado do Rio de Janeiro foi obtido na base do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em um arquivo no formato *shapefile* (*.shp), além de ter sido consideradas as regiões de governo do Estado, conforme Fundação CEPERJ. As séries de dados de temperatura do ar foram obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e de chuva da Agência Nacional de Águas (ANA), ambas situadas no período de 1960 até 2010.

Foram considerados os mapas mensais de temperatura do ar obtidos a partir do trabalho de Araújo et al. (2010), que espacializaram a temperatura do ar mensal no estado do Rio de Janeiro baseado em modelos lineares e na elevação representada pelo modelo digital de elevação - SRTM. Os mapas mensais de chuva foram elaborados por Correia et al. (2011), que interpolaram a chuva mensal para o estado do Rio de Janeiro pelo método da mínima curvatura. Em ambos os trabalhos, métodos diferentes de interpolação foram usados, que basicamente transformam um mapa vetorial (representação de feições do mundo real, por meio de pontos, linhas ou polígonos, todos contendo informações) em um mapa *raster* (matrizes de células distintas que representam feições, cada célula com uma determinada informação).

Os mapas mensais de chuva e temperatura do ar foram inseridos num Sistema de Informação Geográfica (SIG) (isto é, *sistema* composto por *software*, *hardware*, *informações georreferenciadas*, *procedimentos computacionais* e *recursos humanos* que permite a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem) para a manipulação. O *software* SIG considerado no presente estudo foi o *Quantum GIS* – QGIS (QGIS, 2009), escolhido devido o mesmo ser um *software* livre e operar em diferentes plataformas computacionais, além de possuir diversas

funcionalidades, módulos e complementos constantemente atualizados pela comunidade de usuários e desenvolvedores.

Para o enquadramento do mapa *raster* no limite político do Rio de Janeiro foi utilizado a ferramenta de processamento do *software* SAGA, inclusa no *Quantum GIS*. A ferramenta usada foi *clip raster with polygon*, que faz todo o recorte do mapa *raster* baseado no limite de um mapa vetorial, que no presente caso foi o limite político do estado do Rio de Janeiro. Deve ser ressaltado que foi necessário realizar essa operação uma vez para cada mapa mensal de chuva e temperatura do ar.

Para geração do *WebMap* utilizou-se o complemento do *Quantum GIS* denominado *qgis2web*. Este transforma os mapas *raster* e vetorial em páginas *Web*, o que possibilita também a alteração de códigos (*JavaScript*) das páginas e criar os esboços (corpo) da página. Em seguida, foram realizadas modificações e inserções no código das páginas para inserir legendas, alterações de nomes, melhorias na interface e também a divisão dos menus dos mapas (limite político, chuva, temperatura do ar).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *WebMap* final foi composto por uma camada de exibição de dados geográficos na Internet, por meio da *OpenLayer* (Figura 1), no fundo do mapa. A *OpenLayer* é uma biblioteca *open source* em *JavaScript*, com diversos recursos, como por exemplo, padrões do OGC *Web Map Service* (WMS), *Web Feature Service* (WFS), *OpenStreetMap*, entre outros. Inicialmente, os mapas do limite político, chuva e temperatura do ar foram apenas para o estado do Rio de Janeiro, onde essa biblioteca foi inserida para melhorar a visualização.

Pode-se também visualizar na página base os três menus (em baixo da barra de pesquisar, canto superior direito), que são, respectivamente, para acesso ao limite político do Estado e de suas regiões de governo, dos mapas de chuva e temperatura do ar. No menu de chuva, pode-se acessar os mapas de todos os meses do ano, enquanto no de temperatura do ar, além dos mapas mensais, foram disponibilizados os mapas da temperatura do ar média, máxima e mínima anual. Nessa mesma figura está habilitado para visualização o mapa da chuva mensal de janeiro, o qual, ao ser habilitado, carrega na tela a legenda do mapa de chuva. Essas funcionalidades podem também ser usadas para os mapas dos demais meses do ano.



Figura 1. Mapa da chuva mensal de janeiro habilitado, com sua respectiva legenda e funcionalidades auxiliares.

Na Figura 2, o mapa da temperatura média do ar de janeiro foi habilitado e também sua legenda, que é o mesmo tipo de funcionalidade apresentado para os mapas

de chuva. Foi definido que todas as camadas do limite político viessem ativadas por padrão, mas o *WebMap* permite que o usuário desabilite essas camadas.

Além disso, foram inseridas outras funções adicionais, como por exemplo, aumento e diminuição do *zoom*, régua, localização atual e barra de pesquisar, tendo as três primeiras funcionalidades no canto esquerdo superior e a última funcionalidade localizada no canto direito inferior.

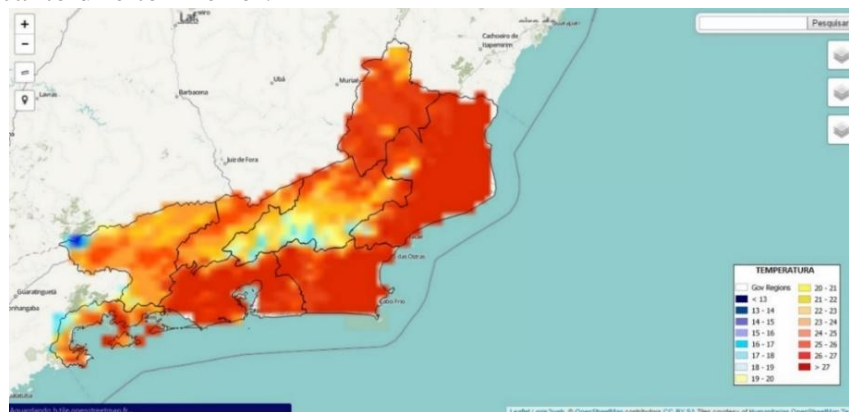


Figura 2. Mapa de temperatura do ar mensal de janeiro, com sua respectiva legenda e funcionalidades auxiliares.

CONCLUSÕES

A visualização simplificada dos mapas mensais de média de chuva e temperatura do ar em ambiente *Web* pode representar uma vantagem competitiva para os agricultores, visto que basta apenas uma conexão com a Internet para que possam realizar análises climáticas dos meses do ano para planejar suas atividades.

Como trabalhos futuros pretende-se realizar o *upgrade* no *WebMap* para possibilitar o acesso da informação por pixel do mapa *raster* (chuva ou temperatura do ar), o que permitirá maior precisão para o usuário, além de contemplar outros estados do país e disponibilização dos dados para *download*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Educação Tutorial (PET) do FNDE pelas bolsas concedidas. Além disso, os autores agradecem à Red CYTED (BigDSSAgro) pela parceria e financiamento obtidos e ao CNPq pelo financiamento (edital Universal - 483643/2011-4).

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 5 de abril de 2017.

ARAÚJO, F. F. S. et al. Espacialização da temperatura do ar mensal no estado do Rio de Janeiro baseada em modelos lineares e dados SRTM. In: IX SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 2010, Curitiba. *Anais...* Curitiba: CIETEP, 2010. p. 1-5.

CORREIA, T. P. et al. Distribuição Espacial da precipitação pluvial mensal no estado do Rio de Janeiro. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2011, Guarapari. **Anais...** Guarapari: CBA, 2011. p. 1-6.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br>>. Acesso em: 8 de abril de 2017.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 5 de abril de 2017.

OECD/FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**. Paris: Ed. OECD Publishing, 2015. p. 148. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en>. Acesso em: 2 de março de 2017.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíra: Ed. Livraria e Editora Agropecuária, 2002. p. 478.

QGIS – Quantum GIS. Disponível em: <http://qgis.org/pt_BR/site>. Acesso em 5 de abril de 2017.

MÉTODO SIMPLES PARA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NOS CULTIVOS

Kamila Cunha de Meneses¹, Glauco de Souza Rolim², Newton La Scala Júnior³,
Taynara Tuany Borges Valeriano⁴, José Reinaldo da Silva Cabral de Moraes⁵

¹Mestranda em Agronomia (Ciência do Solo), FCAV/Unesp, Jaboticabal, São Paulo, meneses.kamila@yahoo.com.br; ²Professor Dr. da FCAV/Unesp, Jaboticabal, São Paulo, rolim@fcav.unesp.br; ³Professor Dr. da FCAV/Unesp, Jaboticabal, São Paulo, lascala@fcav.unesp.br; ⁴Doutoranda em Agronomia (Produção Vegetal), FCAV/Unesp, Jaboticabal, São Paulo, taynarabvaleriano@gmail.com; ⁵Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal), FCAV/Unesp, Jaboticabal, São Paulo, reinaldojmoraes@gmail.com.

RESUMO: objetivou-se neste estudo desenvolver um método simples de análise da influência dos elementos meteorológicos nos cultivos. O estudo foi realizado nas localidades de Pradópolis, Araraquara e Iracemópolis no estado de São Paulo e Quirinópolis em Goiás. As séries de dados meteorológicos utilizadas no estudo foram obtidas na base de arquivos de agrometeorologia do projeto *Prediction of Worldwide Energy Resource -POWER* da agência *National Aeronautics and Space Administration* – NASA. Os dados diários de temperatura média do ar (Tm), temperatura mínima (Tmn), temperatura máxima (Tmx), precipitação (P), radiação do topo da atmosfera (Qo), radiação global (Qg), umidade relativa (UR), temperatura do ponto de orvalho (TO) e velocidade do vento (u2). Posteriormente, esses dados foram estratificados em escala decendial. O cultivo testado no método de análise foi cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Os dados de toneladas de cana por hectare (TCH) decendiais municipais foram fornecidos por cooperativas da região. A ferramenta multivariada de análise de componentes principais (PCA – *Principal Component Analysis*) foi empregada para a quantificação dos efeitos dos elementos meteorológicos de cada decêndio anterior a colheita. O método simples empregado para avaliação dos cultivos foi eficiente na discriminação dos elementos meteorológicos que influenciaram no estágio fenológico da cultura da cana-de-açúcar. A análise proposta neste trabalho pode ser recomendada para outros cultivos devido sua robustez e acurácia.

PALAVRAS-CHAVE: agrometeorologia, distância euclidiana, sistemas agrícolas.

SIMPLE METHOD FOR ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL ELEMENTS IN CROPS

ABSTRACT: The objective of this study was to develop a simple method to analyze the influence of meteorological elements on crops. The study was carried out in the cities of Pradópolis, Araraquara and Iracemópolis in the state of São Paulo and Quirinópolis in Goiás. The series of meteorological data used in the study were obtained from the Agrometeorology archives base of the Prediction of Worldwide Energy Resource-POWER project in National Aeronautics and Space Administration (NASA). The daily data of average air temperature (Tm), minimum temperature (Tmn), maximum temperature (Tmx), precipitation (P), top atmosphere radiation (Qo), global radiation (Qg), relative humidity Dewpoint temperature (TO) and wind speed (u2). Subsequently, these data were stratified on a decendial scale. The culture tested in the method of analysis was sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Data from tons of sugarcane per hectare (TCH) were provided by cooperatives in the region. The multivariate Principal Component Analysis (PCA) tool was used to quantify the effects of the meteorological elements of each pre-harvest decade. The simple method used to

evaluate the crops was efficient in discriminating the meteorological elements that influenced the phenological stage of the sugarcane crop. The analysis proposed in this work can be recommended for other crops due to its robustness and accuracy.

KEY-WORDS: Agrometeorology, Euclidean Distance, Agricultural Systems.

INTRODUÇÃO

Métodos simples para a análise da influência dos elementos meteorológicos nos cultivos tornam-se importantes, principalmente, para assegurar um melhor planejamento e gestão da heterogeneidade nos sistemas de manejo. Pois, a variabilidade climática interanual causa grande impacto na economia da produção agrícola, afetando a sustentabilidade nas áreas agrícolas mundialmente.

Dentre todas as atividades econômicas, a agricultura apresenta a maior dependência das condições climáticas. Sendo essa dependência responsável por 60 a 80% da variabilidade final da produção anual dos cultivos (HOOGENBOOM, 2000). Os principais elementos meteorológicos que influenciam nos cultivos são a temperatura do ar, a disponibilidade hídrica e a radiação solar.

Na literatura há escassez de trabalhos com métodos de análises que conseguem mostrar a influência dos elementos meteorológicos nos estádios fenológicos dos cultivos de forma mais simplificada. Portanto, este trabalho contribuirá com estudos sobre a influência dos elementos meteorológicos em diferentes cultivos. Dessa forma, auxiliando nas tomadas de decisões das empresas rurais e em políticas agrícolas mundiais.

Diante desse contexto, objetivou-se neste estudo desenvolver um método simples de análise da influência dos elementos meteorológicos nos cultivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nas localidades de Pradópolis (21°21'23"S e 48°3'48"W), Araraquara (21°47'40"S e 48°10'32"W) e Iracemápolis (22°34'53"S e 47°31'11"W) no estado de São Paulo e Quirinópolis (18°26'54"S e 50°26'48"W) em Goiás. Essas localidades concentram a agricultura de maior valor comercial do estado de São Paulo. Enquanto, Quirinópolis (GO) é uma das localidades da região que vem se destacando no processo de expansão do cultivo da cana-de-açúcar.

As séries de dados meteorológicos utilizadas no estudo foram obtidas na base de arquivos de agrometeorologia do projeto *Prediction of Worldwide Energy Resource - POWER* da agência *National Aeronautics and Space Administration - NASA*, no período de 2002 a 2016.

Os dados diários de temperatura média do ar (T_m), temperatura mínima (T_{mn}), temperatura máxima (T_{mx}), precipitação (P), radiação do topo da atmosfera (Q_o), radiação global (Q_g), umidade relativa (UR), temperatura do ponto de orvalho (TO) e velocidade do vento (u_2). Posteriormente, esses dados foram estratificados em escala decenal. O cultivo testado no método de análise foi cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Os dados de toneladas de cana por hectare (TCH) decenciais municipais foram fornecidos por cooperativas da região.

A partir dos dados meteorológicos foi estimado a evapotranspiração potencial (ETP), em escala decenal, pelo método padrão Penman - Monteith. Com os dados de ETP e P foi estimado a disponibilidade hídrica do solo utilizando o balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955), considerando a capacidade de água disponível constante (CAD) equivalente a 100 mm para determinação dos componentes

do balanço hídrico como evapotranspiração real (ETR), armazenamento de água no solo (ARM), excedente (EXC) e deficiência (DEF) hídrica.

A ferramenta multivariada de análise de componentes principais (PCA – *Principal Component Analysis*) foi empregada para a quantificação dos efeitos dos elementos meteorológicos de cada decêndio anterior a colheita, ou seja, do primeiro (1°) ao trigésimo sexto (-36°) decêndio, com todos os dados padronizados. A partir dos resultados de cada ponto, encontrou-se uma distância euclidiana a partir do vetor resultante \vec{v} , sendo o fator 1 (f1) e fator 2 (f2) provenientes da PCA $\vec{v} = \sqrt{f_1^2 + f_2^2}$, foram analisados em relação a cada estágio fenológico da cultura teste (cana planta). Dessa forma, o eixo Y do gráfico resultante representa os valores de \vec{v} que passa a resumir as influências de cada elemento meteorológico ao longo do desenvolvimento de um cultivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O clima explica 67% da variabilidade da produtividade, correspondendo a soma dos dois primeiros componentes principais. Esse resultado indica que a PCA foi robusta para analisar a influência climática na produtividade de cana-de-açúcar, devido a variabilidade explicada pela PCA ser semelhante entre as localidades (Figura 1).

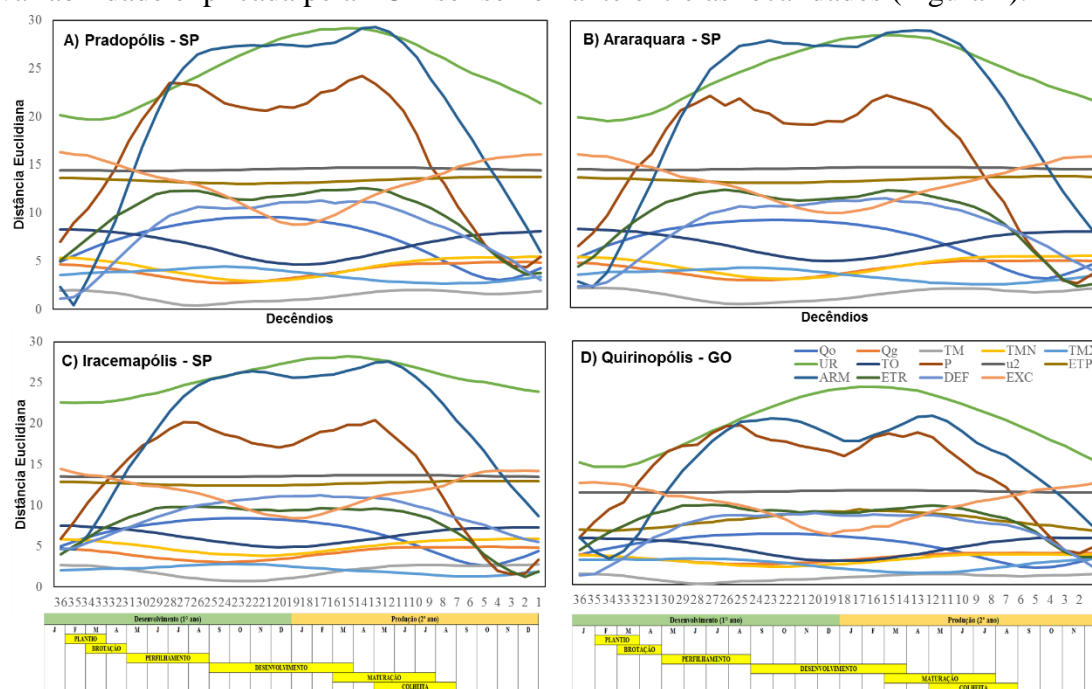


Figura 1. Vetor resultante \vec{v} (Distância euclidiana) dos elementos meteorológicos nos 36 decêndios anteriores a colheita da cana planta nas localidades **A)** Pradópolis -SP, **B)** Araraquara -SP, **C)** Iracemópolis -SP e **D)** Quirinópolis – GO.

A PCA para cada elemento meteorológico e decêndio tiveram padrões semelhantes entre as localidades. Sendo os elementos meteorológicos UR e ARM com maiores influências na produtividade. Isso pode ser explicado pela interferência dos elementos meteorológicos no mecanismo da síntese de produtos fotossintéticos. De acordo com Reichardt (1985), a planta sob condições de elevada umidade relativa e

ausência de vento retarda o processo de difusão, conseqüentemente, a perda de água é menor. A transpiração diminui sensivelmente tornando-a às vezes desprezível devido os estômatos estarem fechados. E, quando a precipitação e a umidade relativa do ar forem elevadas, e de uma planta túrgida, não ocorre o fluxo de água na planta. Diante disso, não tendo o fluxo de água na planta e, conseqüentemente, de nutrientes, há redução de produtos fotossintéticos, como carboidratos, lipídios, aminoácidos etc. Portanto, há dois momentos no ciclo da cana onde os elementos meteorológicos são mais influentes, principalmente o ARM e a P, foram nos inícios do desenvolvimento e da maturação da planta.

A produtividade de cultivos de cana-de-açúcar depende da quantidade, distribuição e intensidade das chuvas. Sendo que a precipitação média anual a partir de 1.000 mm e bem distribuída torna-se suficiente para promover elevadas produções, sem a utilização da irrigação (SILVA et al., 2009). O EXC foi importante no trigésimo sexto ao trigésimo quarto decêndios antes da colheita, essa condição coincide ao período de perfilhamento e do terceiro ao primeiro decêndio antes da colheita. Verifica-se também que a ETP e a u₂ são importantes durante o ciclo da cana.

O vento afeta indiretamente as culturas, podendo ser positiva ou negativa sua influência. Além do mecanismo da síntese dos produtos fotossintéticos, as velocidades baixas a moderadas do vento contribuem para a renovação do suprimento de CO₂. Enquanto, ventos intensos provocam danos mecânicos nas plantas, como acamamento dos colmos (Pereira et al., 2002). Os estádios críticos pela alta demanda hídrica na formação desta cultura são nas fases de perfilhamento e de rápido crescimento, os quais ocorrem entre 60 e 150 dias após o plantio (JAIN et al., 2015).

A DEF tem uma maior importância nos decêndios 27 ao 12 antes da colheita, correspondendo ao período do desenvolvimento do colmo. Pois, o déficit hídrico interfere negativamente na fotossíntese e no crescimento vegetativo da planta. A TO, T_{min}, Q_g e T_{med} tiveram influências semelhantes ao longo do ciclo, sendo maiores no perfilhamento e na maturação. Cardozo e Sentelhas (2013) verificaram que as baixas temperaturas do ar podem não serem suficientes para afetar a maturação da cana-de-açúcar nas regiões tropicais. No entanto, por ser essencialmente uma planta tropical, produz bem em áreas onde a temperatura do ar é entre 18 e 38 °C (TEODORO et al., 2015).

CONCLUSÕES

O método simples empregado para avaliação dos cultivos foi eficiente na discriminação dos elementos meteorológicos que influenciaram no estágio fenológico da cultura da cana-de-açúcar.

A análise proposta neste estudo pode ser recomendada para outros cultivos devido sua robustez e acurácia.

REFERÊNCIAS

CARDOZO; N. P.; SENTELHAS, P. C. Climatic effects on sugarcane ripening under the influence of cultivars and crop age. **Scientia Agricola**, v.70, n.6, p.449-456, 2013.

HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. **A. and F. Meteorology**, v. 103, n. 1-2, p. 137-157, 2000.

JAIN, R., et al. Physiological Changes and Expression of SOD and P5CS Genes in Response to Water Deficit in Sugarcane. **Sugar Tech**, v. 17, n. 3, p.276–282, 2015.

PEREIRA, A.R., et al. Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Ed. Agropecuária. 2002. 478p.

REICHARDT, K. A água: absorção e translocação. In: FERRI, M.G. coord. Fisiologia vegetal. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1985. v.1 Cap.1: p.3-24.

SILVA, L. L., et al. Influência das precipitações na produtividade agrícola no Estado da Paraíba. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.4, p.454–461, 2009.

TEODORO, I., et al. Weather variables, water balance, growth, and agro industrial yield of sugarcane. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p.76-88, 2015.

ÉPOCA DE SEMEADURA DO CONSÓRCIO MILHO E BRAQUIÁRIA NO SUL DE MATO GROSSO DO SUL

Carlos Ricardo Fietz¹, Eder Comunello², Danilton Luiz Flumignan³

¹Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, carlos.fietz@embrapa.br;

²Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS,

eder.comunello@embrapa.br; ³Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, danilton.flugminan@embrapa.br.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi analisar a influência da deficiência hídrica e do risco de geadas no consórcio milho e braquiária na região sul de Mato Grosso do Sul, em três épocas de semeadura (15 de janeiro, 15 de fevereiro e 15 de março). O período preferencial de semeadura do consórcio foi avaliado em 16 safras (2001 a 2016). A deficiência hídrica foi calculada através de um balanço hídrico sequencial diário. A ocorrência de geadas foi definida em função da temperatura mínima do ar. Com base no risco de deficiência hídrica e de ocorrência de geadas, semeaduras do consórcio milho e braquiária na segunda quinzena de fevereiro são mais recomendadas para a região sul de Mato Grosso do Sul.

PALAVRAS-CHAVE: deficiência hídrica, geada, evapotranspiração.

SOWING TIME FOR CORN-BRAQUIARIA INTERCROPPING IN THE SOUTHERN MATO GROSSO DO SUL STATE, BRAZIL

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate the influence of the water deficit and frost occurrence in corn-braquiaria intercropping, at three sowing times (January 15th, February 15th and March 15th). The preferential sowing time was evaluated in 16 harvests (2001 to 2016). The water deficit was calculated through a daily sequential water balance. The frost occurrence was defined based on the minimum air temperature. Based water deficit and frost occurrence risks, corn-braquiaria intercropping in the southern Mato Grosso do Sul should be done in the second fortnight of February.

KEY-WORDS: water deficit, frost, evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

O milho segunda safra, denominado safrinha, é a segunda cultura mais importante de Mato Grosso do Sul, em termos de produção de grãos. A área da safra 2017 superou 1 milhão e 675 mil ha (IBGE, 2017), com a maior parte dessa área cultivada na região sul de Mato Grosso do Sul. Os consórcios que utilizam forrageiras perenes durante o ciclo das culturas anuais vêm ganhando, cada vez mais, importância e espaço na região sul de Mato grosso do Sul. Entre os consórcios, o de milho safrinha com braquiária é o mais utilizado, principalmente por agricultores interessados em produzir palha em sistema plantio direto.

A deficiência hídrica é a principal causa de perdas desse consórcio na região, pois nos meses em que é cultivado, frequentemente, ocorrem veranicos e estiagens. A ocorrência de geadas é outro fator que pode causar grandes prejuízos ao consórcio. Dependendo da intensidade, as geadas podem causar, inclusive, perdas totais das

lavouras. Para reduzir o risco de que a fase crítica do milho ocorra em épocas com maior possibilidade de deficiência hídrica e de geadas, o zoneamento agrícola de risco climático recomenda que as sementeiras do consórcio milho safrinha e braquiária em todo Mato Grosso do Sul sejam realizadas no período de 1º de janeiro a 10 de março (BRASIL, 2012). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a influência da deficiência hídrica e do risco de geadas no consórcio milho e braquiária na região sul de Mato Grosso do Sul, em diferentes épocas de sementeira.

MATERIAL E MÉTODOS

O período preferencial de sementeira do consórcio milho safrinha e braquiária foi avaliado em 16 safras (2001 a 2016), com base na série histórica de dados meteorológicos da Embrapa Agropecuária Oeste, coletados em Dourados, MS. A análise foi realizada para cultivares super precoces (ciclo de 130 dias), em três épocas de sementeira: 15 de janeiro, 15 de fevereiro e 15 março.

A deficiência hídrica do consórcio foi calculada através de um balanço hídrico sequencial diário. Considerou-se os seguintes critérios: (a) evapotranspiração de referência (ET_0), estimada pelo método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998); (b) evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), calculada pelo produto da ET_0 com o coeficiente de cultivo (K_c); (c) K_c de 0,60 na fase inicial, 1,20 na fase reprodutiva e novamente 0,60 na fase final (FIETZ et al., 2015); (d) precipitação efetiva (P_e), estimada pelo método Número da Curva, desenvolvido pelo Soil Conservation Service dos Estados Unidos (FRIZZONE et al.); (e) evapotranspiração real (ET_r), calculada pelo produto de ET_0 com K_c e o coeficiente de estresse hídrico (K_s), estimado pelo método linear; (f) deficiência hídrica, calculada pela diferença entre ET_m e ET_r ; (g) profundidade efetiva de 30 cm nos primeiros 15 dias e, após isso, com crescimento diário linear, até atingir 80 cm, 70 dias após a sementeira; (h) capacidade total de armazenamento de água (CTA) definida com base em curvas de retenção de solos da região, variando em função da profundidade efetiva e (i) havendo excesso hídrico, considerou-se que o solo necessitava de um dia para atingir a capacidade de campo.

A ocorrência e a intensidade das geadas foram definidas em função da temperatura mínima do ar no abrigo meteorológico (T_m), com base no critério apresentado pelo IAPAR (2016), a saber: geada fraca ocorre quando a T_m situa-se entre 3,1 a 4,0°C; geada moderada para valores de T_m entre 1,1 a 3,0°C e geada forte quando a T_m for igual ou abaixo de 1°C. A fase reprodutiva do milho, iniciada 50 dias após a sementeira, com duração de 50 dias, foi considerada como crítica para deficiência hídrica e ocorrência de geadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se comparam sementeiras do consórcio milho e braquiária realizadas em 15 de março e 15 de janeiro, verifica-se que houve redução nos índices de chuva, evapotranspiração de referência (ET_0), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (DH) nas sementeiras mais tardia (Tabela 1). Comparando-se os valores médios de deficiência hídrica do consórcio semeado em 15 de janeiro com o de 15 de março, nota-se que houve redução de 43 mm no intervalo de 60 dias (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de chuva, evapotranspiração de referência (ET_0), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (DH) na fase crítica do milho safrinha (50 dias), em três épocas de semeadura, na região sul de Mato Grosso do Sul, de 2001 a 2016.

Semeadura	Fase crítica	Chuva (mm)	ET_0 (mm)	ET_r (mm)	DH (mm)
15 de janeiro	6 mar a 24 abr	210,6 a	195,7 a	124,4 a	110,5 a
15 de fevereiro	6 abr a 25 mai	180,4 ab	153,9 b	95,9 b	88,8 ab
15 de março	4 mai a 22 jun	146,8 b	128,1 c	85,9 c	67,8 b

Médias seguidas de letras iguais, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Fisher, a 5% de probabilidade.

Os menores índices de ET_0 , ET_r e DH na semeadura de 15 de março, em relação à realizada em 15 de janeiro, podem ser atribuídos à diminuição das médias de temperatura (T) e, principalmente, de radiação líquida (R_n) na fase crítica do milho, que ocorre com o atraso da semeadura (Tabela 2). Apesar da evapotranspiração de referência (ET_0) e da evapotranspiração real (ET_r) diminuírem nas semeaduras de 15 de março em relação às de 15 de fevereiro, não houve redução da deficiência hídrica, quando se comparam as duas épocas de semeadura (Tabela 1). Esse resultado pode ser atribuído ao fato de não haver diminuição dos índices de chuva com o atraso da semeadura. Esses resultados são similares aos obtidos por Fietz et al. (2013) com milho safrinha, que concluíram que semeaduras mais tardias, realizadas na segunda quinzena de fevereiro, reduzem o risco de deficiência hídrica na fase crítica do milho.

Nas semeaduras do consórcio milho e braquiária realizadas em 15 de janeiro, a fase reprodutiva do milho ocorre nos meses de março e abril, período no qual não há registro de ocorrência de geadas na série histórica da Embrapa Agropecuária Oeste (Figura 1). Quando as semeaduras ocorrem em 15 de fevereiro, grande parte da fase crítica do milho ocorre em maio, mês em que há apenas um registro de geada, de intensidade fraca. No entanto, nas semeaduras realizadas em 15 de março parte considerável da fase reprodutiva do milho ocorre em junho, o mês, após julho, com maior ocorrência de geadas na região (FIETZ; FISH. 2008). Como consequência, há 15 registros de geadas na fase crítica do milho, sendo nove de intensidade média ou forte. Os resultados são coerentes com as recomendações do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Brasil, 2016), que estabelece 10 de março como data limite para a semeadura do consórcio milho e braquiária para os municípios da região sul de Mato Grosso do Sul.

Tabela 2. Valores médios de temperatura (T), umidade do ar (UR), velocidade do vento a 2 m (U_2) e radiação líquida (R_n) na fase crítica do milho safrinha, em três épocas de semeadura, na região sul de Mato Grosso do Sul, de 2001 a 2016.

Semeadura	T (°C)	UR (%)	U_2 (m s ⁻¹)	R_n (MJ m ⁻² dia ⁻¹)
15 de janeiro	24,5 a	74 b	1,2 a	10,2 a
15 de fevereiro	21,5 b	75 ab	1,2 a	8,1 b
15 de março	19,3 c	77 a	1,2 a	6,7 c

Médias seguidas de letras iguais, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Fisher, a 5% de probabilidade.

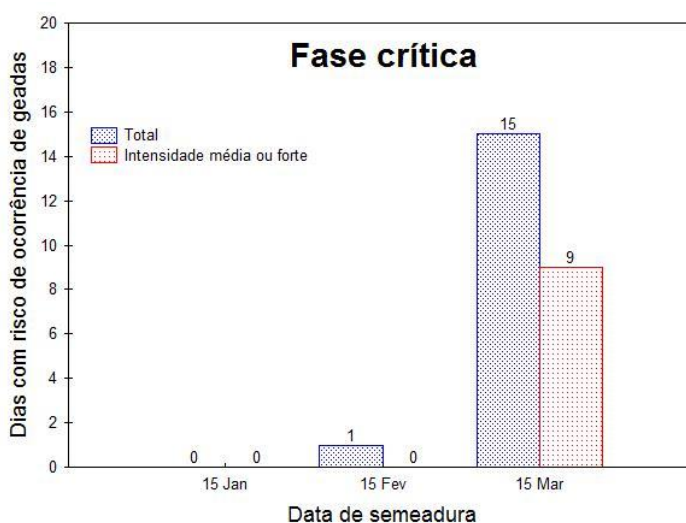


Figura 1. Dias com risco de ocorrência de geadas na fase crítica do milho safrinha na região sul de Mato Grosso do Sul, de 2001 a 2016.

CONCLUSÕES

Semeaduras na segunda quinzena de fevereiro, até a segunda quinzena de março, reduzem o risco de deficiência hídrica do consórcio do milho e braquiária. Para reduzir o risco de geadas, semeaduras em janeiro e fevereiro são as mais indicadas. No entanto, para reduzir o risco desses dois fatores conjuntamente, semeaduras do consórcio milho e braquiária realizadas na segunda quinzena de fevereiro são mais recomendadas para a região sul de Mato Grosso do Sul.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and drainage paper, 56).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mato Grosso do Sul: milho para o Estado do Mato Grosso do Sul, ano safra 2016/2017.** Brasília, DF, 2016.

Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuário/portarias/safra-2016-2017/mato-grosso-do-sul/PORTN152.MILHO1SAFRAMS.rtf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

FIETZ, C. R. et al. **Época de semeadura do milho safrinha, com base na deficiência hídrica e no risco de geada, na região sul de Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 4 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 24).

FIETZ, C. R. et al. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do consórcio milho e braquiária nas condições climáticas de Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 13., 2015, Maringá. **30 anos de inovação em produtividade e qualidade**. Maringá: ABMS, 2015. 1 CD-ROM.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS**. 2. ed. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 92).

FRIZZONE, J. A. et al. Viabilidade de irrigação da cultura de feijão-caupi sob risco climático e econômico. In: FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de (Ed.). **Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte; São Paulo: USP: Unesp; Curitiba: UFPR, 2005. cap. 12, p. 455-569.

IAPAR. **Alerta de geada**. Londrina, [2016]. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo=531.php>>. Acesso em: 5 out. 2015.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. SIDRA. Banco de Tabelas Estatísticas. **Levantamento sistemático da produção agrícola - março 2017**. [Rio de Janeiro], 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/mato-grosso-do-sul>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

ÉPOCA DE SEMEADURA DO CONSÓRCIO MILHO E BRAQUIÁRIA NO SUL DE MATO GROSSO DO SUL

Carlos Ricardo Fietz¹, Eder Comunello², Danilton Luiz Flumignan³

¹Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, carlos.fietz@embrapa.br;

²Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS,

eder.comunello@embrapa.br; ³Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, danilton.flugminan@embrapa.br.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi analisar a influência da deficiência hídrica e do risco de geadas no consórcio milho e braquiária na região sul de Mato Grosso do Sul, em três épocas de semeadura (15 de janeiro, 15 de fevereiro e 15 de março). O período preferencial de semeadura do consórcio foi avaliado em 16 safras (2001 a 2016). A deficiência hídrica foi calculada através de um balanço hídrico sequencial diário. A ocorrência de geadas foi definida em função da temperatura mínima do ar. Com base no risco de deficiência hídrica e de ocorrência de geadas, semeaduras do consórcio milho e braquiária na segunda quinzena de fevereiro são mais recomendadas para a região sul de Mato Grosso do Sul.

PALAVRAS-CHAVE: deficiência hídrica, geada, evapotranspiração.

SOWING TIME FOR CORN-BRAQUIARIA INTERCROPPING IN THE SOUTHERN MATO GROSSO DO SUL STATE, BRAZIL

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate the influence of the water deficit and frost occurrence in corn-braquiaria intercropping, at three sowing times (January 15th, February 15th and March 15th). The preferential sowing time was evaluated in 16 harvests (2001 to 2016). The water deficit was calculated through a daily sequential water balance. The frost occurrence was defined based on the minimum air temperature. Based water deficit and frost occurrence risks, corn-braquiaria intercropping in the southern Mato Grosso do Sul should be done in the second fortnight of February.

KEY-WORDS: water deficit, frost, evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

O milho segunda safra, denominado safrinha, é a segunda cultura mais importante de Mato Grosso do Sul, em termos de produção de grãos. A área da safra 2017 superou 1 milhão e 675 mil ha (IBGE, 2017), com a maior parte dessa área cultivada na região sul de Mato Grosso do Sul. Os consórcios que utilizam forrageiras perenes durante o ciclo das culturas anuais vêm ganhando, cada vez mais, importância e espaço na região sul de Mato grosso do Sul. Entre os consórcios, o de milho safrinha com braquiária é o mais utilizado, principalmente por agricultores interessados em produzir palha em sistema plantio direto.

A deficiência hídrica é a principal causa de perdas desse consórcio na região, pois nos meses em que é cultivado, frequentemente, ocorrem veranicos e estiagens. A ocorrência de geadas é outro fator que pode causar grandes prejuízos ao consórcio. Dependendo da intensidade, as geadas podem causar, inclusive, perdas totais das lavouras. Para reduzir o risco de que a fase crítica do milho ocorra em épocas com maior possibilidade de deficiência hídrica e de geadas, o zoneamento agrícola de risco

climático recomenda que as semeaduras do consórcio milho safrinha e braquiária em todo Mato Grosso do Sul sejam realizadas no período de 1° de janeiro a 10 de março (BRASIL, 2012). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a influência da deficiência hídrica e do risco de geadas no consórcio milho e braquiária na região sul de Mato Grosso do Sul, em diferentes épocas de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

O período preferencial de semeadura do consórcio milho safrinha e braquiária foi avaliado em 16 safras (2001 a 2016), com base na série histórica de dados meteorológicos da Embrapa Agropecuária Oeste, coletados em Dourados, MS. A análise foi realizada para cultivares super precoces (ciclo de 130 dias), em três épocas de semeadura: 15 de janeiro, 15 de fevereiro e 15 março.

A deficiência hídrica do consórcio foi calculada através de um balanço hídrico sequencial diário. Considerou-se os seguintes critérios: (a) evapotranspiração de referência (ET_0), estimada pelo método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998); (b) evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), calculada pelo produto da ET_0 com o coeficiente de cultivo (K_c); (c) K_c de 0,60 na fase inicial, 1,20 na fase reprodutiva e novamente 0,60 na fase final (FIETZ et al., 2015); (d) precipitação efetiva (P_e), estimada pelo método Número da Curva, desenvolvido pelo Soil Conservation Service dos Estados Unidos (FRIZZONE et al.); (e) evapotranspiração real (ET_r), calculada pelo produto de ET_0 com K_c e o coeficiente de estresse hídrico (K_s), estimado pelo método linear; (f) deficiência hídrica, calculada pela diferença entre ET_m e ET_r ; (g) profundidade efetiva de 30 cm nos primeiros 15 dias e, após isso, com crescimento diário linear, até atingir 80 cm, 70 dias após a semeadura; (h) capacidade total de armazenamento de água (CTA) definida com base em curvas de retenção de solos da região, variando em função da profundidade efetiva e (i) havendo excesso hídrico, considerou-se que o solo necessitava de um dia para atingir a capacidade de campo.

A ocorrência e a intensidade das geadas foram definidas em função da temperatura mínima do ar no abrigo meteorológico (T_m), com base no critério apresentado pelo IAPAR (2016), a saber: geada fraca ocorre quando a T_m situa-se entre 3,1 a 4,0°C; geada moderada para valores de T_m entre 1,1 a 3,0°C e geada forte quando a T_m for igual ou abaixo de 1°C. A fase reprodutiva do milho, iniciada 50 dias após a semeadura, com duração de 50 dias, foi considerada como crítica para deficiência hídrica e ocorrência de geadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se comparam semeaduras do consórcio milho e braquiária realizadas em 15 de março e 15 de janeiro, verifica-se que houve redução nos índices de chuva, evapotranspiração de referência (ET_0), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (DH) nas semeaduras mais tardia (Tabela 1). Comparando-se os valores médios de deficiência hídrica do consórcio semeado em 15 de janeiro com o de 15 de março, nota-se que houve redução de 43 mm no intervalo de 60 dias (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de chuva, evapotranspiração de referência (ET_0), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (DH) na fase crítica do milho safrinha (50 dias), em três épocas de semeadura, na região sul de Mato Grosso do Sul, de 2001 a 2016.

Semeadura	Fase crítica	Chuva (mm)	ET_0 (mm)	ET_r (mm)	DH (mm)
15 de janeiro	6 mar a 24 abr	210,6 a	195,7 a	124,4 a	110,5 a
15 de fevereiro	6 abr a 25 mai	180,4 ab	153,9 b	95,9 b	88,8 ab
15 de março	4 mai a 22 jun	146,8 b	128,1 c	85,9 c	67,8 b

Médias seguidas de letras iguais, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Fisher, a 5% de probabilidade.

Os menores índices de ET_0 , ET_r e DH na semeadura de 15 de março, em relação à realizada em 15 de janeiro, podem ser atribuídos à diminuição das médias de temperatura (T) e, principalmente, de radiação líquida (R_n) na fase crítica do milho, que ocorre com o atraso da semeadura (Tabela 2). Apesar da evapotranspiração de referência (ET_0) e da evapotranspiração real (ET_r) diminuírem nas semeaduras de 15 de março em relação às de 15 de fevereiro, não houve redução da deficiência hídrica, quando se comparam as duas épocas de semeadura (Tabela 1). Esse resultado pode ser atribuído ao fato de não haver diminuição dos índices de chuva com o atraso da semeadura. Esses resultados são similares aos obtidos por Fietz et al. (2013) com milho safrinha, que concluíram que semeaduras mais tardias, realizadas na segunda quinzena de fevereiro, reduzem o risco de deficiência hídrica na fase crítica do milho.

Nas semeaduras do consórcio milho e braquiária realizadas em 15 de janeiro, a fase reprodutiva do milho ocorre nos meses de março e abril, período no qual não há registro de ocorrência de geadas na série histórica da Embrapa Agropecuária Oeste (Figura 1). Quando as semeaduras ocorrem em 15 de fevereiro, grande parte da fase crítica do milho ocorre em maio, mês em que há apenas um registro de geada, de intensidade fraca. No entanto, nas semeaduras realizadas em 15 de março parte considerável da fase reprodutiva do milho ocorre em junho, o mês, após julho, com maior ocorrência de geadas na região (FIETZ; FISH. 2008). Como consequência, há 15 registros de geadas na fase crítica do milho, sendo nove de intensidade média ou forte. Os resultados são coerentes com as recomendações do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Brasil, 2016), que estabelece 10 de março como data limite para a semeadura do consórcio milho e braquiária para os municípios da região sul de Mato Grosso do Sul.

Tabela 2. Valores médios de temperatura (T), umidade do ar (UR), velocidade do vento a 2 m (U_2) e radiação líquida (R_n) na fase crítica do milho safrinha, em três épocas de semeadura, na região sul de Mato Grosso do Sul, de 2001 a 2016.

Semeadura	T (°C)	UR (%)	U_2 (m s ⁻¹)	R_n (MJ m ⁻² dia ⁻¹)
15 de janeiro	24,5 a	74 b	1,2 a	10,2 a
15 de fevereiro	21,5 b	75 ab	1,2 a	8,1 b
15 de março	19,3 c	77 a	1,2 a	6,7 c

Médias seguidas de letras iguais, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Fisher, a 5% de probabilidade.

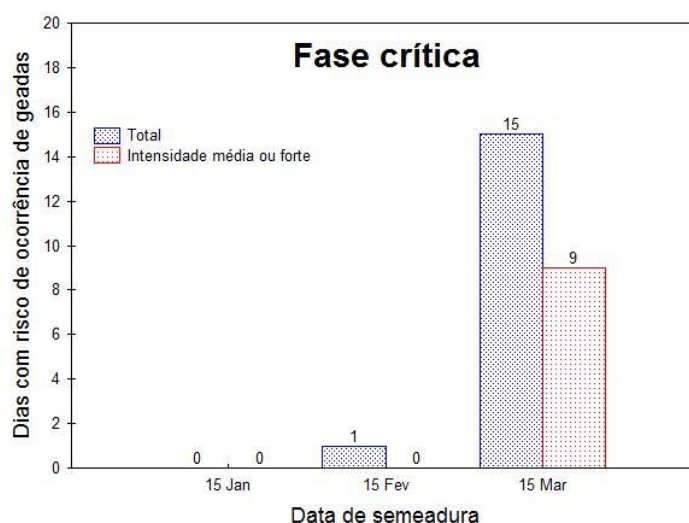


Figura 1. Dias com risco de ocorrência de geadas na fase crítica do milho safrinha na região sul de Mato Grosso do Sul, de 2001 a 2016.

CONCLUSÕES

Semeaduras na segunda quinzena de fevereiro, até a segunda quinzena de março, reduzem o risco de deficiência hídrica do consórcio do milho e braquiária. Para reduzir o risco de geadas, semeaduras em janeiro e fevereiro são as mais indicadas. No entanto, para reduzir o risco desses dois fatores conjuntamente, semeaduras do consórcio milho e braquiária realizadas na segunda quinzena de fevereiro são mais recomendadas para a região sul de Mato Grosso do Sul.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and drainage paper, 56).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mato Grosso do Sul: milho para o Estado do Mato Grosso do Sul, ano safra 2016/2017.** Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/portarias/safra-2016-2017/mato-grosso-do-sul/PORTN152.MILHO1SAFRAMS.rtf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

FIETZ, C. R. et al. **Época de semeadura do milho safrinha, com base na deficiência hídrica e no risco de geada, na região sul de Mato Grosso do Sul.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 4 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 24).

FIETZ, C. R. et al. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do consórcio milho e braquiária nas condições climáticas de Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 13., 2015, Maringá. **30 anos de inovação em produtividade e qualidade.** Maringá: ABMS, 2015. 1 CD-ROM.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS**. 2. ed. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 92).

FRIZZONE, J. A. et al. Viabilidade de irrigação da cultura de feijão-caupi sob risco climático e econômico. In: FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de (Ed.). **Planejamento de irrigação**: análise de decisão de investimento. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte; São Paulo: USP: Unesp; Curitiba: UFPR, 2005. cap. 12, p. 455-569.

IAPAR. **Alerta de geada**. Londrina, [2016]. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo=531.php>>. Acesso em: 5 out. 2015.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. SIDRA. Banco de Tabelas Estatísticas. **Levantamento sistemático da produção agrícola - março 2017**. [Rio de Janeiro], 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/mato-grosso-do-sul>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO: FATORES DE PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DA UFPR EM 2016

Renã Moreira Araújo¹, Ricardo Augusto de Oliveira², Santiago Vianna Cuadra³, Heroldo Weber⁴, Edelclaiton Daros⁵

¹Doutorando do Programa de Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, rena543@gmail.com; ²Professor Adjunto do Programa de Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, rico@ufpr.br; ³Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, santiago.cuadra@embrapa.br; ⁴Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, heroldo@ufpr.br; ⁵Professor Titular do Programa de Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, ededaros@ufpr.br

RESUMO: Devido a influência que o ambiente de produção tem sobre a produtividade da cana-de-açúcar, torna-se necessário estudos que correlacionam os elementos atmosféricos com a planta. Este trabalho teve como objetivo verificar se os elementos meteorológicos temperatura e precipitação foram ou não efetivamente propícios para o bom desenvolvimento e crescimento da cultura de cana-de-açúcar no ano de 2016 na Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná, Paranavaí, Paraná. Os dados de temperatura e precipitação foram comparados com os valores médios de 26 anos, e com os valores exigidos pela cultura. O ano de 2016 apresentou temperaturas abaixo do esperado nos meses mais frios; O déficit hídrico no segundo semestre e o número de vezes de dias consecutivos sem precipitação tornou o manejo da cultura da cana-de-açúcar singular para o ano de 2016 e prejudicou a produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum Officinarium L.*, Normal Climatológica, Déficit Hídrico.

TEMPERATURE AND PRECIPITATION: SUGARCANE PRODUCTIVITY FACTORS ON THE UFPR EXPERIMENTAL STATION IN 2016

ABSTRACT: Due to the influence that the production environment has on the productivity of sugarcane, studies are necessary that correlate the atmospheric elements with the plant. The objective of this work was to determine if the meteorological elements of temperature and precipitation were effective for the good development and growth of the sugarcane crop in 2016 at the Experimental Station of the Federal University of Paraná, Paranavaí, Paraná. The temperature and precipitation data were compared with the mean values of 26 years, and with the values required by the culture. The year of 2016 showed temperatures below the expected in the coldest months; The water deficit in the second semester and the number of consecutive days without precipitation made the management of the sugarcane crop singular for the year 2016 and harmed productivity.

KEY-WORDS: *Saccharum Officinarum L.*, Normal Climatological, Water Deficit.

INTRODUÇÃO

Estudos que avaliam as relações entre o clima e a produtividade e, estudos de zoneamento climático, vêm sendo uma ferramenta para o desenvolvimento agrícola do país (ALMEIDA, 2005; MIERES et al., 2012). No entanto, ainda existe carência de

experimentos que inter-relacionam fatores como clima, solo e variedades com a fenologia da cana-de-açúcar (SUGUITANI, 2006).

Devido a alta influência que o ambiente de produção tem sobre a produtividade da cana-de-açúcar, torna-se necessário estudos que correlacionam os elementos atmosféricos com a planta. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo relacionar os elementos meteorológicos temperatura e precipitação com a cultura de cana-de-açúcar e verificar se as condições destes elementos no ano de 2016 foram ou não efetivamente propícios para a produtividade da cultura, na Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná, onde está localizado experimentos do Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar (PMGCA) da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), na cidade de Paranaíba, Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de temperatura do ar (°C) foram obtidos a partir da estação meteorológica automática modelo Davis Vantage Pro2, situada na Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná, no município de Paranaíba-PR (22° 58' 67"S; 52° 28' 28"L). Os dados de precipitação (mm) foram obtidos até o dia 20 de abril de 2016 da estação automática do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2016). A partir do dia 21 de abril de 2016, os dados foram obtidos do monitoramento de um pluviômetro localizado ao lado da estação meteorológica automática.

Os dados de temperatura do ano de 2016 foram comparados com os valores médios de 26 anos, que chamamos aqui de Normal Climatológica (NC) inferior e superior, medidos entre 1972 a 1998 (IAPAR, 2016). A NC inferior e superior referem-se, respectivamente, ao menor e ao maior valor esperado de temperatura e precipitação baseado nos 26 anos de dados. O comportamento dos elementos meteorológicos foram ainda comparados com os valores exigidos pela cultura da cana-de-açúcar de forma geral, i.e., a primeiro momento não foi considerado uma variedade única, época de plantio e/ou colheita para as análises. Assim, deve-se salientar que os valores nos quais foram utilizados para as análises podem ser diferentes dentre as regiões produtoras de cana-de-açúcar. Num segundo momento, relacionou-se os elementos meteorológicos com a produtividade do experimento FE da Estação Experimental supracitada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o ano de 2016, apenas um mês apresentou temperatura ligeiramente acima da NC (abril), e cinco meses mostraram-se dentro da NC (janeiro, fevereiro, julho, agosto e outubro), como pode ser verificado na Figura 1. Quatro meses apresentaram temperatura média ligeiramente abaixo da NC inferior, i.e., desvio negativo menor que 1 °C abaixo da NC (março, setembro, novembro e dezembro). Dois meses mostraram desvio negativo maior que 1 °C (maio e junho).

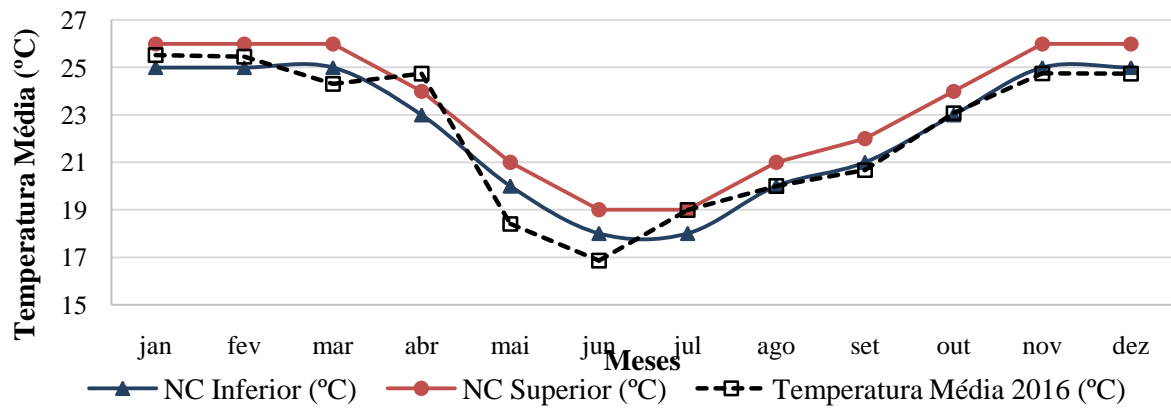


Figura 1. Temperatura média mensal durante o ano de 2016 e temperatura média mensal entre os anos de 1978 à 1998 (NC).

Nota-se que a peculiaridade do ano de 2016 em relação a temperatura média é que o mesmo iniciou o ano com temperaturas praticamente dentro da NC, margeou a NC inferior em março e a superior em abril e, em seguida, caiu bruscamente durante dois meses consecutivos. Entre abril e maio, foi uma queda de 6,32 °C na temperatura média, e de abril a junho foi de 7,88 °C. A diminuição brusca na temperatura pode prejudicar a regulamentação térmica da cultura da cana-de-açúcar, uma vez que a mesma necessitou adaptar-se as baixas temperaturas médias. Segundo Pereira et al. (2002), a temperatura tem efeito na velocidade das reações bioquímicas e dos processos internos de transporte, e influencia vários aspectos da produtividade vegetal, no que diz respeito ao crescimento e desenvolvimento das plantas. A vantagem deste período foi para plantas que estavam entrando na fase de maturação, já que a diminuição da temperatura é benéfica para o acúmulo de sacarose no colmo. A partir de julho, a temperatura média voltou a subir, o que prejudica o acúmulo de sacarose em culturas de cana-de-açúcar de ciclo tardias, colhidas de julho em diante. A média anual da temperatura foi de 22,3 °C.

Observa-se que apenas dois meses choveu o esperado (abril e julho) (Figura 2). O início do ano a precipitação foi superior ao esperado, chovendo aproximadamente 58% acima da NC, tanto em janeiro quanto em fevereiro.

Monteiro (2012) salienta que é relevante a distribuição da chuva e disponibilidade hídrica ao longo do ano e nos estádios fenológicos de crescimento da cultura. A precipitação do ano de 2016, registrou baixos índices no segundo semestre, causando déficit hídrico (Figura 3). Isto ocorreu mesmo com precipitação dentro da NC no mês de julho e precipitação ligeiramente acima da NC em agosto, que são meses caracterizados como meses secos na região. Os meses mais críticos foram setembro e outubro, onde foram registrados, respectivamente 84 e 100% abaixo da NC. Desta forma, o segundo semestre de 2016 foi atípico no quesito chuva, com totais mensais abaixo do esperado, prejudicando plantas na fase de brotação e crescimento vegetativo, que são estádios fenológicos onde a presença de água é importante, dentre outros elementos meteorológicos. Além da necessidade da queda de temperatura para acúmulo de sacarose, o déficit hídrico também é outro elemento atmosférico capaz de causar o mesmo efeito na planta. Como as temperaturas no segundo semestre estavam em elevação, a falta de água pode ter compensado o acúmulo de sacarose nas variedades de ciclo tardio.

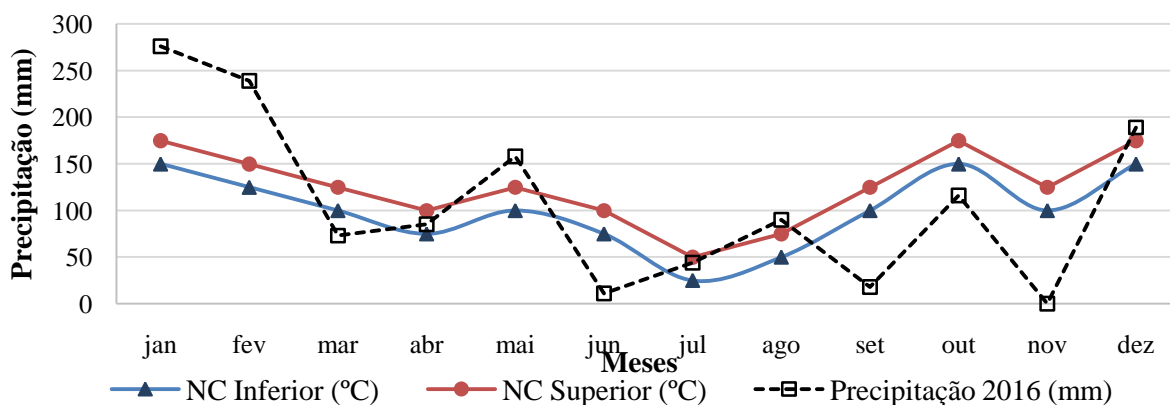


Figura 2. Precipitação mensal acumulada durante o ano de 2016 e precipitação mensal média entre os anos de 1978 à 1998 (NC)

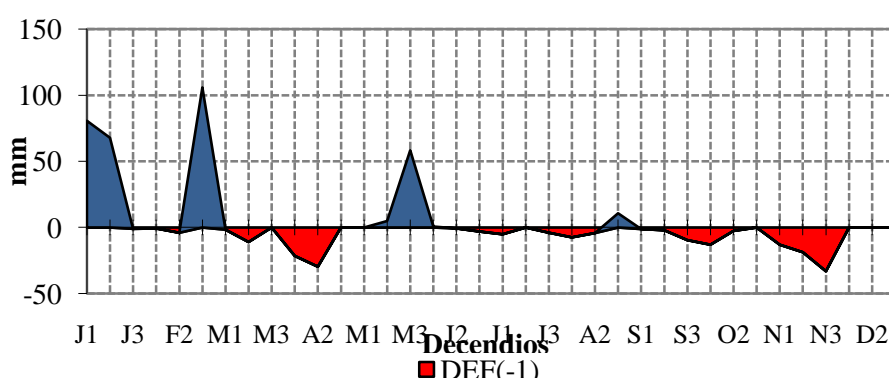


Figura 3. Balanço hídrico do ano de 2016 da Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná. Paranavaí/PR.

O total acumulado de precipitação em 2016 foi de 1264,1 mm, sendo que o esperado é de 1200 a 1500 mm (IAPAR, 2016). Apesar de 2016 ter chovido dentro do esperado, as chuvas foram mau distribuído ao longo do ano como pode ser observado pelos deficits e excessos hídricos da Figura 3. Assim, 2016 foi um ano peculiar para o manejo da cultura da cana-de-açúcar, devido a distribuição irregular das águas principalmente no segundo semestre.

Cinco períodos longos foram os principais responsáveis pelos déficits hídricos: Entre 27 de março à 24 de abril foram 29 dias sem chuva; entre 02 de junho e 14 de julho foram 43 dias sem chuva; de 16 de julho a 21 de agosto foram 12 mm em 36 dias; de 23 de agosto à 13 de outubro foram 52 dias com acumulado de apenas 26 mm; entre 28 de outubro e 2 de dezembro 40 dias não houve o registro de precipitação.

Os talhões da fase experimental da Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná, produziram 107,96 ton ha⁻¹ em média no ano de 2015. No ano de 2016, houve uma queda de 10% na produtividade, resultando em média de 97,21 ton ha⁻¹. Esta diminuição do rendimento da cultura pode ser reflexo das condições meteorológicas desfavoráveis discutidas.

CONCLUSÕES

O ano de 2016 apresentou temperaturas abaixo da Normal Climatológica nos meses mais frios; A precipitação abaixo da NC causou déficit hídrico no segundo semestre e o número de vezes de dias consecutivos sem precipitação tornou o manejo da cultura da cana-de-açúcar singular para o ano de 2016. O impacto das condições

meteorológicas de 2016 resultou em queda de 10% da produtividade da cultura de cana-de-açúcar no local de estudo.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudo. Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Paraná. A Embrapa Clima Temperado e ao Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar e a Rede Interuniversitária para o desenvolvimento do setor sucroenergético .

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. R. **O clima como um dos fatores de expansão da cultura da soja no Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso**. 2005. 119 f. Tese (Doutorado em Geografia).

IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná. Disponível em: <http://www.iapar.br/>. Acesso em: Dez. 2016.

MIERES L. da S.; SALDANHA, C. B.; TSCHIEDEL, A. F.; SALDANHA, R. L.; CARDOSO, M. A. G. Projeções climáticas das alterações da quantidade de água no solo disponível para o cultivo de soja. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, p. 807-818, 2012.

MONTEIRO, L. A. **Modelagem agrometeorológica como base para a definição de ambientes de produção para a cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo**. 2012. 116 p. Dissertação Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

SUGUITANI, C. **Entendendo o crescimento e produção da cana-de-açúcar: avaliação do modelo Mosaic**. 2006. 60 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CRESCIMENTO DO QUIABEIRO SUBMETIDO A REGAS PELO MÉTODO DO TANQUE CLASSE “A” EM AMBIENTE PROTEGIDO

Nierley Teófilo Mateus da Cruz¹, Poliana Rocha D’Almeida Mota², José Walmar Setúbal³, Luzia Danielle de Araujo Santana⁴, Alessandra Chagas e Silva⁵

¹Acadêmico de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, mateusnierley@hotmail.com; ²Doutora, Professora UFPI, Teresina, Piauí, poliana@ufpi.edu.br; ³Doutor, Professor UFPI, Teresina, Piauí, jwalmarsetubal@uol.com.br; ⁴Acadêmica Engenharia Agrônômica UFPI, Teresina, Piauí, luziatatz@gmail.com; ⁵Acadêmica Engenharia Agrônômica UFPI, Teresina, Piauí, allesandra15@hotmail.com

RESUMO: Foi realizado um estudo onde se objetivou avaliar o crescimento do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*), variedade Santa Cruz 47, cultivado em vasos de 8 L, no interior de ambiente protegido, até 74 dia após sementeira (DAS), estágio vegetativo, tendo sido a cultura submetida a cinco lâminas de irrigação (25, 50, 75, 100 e 125 %) em dias alternados, em função da evaporação do Tanque Classe “A”. A lâmina de 100% de evaporação demonstrou melhor desempenho para o desenvolvimento das plantas nos parâmetros avaliados emergência, comprimento do caule, diâmetro do coleto e área foliar; onde nesses, havendo significância de 1% pelo teste de regressão linear; porém, para o parâmetro germinação, nenhuma das lâminas apresentou efeito significativo, não diferindo entre si ao nível de 5% pelo teste de regressão linear.

PALAVRAS-CHAVE: *Abelmoschus esculentus*, agrometeorologia, manejo de água.

OKRA GROWTH IRRIGATION SUBJECTED TO THE METHOD TANK CLASS "A" IN A PROTECTED ENVIRONMENT

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the growth of okra (*Abelmoschus esculentus*), Santa Cruz variety 47, cultivated in 8 - L pots, within a protected environment, until 74 days after sowing (DAS), at the vegetative stage. (25, 50, 75, 100 and 125%) on alternate days as a function of the evaporation of Class "A" tank. The 100% evaporation slide demonstrated better performance for the development of the plants in the parameters evaluated emergence, stem length, collection diameter and leaf area; Where in these, with significance of 1% by the linear regression test; However, for the germination parameter, none of the slides presented a significant effect, not differing at 5% level by the linear regression test.

KEY-WORDS: *Abelmoschus esculentus*, agrometeorology, water management.

INTRODUÇÃO

O quiabo (*Abelmoschus esculentus*), pertencente à Família das Malváceas, é uma hortaliça originária da África, e foi introduzida no Brasil pelos escravos africanos (CASTRO, 2005). Seu estágio vegetativo vai de 0 a 64 dias após a sementeira (DAS) (GALATI, 2010).

Das práticas agrícolas que visam o desenvolvimento desta cultura, a irrigação pode ser um fator determinante. É preciso manter adequadas as condições de umidade do solo, a frequência e a quantidade de água, ambiente e fases das plantas. O excesso de

água provoca a erosão e lixiviação dos nutrientes, mas a sua falta diminui o desenvolvimento das mesmas, prejudicando a qualidade do produto e acelerando sua maturação (MAKISHIMA, 1993).

MEDEIROS et al. (2013), afirmam que o manejo de irrigação tem como finalidade a promoção do uso racional da água no setor agrícola, permitindo assim uma maior eficiência no consumo de água e a sustentabilidade econômica, social e ambiental da prática.

A pesquisa teve como objetivo avaliar a lâmina de água determinada a partir da evaporação do Tanque Classe "A" que proporcionou durante o estágio vegetativo o melhor desenvolvimento do quiabeiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Agrícola e Solos (DEAS), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), município de Teresina, Estado do Piauí, Brasil, localizado a 5° 02' 36,61" de latitude Sul e 42° 46' 57,08" de longitude Oeste, 76 metros acima do nível do mar.

A condução do experimento se deu em duas etapas. A primeira consistiu em determinar a capacidade de campo (CC) do substrato no Laboratório de Água (LAG) do DEAS. Tal prática foi realizada em vaso plástico com volume de 8 L, onde o mesmo teve seus orifícios de drenagem tamponados com algodão, de modo a evitar lixiviação do substrato sendo sua composição palha de carnaúba, capim/folha, esterco animal e farelo de cana.

Adicionou-se 8 L de água, gradativamente por um período 20 minutos, e o líquido drenado foi coletado num barrilete de 20 L. O volume retido ao final da análise foi de 1,34 L de água. Assim, no dia da semeadura, foi aplicada essa quantidade de água por unidade experimental, para iniciar a condução do experimento com o substrato em CC.

O delineamento experimental escolhido foi inteiramente casualizado (DIC), constituído de cinco tratamentos e oito repetições. Cada tratamento sob um regime hídrico: 25, 50, 75, 100 e 125 % da lâmina de irrigação, em função da evaporação do Tanque Classe "A" (ECA).

A segunda etapa iniciou-se com a implantação do experimento em estufa agrícola, dimensões de 7,0 m de largura por 21,0 m de comprimento e 4,0 m de pé direito; constituída de tela anti-afídeos nas laterais, teto em lona plástica transparente e aluminet internamente, sentido Norte-Sul, com amplitude térmica média de 19,75 °C.

No dia 08/02/2017 duas sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus*), variedade Santa Cruz 47, foram lançadas por vaso, numa profundidade de aproximadamente 5 cm. À medida que foram germinando, a menos vigorosa foi desbastada, permanecendo uma planta por unidade experimental. Os vasos foram colocados sobre uma bancada e ao lado desta, instalado um Tanque Classe "A".

Foi realizada diariamente às 9 h a medida da evaporação de água do Tanque Classe "A" com o auxílio de um parafuso micrométrico e um poço tranquilizador. Os resultados foram tabulados numa planilha automatizada do programa Microsoft Office Excel[®] versão 2010. O valor obtido foi subtraído da leitura do tanque do dia anterior, sendo essa diferença anterior, a ECA. Assim, calculada multiplicando aos valores referentes a cada tratamento (25, 50, 75, 100 e 125%, respectivamente). As regas ocorreram em dias alternados (segunda, quarta e sexta-feira).

Os seguintes parâmetros de crescimento da cultura foram determinados, a cada quatro dias:

- Emergência (germinação) - registrada no dia em que a mesma ocorreu, e contabilizada em DAS.
- Comprimento do caule - realizado pela medida do coleto até a última inserção foliar, com auxílio de uma trena, em cm.
- Diâmetro do caule à altura do coleto - medido com auxílio de paquímetro, em cm.
- Área foliar (AF) - medidas do comprimento pela largura da folha, com auxílio de uma trena, três folhas por planta, em cm².

Para análise estatística dos parâmetros acima citados, foi realizada análise de variância (ANOVA) e teste de regressão linear, com o uso dos programas Assistat[®] Versão 7.7, para germinação e SAEG[®], para os demais parâmetros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão apresentados os dados da análise de variância realizada com base nos dados médios obtidos através valores coletados a cada quatro dias.

Tabela 3. Análise de variância para os parâmetros germinação (G), comprimento de caule (CC), diâmetro de coleto (DC) e área foliar (AF), Teresina, PI.

	FV	GL	SQ	QM	F	Sign. (%)	CV
G	Tratam.	4	142.00000	35.50000	3.5298	ñ.s	42.28
	Resíduo	35	352.00000	10.05714			
CC	Tratam.	4	2497.531	624.3827	20.136	1	9.776
	Resíduo	35	1085.303	31.00867			
DC	Tratam.	4	1.700875	0.425218	25.305	1	8.909
	Resíduo	35	0.5881250	0.1680327E-01			
AF	Tratam.	4	105763.3	26440.82	4.614	1	23.401
	Resíduo	35	200551.5	5730.042			

Em média a emergência deu-se aos 7 DAS para T1 e T4; 8 DAS T3 e T5; e 13 DAS para T2. A Figura 1 mostra que, não houve significância ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de regressão linear.

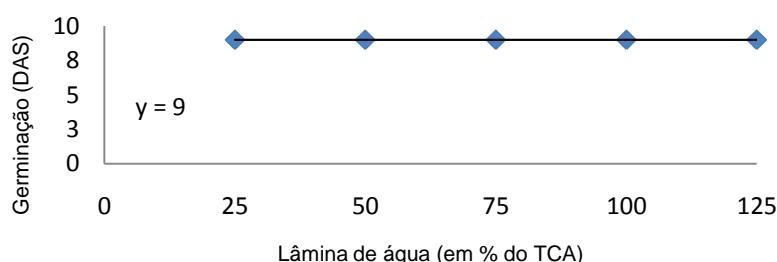


Figura 1. Germinação da cultura do quiabeiro, em DAS, Teresina-PI.

Para comprimento de caule (CC), diâmetro de coleto (DC) e área foliar (AF), houve significância ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de regressão linear e coeficientes de determinação de 0,92; 0,92 e 0,87; respectivamente, como mostram as Figuras 2, 3 e 4.

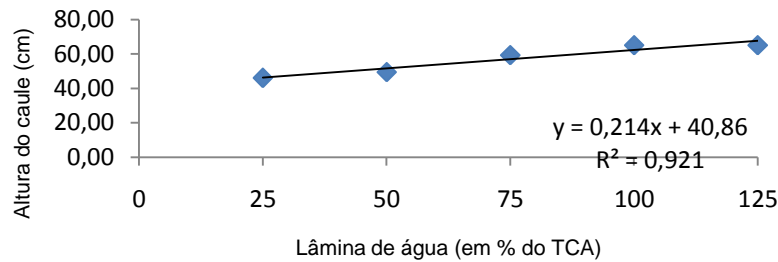


Figura 2. Altura média do caule do quiabeiro em função das lâminas de água aplicadas (em % do TCA), Teresina-PI.

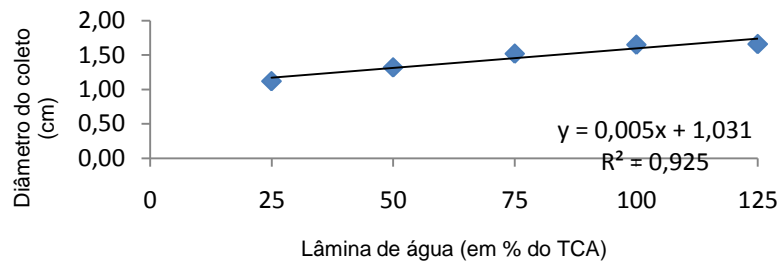


Figura 3. Diâmetro médio do caule do quiabeiro em função das lâminas de água aplicadas (em % do TCA) em cada tratamento, Teresina-PI.

Para CC e DC (a 5 cm do solo) na cultura do quiabeiro, COSTA (2014), observou por meio de modelo matemático quadrático, coeficiente de 0,99.

Para AF, PEGORARE et al. (2007), observaram no milho “safrinha” quando submetido a irrigação suplementar à perda d’água por evapotranspiração, teve aumento da área foliar sempre que ocorreu incremento da lâmina aplicada. Por análise de regressão, este parâmetro apresentou coeficiente de 0,84.

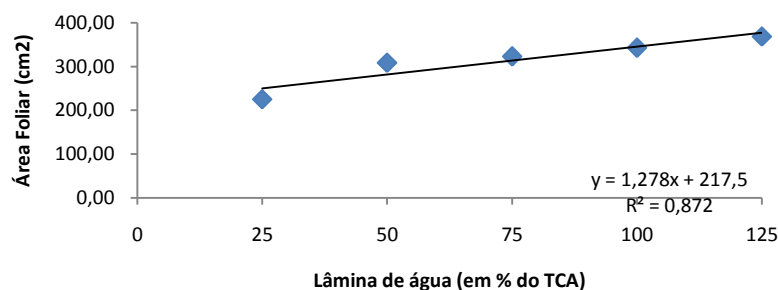


Figura 4 Área foliar média do quiabeiro em função das lâminas de água aplicadas (em % do TCA) , Teresina-PI.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o tratamento 4 (100% de reposição de água em função da evaporação do Tanque Classe “A”) obteve melhor desenvolvimento durante o estágio vegetativo.

REFERÊNCIAS

CASTRO, M. M. **Qualidade fisiológica de sementes de quiabeiro em função da idade e do repouso pós-colheita dos frutos**. 2005. 43 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2005.

COSTA, R. A. **Cultura do quiabo submetida a lâminas de irrigação por gotejamento em função da Evaporação em Tanque Classe A**. 2014. 53 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) Universidade Estadual Paulista – UNESP – Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, Botucatu, 2014.

GALATI, V. C. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em quiabeiro Santa Cruz 47**. 2010, 37 f. Dissertação (Mestrado). Jaboticabal: UNESP. 2010.

MAKISHIMA, N. **O cultivo de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ: EMBRAPA-SPI, 1993. 116 p. (Coleção Plantar; 4).

MEDEIROS, S. de S.; REIS, C.F.; JÚNIOR, J. A. S.; KLEIN, M. R.; RIBEIRO, M. D.; SZEKUT, F. D.; SANTOS, D. B. dos.; **CARTILHA 2013: Manejo de irrigação utilizando Tanque Classe “A”** – Instituto Nacional do Semiárido, 2013.

PEGORARE, A.B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S.B.; SOUZA, L.C. F.; FIETZ, C.R.; **Irrigação suplementar no ciclo do milho “safrinha” sob plantio direto**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v. 13, n. 3, p.262-271, 2009.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS DE PRECIPITAÇÃO OBSERVADOS (SUPERFÍCIE) E ESTIMADOS PELO SATÉLITE TRMM EM ITAÍ-SP¹

Maria Carolina Melo Sciencia², Alexandre Ortega Gonçalves³,
Ricardo de O. Figueiredo⁴, Fabio Ricardo Marin⁵.

¹Projeto financiado com recursos do convênio Embrapa/Itaipu 02.12.12.004.00.00; ²Graduanda em Engenharia Agrônoma, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, maria.sciencia@usp.br; ³ Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, alexandre.ortega@embrapa.br;

⁴ Pesquisador DSc, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP; ⁵Professor Associado do Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, fabio.marin@usp.br.

RESUMO: O uso de dados de precipitação pluviométrica estimados por satélites espectrais tem contribuindo para ampliar a cobertura e suprir a falta de dados climatológicos medidos em terra. Assim se espera que na ausência de dados de estações ou postos pluviométricos em superfície, os dados de precipitação pluvial estimados pelo satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) possam ser utilizados. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise comparativa entre os valores medidos de precipitação pluvial em superfície e aqueles estimados pelo satélite TRMM para uma microbacia hidrográfica no município de Itaipu, região do Alto Paranapanema, nas escalas diária, pentadiária, semanal, decendial e mensal, entre setembro de 2015 e março de 2016. As análises mostram uma baixa eficiência da estimativa dos valores diários, pentadiários, semanais, decendiais e mensal. Os resultados obtidos foram satisfatórios, mostrando que as estimativas de precipitação mediante a utilização do satélite TRMM podem ser uma fonte alternativa de dados quando não se dispõe de informações de estações de superfície.

PALAVRAS-CHAVE: Agrometeorologia, dados espectrais, Agritempo

RAINFALL DATA COMPARATIVE ANALYSIS: OBSERVED (SURFACE) AND ESTIMATED BY THE TRMM SATELLITE IN ITAÍ-SP

ABSTRACT: Rainfall data estimated by spectral satellites has contributed to increase surface meteorological data available. Thus, expected that in case of rainfall data or weather stations absence on the surface, the rainfall data estimated by the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM Satellite) can be used. The objective of this work was to perform a comparative analysis between surface rainfall measured and those estimated by the TRMM satellite for a catchment basin in Itaipu municipality, region also known as Alto Paranapanema, within five time-steps arrangements: daily, five days, weekly, decendial and monthly, September, 2015 to November, 2016. Data analyses show a low efficiency of estimation of daily values and satisfactory estimation on five days, weekly, decendial and monthly. The results were satisfactory, showing that

rainfall estimates using the TRMM satellite can be an alternative source of data when there is no information from surface stations.

KEYWORDS: Rainfall, spectral data.

INTRODUÇÃO

Dentre os elementos do clima, a precipitação pluvial é o que mais influencia a produtividade agrícola (ORTOLANI & CAMARGO, 1987), principalmente nas regiões tropicais, onde o regime de chuvas é caracterizado por eventos de curta duração e alta intensidade (SANTANA *et al.* 2007).

Nos últimos anos têm se observado considerável crescimento na utilização de sensoriamento remoto para estimativa de precipitação pluvial, ampliando assim a quantidade de dados disponíveis para uma determinada região. (SILVA *et al.*, 2013).

O satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), está em órbita terrestre desde novembro de 1997, em uma parceria entre a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e a JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*), com objetivo específico de monitorar e estudar a precipitação nas áreas tropicais (COLLISCHONN *et al.*, 2007, SILVA, 2013).

De acordo com dados do IBGE, em 2015, os municípios de Itai e Paranapanema, se somado as produções, respondiam como 3º maior produtor de grãos do Estado de São Paulo e de acordo com Laudau *et al.* (2014), Itai é o município com maior área ocupada por pivô centrais, com cerca de 13.840 ha.

Estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas devem levar em consideração as restrições relacionadas com a disponibilidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas, considerando o manejo integrado das bacias hidrográficas de interesse.

Vários estudos foram realizados nas últimas duas décadas com os dados oriundos do satélite TRMM, como: Short *et al.* (2000); Cage *et al.* (2002); Lyu *et al.* (2003); Collischonn *et al.* (2006), Collischonn (2001, 2006); Fisch *et al.* (2007); Nobrega (2008); Dubreuil *et al.* (2007); Garcia *et al.* (2009); Leivas *et al.* (2009) e Bardin *et al.* (2010) e Silva *et al.* (2013).

Porém os dados estimados devem ser confrontados com valores observados. Vários índices podem ser utilizados para auxiliar a interpretação dos resultados e descrever quantitativamente a precisão dos resultados, como o coeficiente de eficiência de Nash e Sutcliffe (NASH & SUTCLIFFE, 1970 citado por KRAUSE *et al.*, 2005), Willmot (WILLMOTT, 1985) e a raiz do erro médio quadrático (RMSE).

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo encontra-se a sudoeste do estado de São Paulo entre os quadrantes de coordenadas geográficas -23,246 a -23,703 de latitude e -49,224 a -48.825 de longitude (Figura 1).

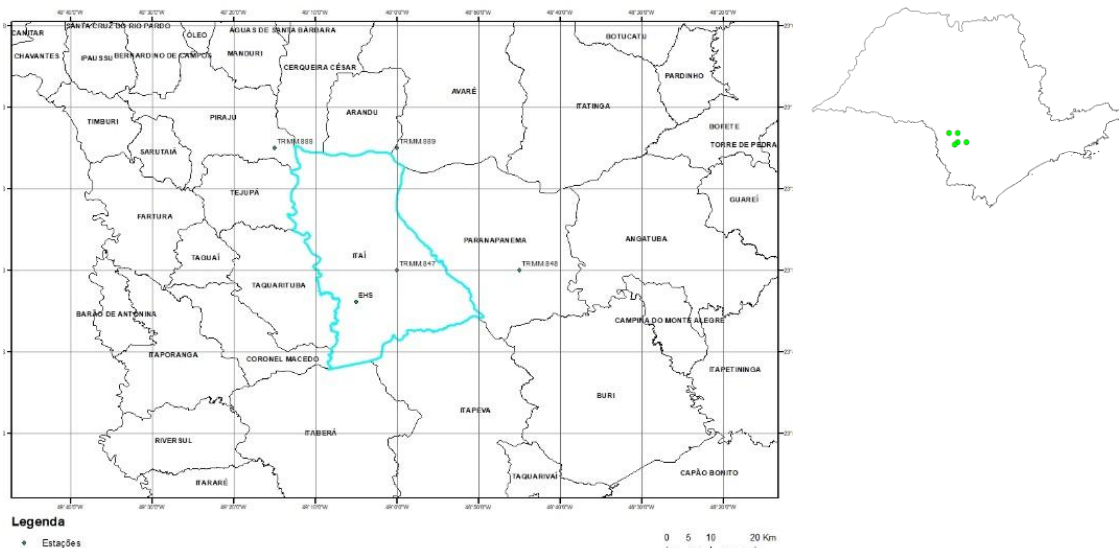


Figura 1: Localização da área de estudo.

No município de Itaipava, o clima, segundo a classificação Köppen, é considerado como tipo Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno. É caracterizado por apresentar temperatura média anual de 20,9°C, oscilando entre mínima média de 14,7°C e máxima média de 27,2°C. A precipitação média anual é de 1.346,2 mm. (SÃO PAULO, 2014)

Os dados referentes à precipitação pluvial foram obtidos pelo sensor PR (radar de precipitação) do satélite TRMM, e também por meio de estação de monitoramento ambiental baseada em sistema de aquisição de dados modelo CR1000 (Campbell Scientific Inc) e pluviômetro para chuvas de alta intensidade modelo TB4 (Hydrological Services) com resolução de 0,25 mm que servem ao projeto “Aprimoramento de Processos para a Qualificação do Manejo de Terras no Centro-Sul do Brasil – Rede Solo Vivo” instalada nas seguintes coordenadas geográficas -23,564671° de latitude e -49,083073° de longitude.

Os dados em superfície eram medidos no intervalo de 5 minutos e após a coleta foram agrupados em somatórios diários, pentadiários (intervalo de 5 dias), semanais, decendiais e mensais.

Os dados de precipitação pluvial para o município de Itaipava pelo TRMM, foram obtidos no sistema Agritempo (AGRITEMPO, 2017), conforma Tabela 1.

Tabela 1. Localização e distribuição das estações utilizadas no estudo.

	COD					ALT.
ESTACÃO	ESTACÃO	MUNIC.	COD_MUN	LAT*.	LONG*.	(m)
TRMM.889	9007253	Itaipava	3521804	-23,25	-49,00	563
TRMM.888	9002117	Itaipava	3521804	-23,25	-49,25	558
TRMM.847	9001856	Itaipava	3521804	-23,50	-49,00	752
EHS		Itaipava		-23,56467	-49,08307	624

*Em graus decimais.

Nas análises comparativas foram utilizados os dados da estação TRMM mais próxima ao ponto de monitoramento em superfície - que foi a TRMM.847, distantes 11

quilômetros entre si, para o período compreendido entre setembro de 2015 e novembro de 2016.

Por meio de análise de regressão linear avaliou-se a correlação entre os dados estimados pelo satélite TRMM com dados observados na estação em superfície (EHS_1), e também foram utilizados os indicadores estatísticos: coeficiente de determinação (r^2), que indica o quanto da variável dependente foi explicado pela variável independente, o índice de concordância “d” (WILLMOTT *et al.*, 1985), para avaliar o ajuste do modelo em relação aos dados observados, a raiz do erro quadrático médio (RMSE) e o índice de Nash e Sutcliffe (NS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras de 2 a 5 é possível observar a variação dos valores acumulados de precipitação pluvial nas periodicidades pentadiária, semanal, decendial e mensal.

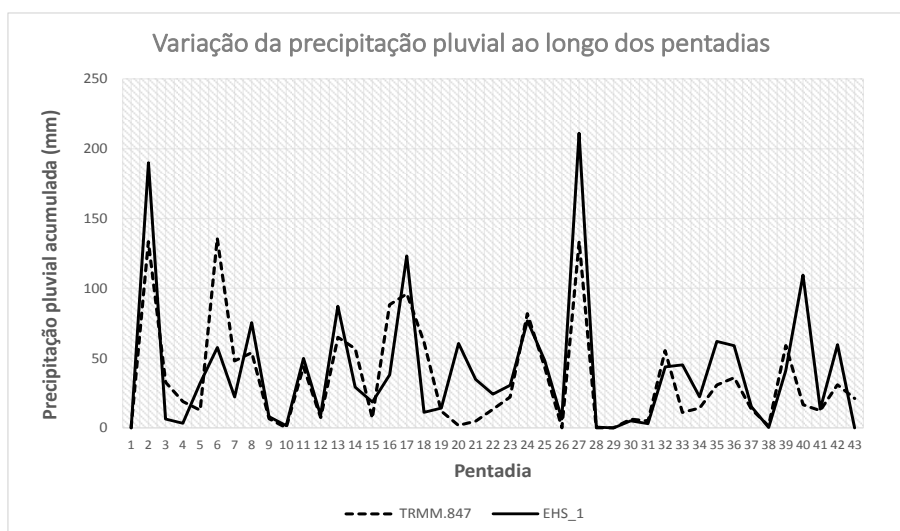


Figura 2. Variação pentadiária da precipitação pluvial medida em superfície e estimada pelo satélite TRMM.

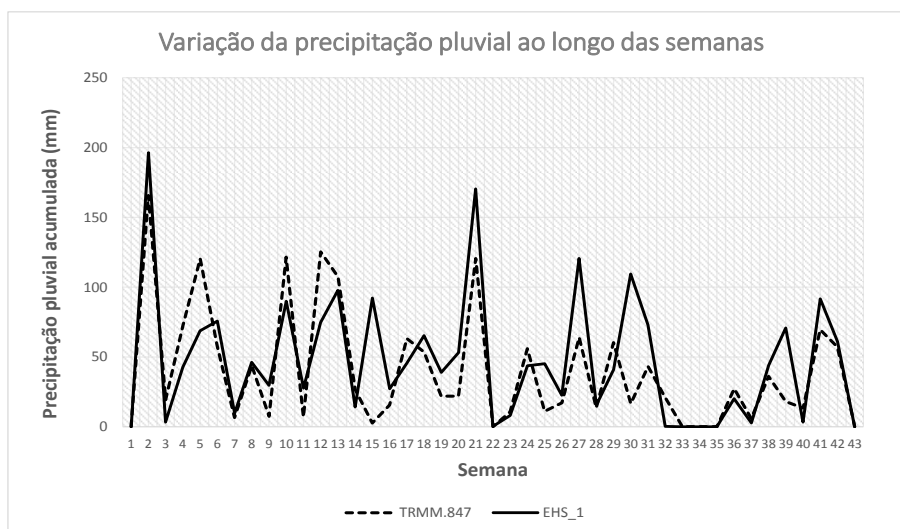


Figura 3. Variação semanal da precipitação pluvial medida em superfície e estimada

pelo satélite TRMM.

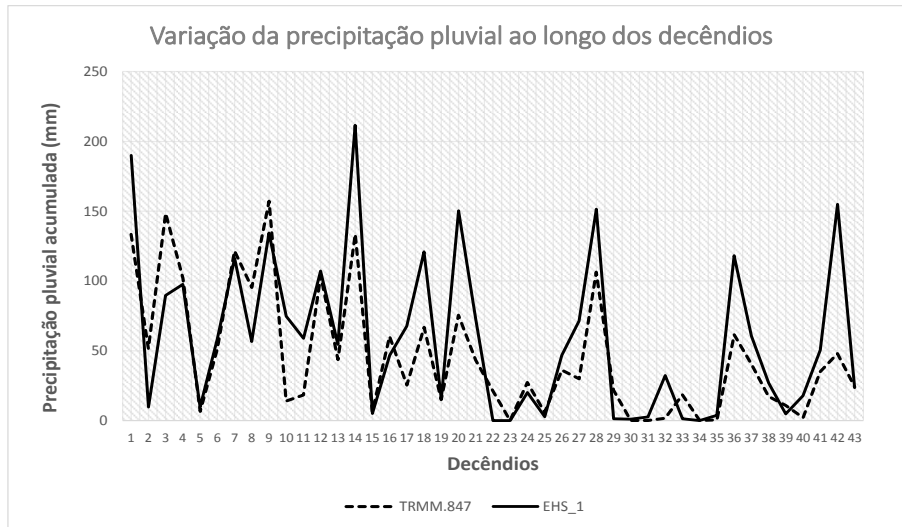


Figura 4. Variação decenal da precipitação pluvial medida em superfície e estimada pelo satélite TRMM.

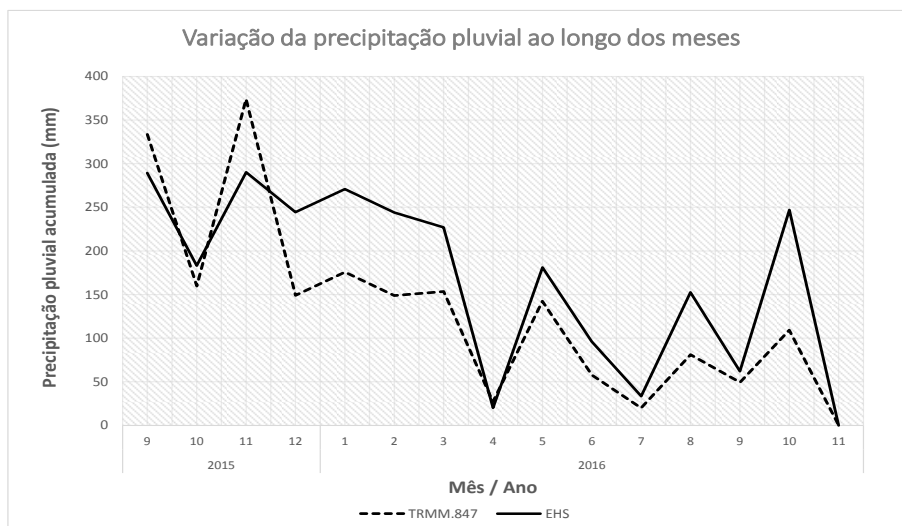


Figura 5. Variação mensal da precipitação pluvial medida em superfície e estimada pelo satélite TRMM.

Se observa graficamente comportamentos similares entre as variações dos dados medidos em superfície e aqueles estimados pelo satélite TRMM.

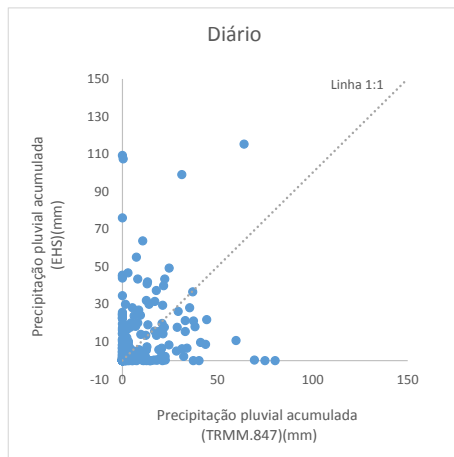
Observa-se, ainda, que o dado de precipitação estimado pelo TRMM tem boa acurácia em relação ao dado medido, apesar de ser evidenciado alguns picos, onde satélite superestimou e outros onde foi observado subestimativa.

Tal comportamento também foi evidenciado por Leiva *et al.* (2009). Os autores explicam que essa diferença entre as curvas pode ser devida à variabilidade espacial das

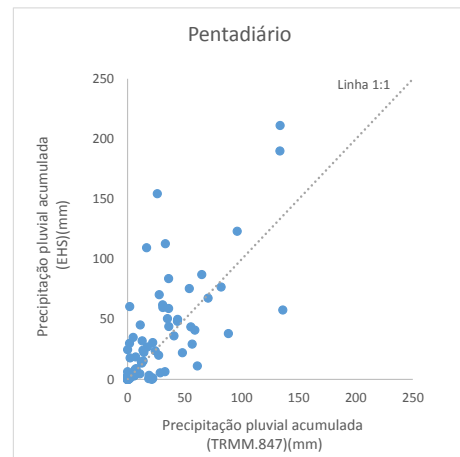
chuvas e/ou erros instrumentais ou ainda podem ser inerentes da resolução do dado (0,25°).

Ali *et al.* (2003) constataram que medidas pontuais da Amazônia podem provocar incertezas quando extrapoladas para valores de área, devido à variabilidade espacial inerente de chuvas convectivas.

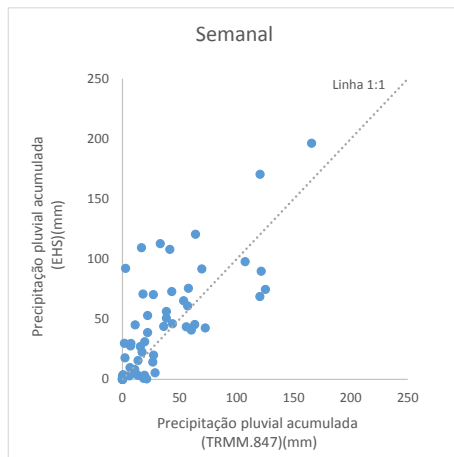
Porém ao se analisar a relação entre os dados (Figura 6) é possível verificar que se distanciam muito da linha 1:1, o que mostra uma correlação não muito satisfatória entre eles.



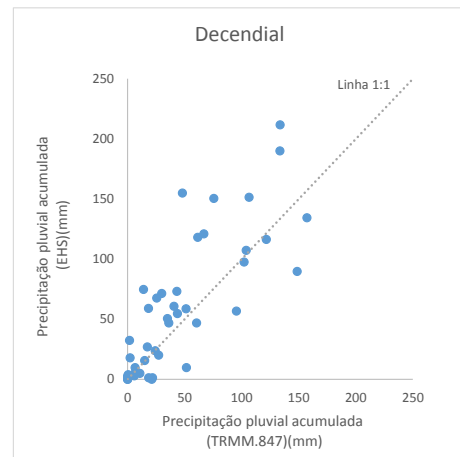
(a)



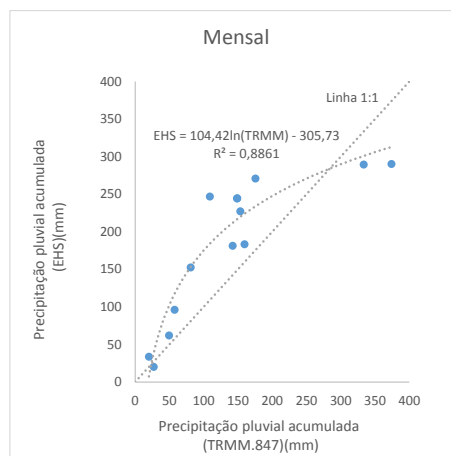
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 6. Correlação entre os dados medidos em superfície e os dados estimados pelo satélite TRMM nas escalas diária (a), pentadiária (b), semanal (c), decencial (d) e mensal (e).

Verificando as figuras é possível notar que o satélite tendeu a subestimar chuvas de grande intensidade medidas em superfície ao passo que superestimou os valores quando chuvas de baixa intensidade foram registradas em superfície, em especial se tratando de dados diários. Desta maneira isto acabou por impactar os resultados dos índices de desempenho em geral.

Não se esperavam variações desta magnitude no modelo para os dados diários, visto que a estação em superfície dista apenas 11 quilômetros do ponto estimado pelo TRMM.

Como ilustração tomemos como base o mês de janeiro de 2016, onde em um único dia houve precipitação pluvial de quase 100 mm.

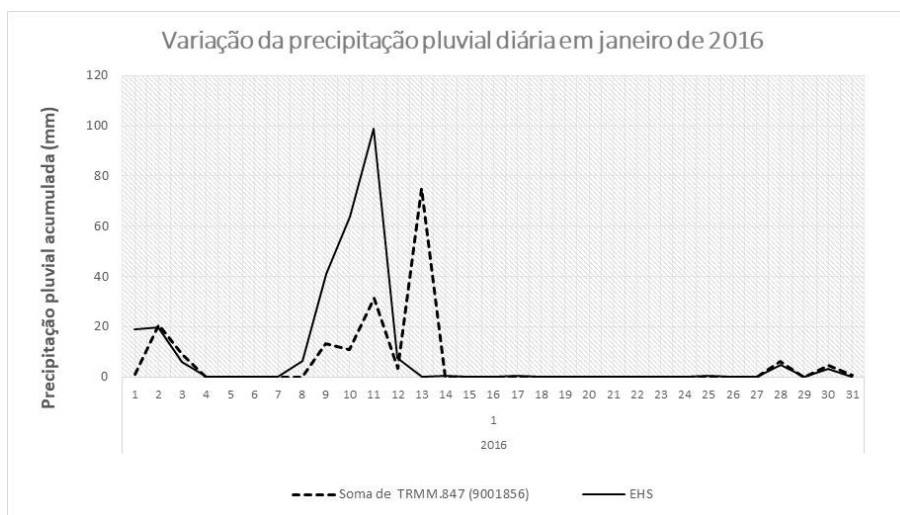


Figura 7. Precipitação pluvial observada em superfície e estimada pelo satélite TRMM no mês de janeiro de 2016.

Nesta ocasião, tomando como base o ocorrido no dia 11/01, o dado do satélite TRMM subestimou o valor e no dia 13 o superestimou (quando a estação em superfície registrou 0 mm). Estas variações são diluídas quando se utiliza os dados mensais gerados a partir do satélite e impacta negativamente o desempenho dos dados diários.

Em outros períodos tal comportamento também se repetiu, sempre quando houve ocorrência de chuvas intensas, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 2. Registros de chuvas com intensidade superior a 40 mm.dia⁻¹ registrados na EHS_1 em comparação com os dados estimados pelo satélite TRMM.

DATA	TRMM.847 (9001856)	EHS_1
08/09/2015	63,96	115,3
10/09/2015	0,0	43,9
09/10/2015	24,6	49,3
09/12/2015	0,0	45,5
09/01/2016	13,08	40,9
10/01/2016	10,74	63,8
11/01/2016	31,23	99,1
10/02/2016	0,0	45,0
21/02/2016	7,38	55,1
15/03/2016	0,0	109,2
25/03/2016	8,07	43,4
06/06/2016	13,2	41,9
20/08/2016	0,0	75,9
13/10/2016	22,26	43,4
20/10/2016	0,42	107,4
24/10/2016	2,97	46,7

E da mesma maneira houveram situações em que o satélite TRMM estimara chuvas com intensidade superior a 40 mm.dia⁻¹ enquanto que a estação em superfície pouco ou nada registrara (Tabela 2).

Tabela 3. Registros de chuvas com intensidade superior a 40 mm.dia⁻¹ estimados pelo satélite TRMM em comparação com os dados registrados na EHS_1.

DATA	TRMM.847 (9001856)	EHS_1
08/09/2015	63,96	115,3
09/09/2015	69,48	0,3
26/09/2015	59,76	10,7
03/10/2015	44,31	21,8
15/11/2015	80,28	0,0
26/12/2015	41,16	9,7
13/01/2016	75	0,0
06/02/2016	40,32	0,0
31/05/2016	43,8	8,6

Na Tabela 3, são mostrados, resumidamente, de forma quantitativa as relações entre os dados observados e os estimados para o município estudado. Foram observados valores de “d”, “NS”, “r”, “R²” e “RMSE”, no período de outubro de 2015 a novembro de 2016.

Tabela 4. Índices de desempenho de modelos.

Índices	Diário	Pentadiário	Semanal	Decendial	Mensal
----------------	---------------	--------------------	----------------	------------------	---------------

d	0,530	0,823	0,858	0,868	0,869
NS	-0,110	0,513	0,534	0,598	0,400
r	0,311	0,733	0,765	0,807	0,820
r²*	0,096	0,537	0,585	0,651	0,672
RMSE	15,46	29,24	29,76	35,83	70,52

Os melhores índices de desempenho de modelo “d” e “NS” para a microbacia em estudo, foram obtidos quando se utilizou a periodicidade decenal. Já os menores foram obtidos para a periodicidade diária.

Fato interessante ocorreu da relação entre dado medido em superfície e por satélite quando se utilizou a periodicidade mensal. Se notou que o melhor ajuste da “reta” de regressão se deu ao utilizar uma relação logarítmica entre eles (Figura 6e). Ao passo que do ajuste linear resultou um r^2 de 0,67, quando logarítmico o valor subiu para 0,88.

Silva *et al.* (2013), ao estudar a relação entre os dados medidos e estimados pelo TRMM, na região de Cândido Mota, obtiveram bons resultados utilizando o índice “d” que variaram entre 0,80 e 0,92, demonstrando ótimo desempenho dos dados analisados.

Nóbrega (2008) ao utilizar-se de dados estimados do satélite TRMM, em uma Sub-Bacia no Amazonas, obteve bons resultados entre os dados de precipitação observados e do TRMM.

De acordo com Collischonn (2001) o valor de NS pode variar de negativo infinito até 1, o ajuste perfeito; adequado, se superior a 0,75; e aceitável, se entre 0,36 e 0,75. No caso em estudo se mostrou aceitável na maioria das periodicidades e sem ajuste na periodicidade diária.

Barrera (2005), afirma que em função de ser o satélite melhor equipado em termos de instrumentos para estimativa de precipitação, o satélite TRMM fornece estimativas mais precisas do que as técnicas indiretas, baseadas em imagens de outros satélites. As estimativas de precipitação oriundas do TRMM são consistentes, mostrando boa acurácia com o regime pluviométrico registrados em superfície, podendo afirmar que dados de satélite são uma alternativa para obtenção de dados de superfície (LEIVAS *et al.*, 2009).

CONCLUSÕES

O satélite TRMM estimou de forma satisfatória a precipitação pluvial em relação aos dados registrados pela estação em superfície, apresentando valores de índice “d” de Wilmott variando de 0,53 a 0,87;

Os valores de r^2 obtidos ficaram entre 0,53 e 0,67, com exceção da periodicidade diária cujo valor de r^2 foi de 0,096;

O melhor valor do índice de desempenho de Nash e Sutcliffe foi obtido com a periodicidade decenal, assim como aconteceu com o índice “d”.

A tendência observada foi de que a partir da periodicidade decenal os dados do satélite TRMM foram sempre subestimados.

Os dados diários de precipitação pluvial obtidos pelo satélite TRMM não se correlacionaram com os dados medidos em superfície e seu uso deve ser visto com cautela, ao menos para a área em estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao proprietário e funcionários da Fazenda Restinga Grossa, no município de Itaí, pelo apoio logístico na condução dos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO. Pesquisa de Dados meteorológicos para o Estado de SP. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=SP>>. Acesso em: 3 mar. 2017.

ALI, A.; LEBEL, T., AMANI, A. Invariance in the spatial structure structure of Sahelian rainfields at climatological scales. **Journal of Hydrometeorology**, v. 4, n.6, p.996-1011, 2003.

BARDIN, L.; CAMARGO, M.B.P.; BLAIN, G.C.; SILVA, D. F. Comparação entre dados de precipitação pluvial observados em estações meteorológicas e estimados pelo satélite TRMM para a região cafeeira da mogiana, São Paulo, Brasil. In: XIII REUNIÓN ARGENTINA Y VI LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGÍA, 2010, Resumos... Bahia Blanca, Argentina: 2010. p.144 - 145.

BARRERA, D.F. Precipitation estimation with the hydro-estimador technique: its validation against raingage observations., Resumo Anais... In: CONGRESSO DA IAHS, 7. 2005, Foz do Iguaçu.

CAGE ,K.S., WILLIAMS, C.R.; CLARK, W.L.; JOHNSTON, P.E.; CARTER, D.A.; Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) ground validation field campaigns, **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v.19, p.843-863, 2002.

COLLISHCHONN, B. **Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído**. Dissertação de mestrado, IPH-UFRGS, Porto Alegre, 2006.

COLLISHONN, B.; COLLISHONN, W; TUCCI, C. Análise do campo de precipitação gerado pelo satélite TRMM sobre a bacia do São Francisco até Três Marias. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul, 1., 2006, Curitiba, **Anais...** CD-ROM

COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.;COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, Porto Alegre, v.59, n.1, p.93-99, 2007.

COLLISCHONN, W. Simulação hidrológica de grandes bacias. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 194p. (Tese de Doutorado)

DUBREUIL, V.; ARVOR, D.; NÉDÉLEC, V.; MAITELLI, G.T. Comparação entre os dados de TRMM, GOES e SPOT-VGT para a estimativa das chuvas em Mato Grosso. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis. **Resumos...** São José dos Campos: INPE, 2007. p.3849-3851.

FISCH, G.; VENDRAME, I.F.; HANOOKA, P.C.DE M. Variabilidade especial da chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia. **Acta Amazônia**, v. 37, n.4, p. 583-590, 2007.

GARCIA,S.R.; KAYANO, M.T. Início e fim da estação chuvosa na Bacia Amazônica Central: monitoramento com dados de precipitação estimada pelo satélite TRMM. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 2009, Canela. **Resumos...** Canela: 2009. p.18-21.

KRAUSE, P., BOYLE, D. P., BÄSE, F.: Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment, *Adv. Geosci.*, 5, 2005. Disponível em: <<http://www.adv-geosci.net/5/89/2005/adgeo-5-89-2005.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P.; LINS, P. A. de A.; SOUZA, D. L. de Concentração de áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de São Paulo - Brasil. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 37 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 100).

LEIVAS, J.F.; RIBEIRO, G.G.; SOUZA, M.B.; FILHO, J.R. Análise comparativa entre os dados de precipitação estimados via satélite TRMM e dados observados de superfície em Manaus. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal. **Resumos...** São José dos Campos: INPE, 2009. p.1611-1616.

LYU, C.H.; BARNES, W.L. Four years of TRMM/ VIRS on-orbit calibrations and characterization using lunar models and data from Terra/ MODIS. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v.20, p.333, 2003.

NÓBREGA, S.N. **Modelagem de impactos do desmatamento nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Jamari (RO) utilizando dados de superfície e TRMM** . 2008. 186f. Tese (Doutorado em Meteorologia), Universidade Federal de Campinas Grande – UFCG. Campinas Grande, PB.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. Influência dos fatores climáticos na produção. **Ecofisiologia da Produção Agrícola. Piracicaba**: Potafos, 249 p., 1987.

SANTANA, M.O., SEDIYAMA, G.C., RIBEIRO, A., SILVA, D. D. da. Caracterização da estação chuvosa para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.15, n.1, p.114-120, 2007.

SÃO PAULO. PLANO MUNICIPAL INTEGRADO DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO: ITAÍ. 2014. Disponível em: <<http://saneamento.sp.gov.br/PMS/UGRHI%2014/Itai.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

SHORT, D.A.; NAKAMURA, K. TRMM radar observations of shallow precipitation over the tropical oceans. **American Meteorological Society, Journal Climate**, v.13, p.4107–4124. 2000.

SILVA, D.F, PANTANO A.P, CAMARGO M.B.P. Análise de dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o vale do médio Paranapanema-SP. *Revista Engenharia na Agricultura* 2013; 21(2): 138-147.

WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geography Research**, v.90, n.5, p.8995-9005, 1985.

ÉPOCA DE SEMEADURA: LACUNA DE PRODUTIVIDADE EM LAVOURAS DE SOJA DE ALTO NÍVEL TECNOLÓGICO EM TERRAS BAIXAS

Alencar Junior Zanon¹, Thiago Schmitz Marques da Rocha², Nereu Augusto Streck³,
Giovana Ghisleni Ribas⁴, Eduardo Lago Tagliapietra⁵

¹Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, alencarzanon@hotmail.com;

²Aluno de doutorado do PPGEA, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS,

thiagosmr@msn.com; ³Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS,

nstreck2@yahoo.com.br; ⁴Aluna de doutorado do PPGEA, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, giovana.ghisleni@hotmail.com; ⁵Aluno de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria,

Santa Maria, RS, eduardotagliapietra@hotmail.com

RESUMO: O Estado do Rio Grande do Sul (RS) é o principal produtor brasileiro de arroz (*Oryza sativa* L.) e o terceiro maior produtor de soja (*Glycine max* (L.)). Neste Estado vem ocorrendo a expansão do cultivo de soja em áreas consideradas de terras baixas, que são tradicionalmente utilizadas com arroz irrigado. Apesar do contínuo aumento no rendimento médio da soja nos últimos anos, ainda há uma considerável diferença entre os rendimentos medidos em experimentos de estações de pesquisa e do rendimento médio atual das lavouras de soja em terras baixas no RS. O objetivo deste trabalho foi identificar a influência da época de semeadura na produtividade de lavouras de soja em terras baixas com diferentes níveis tecnológicos. Na safra 2015/16 foram acompanhadas 49 lavouras comerciais de soja em terras baixas no RS. Para avaliar a resposta da época de semeadura, as produtividades foram estratificadas em tercís: alta produtividade (nível tecnológico alto), média produtividade (nível tecnológico médio) e baixa produtividade (nível tecnológico baixo). Os resultados foram avaliados de forma geral e separadamente, dentro dos níveis tecnológicos. Foi testada a significância dos coeficientes angulares das equações a 5%. As lavouras de alto nível tecnológico de soja apresentam perdas de produtividade em semeaduras realizadas a partir da segunda quinzena de novembro. Enquanto, a produtividade de lavouras de soja de médio e baixo nível tecnológico não são influenciadas pela época de semeadura.

PALAVRAS-CHAVE: Potencial de produtividade, rendimento e manejo.

SOWING DATE: SOYBEAN YIELD GAPS ON-FARM IN HIGH TECHNOLOGICAL LEVEL IN LOWLANDS

ABSTRACT: The State of Rio Grande do Sul is the main Brazilian producer of rice (*Oryza sativa* L.) and the third largest producer of soybean (*Glycine max* (L.)). In this state, the expansion of soybean cultivation has been taking place in lowland areas that are traditionally used to grow irrigated rice. Despite the continuous increase in average soybean yield in recent years, there is still a considerable difference between the yields measured in research station and the current average yield of soybean farms in lowland in RS. The objective was to identify the influence of the sowing date on soybean yield with different farm technological levels in lowlands. In the crop season 2015/16, 49 soybean commercial farms were monitored in the lowland area of Rio Grande do Sul. In order to evaluate the response of the sowing date, field classes were determined from the upper, medium and lower terciles of the distribution of yield values: high-yield (high technological level), medium-high (medium technological level) and low-yield

(low technological level). The results were evaluated in general and separately, within the yield levels. The significance of the angular coefficients of the equations was tested at 5%. The high technological level farms show decrease yield in sowing from the second half of November. While, the soybeans yield of medium and low technological level are not influenced by the sowing date.

KEY-WORDS: Potential yield, yield gap and management.

INTRODUÇÃO

O cultivo de soja em rotação com o arroz irrigado no Rio Grande do Sul se consolida ainda mais a cada novo ano agrícola (IRGA, 2017). Entre as principais vantagens e melhorias ao sistema produtivo, destaca-se o controle de pragas e invasoras, construção da fertilidade dos solos, tornando a produção mais sustentável, neste sistema de produção, onde é produzido cerca de 70% de todo o arroz do Brasil (CONAB, 2017).

Para auxiliar na compreensão das características do cultivo de soja em terras baixas e difusão de conhecimento sobre práticas de manejo que permitam aumentar a produtividade é importante a realização de trabalhos que busquem identificar potenciais de produtividade em lavouras comerciais e fatores que influenciam nas lacunas de produtividade. A partir da determinação dos potenciais atingidos por produtores em lavouras é possível identificar quais as lacunas existentes entre essas produtividades e as produtividades obtidas experimentalmente, em condições onde estresses bióticos e abióticos são minimizados ou não ocorrem (GRASSINI et al., 2015).

A resposta à época de semeadura é um fator que apresenta grande influência na produtividade potencial de soja no estado do Rio Grande do Sul (ZANON et al., 2016), porém é necessário conhecer como se dá essa resposta em condições de lavouras comerciais de soja em rotação com o arroz irrigado e em diferentes níveis de produtividade. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi identificar a influência da época de semeadura na produtividade de lavouras de soja com diferentes níveis tecnológicos em terras baixas no Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Na safra 2015/16 foram acompanhadas 49 lavouras comerciais de soja em rotação com arroz irrigado nas seis regiões de produção orizícola do estado do Rio Grande do Sul (IRGA, 2017). As lavouras foram acompanhadas pelos Técnicos Orizícolas do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), os quais fizeram a aplicação de questionários buscando identificar as principais práticas de manejo realizadas nas lavouras de soja cultivadas em rotação com arroz irrigado no Rio Grande do Sul, buscando representar a variabilidade existente nas lavouras das regiões de atuação de cada profissional (Figura 1).

Após uma análise preliminar dos dados, verificou-se que a época de semeadura é um dos principais fatores de manejo que influenciaram a produtividade de grãos de soja, e a partir disso, optou-se por fazer relações somente deste fator de manejo. Para avaliar a resposta da época de semeadura, as produtividades foram estratificadas em tercils: alta produtividade (nível tecnológico alto), média produtividade (nível tecnológico médio) e baixa produtividade (nível tecnológico baixo). A partir disso, foram geradas equações para cada tercil para descrever o comportamento das produtividades observadas conforme ocorreu o avanço nas datas de semeadura. Os resultados foram avaliados de

forma geral e separadamente, dentro dos níveis de produtividade. Foi testada a significância dos coeficientes angulares das equações a 5%.

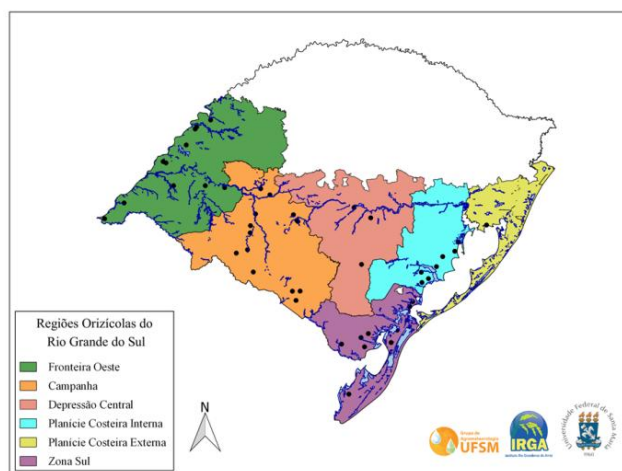


Figura 1. Mapa com as seis regiões de terras baixas na metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul (regiões orizícolas segundo o Instituto Rio Grandense do Arroz - IRGA). Os círculos pretos representam as lavouras de soja que foram aplicados os questionários na safra 2015/2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As lavouras acompanhadas tiveram uma ampla faixa de datas de semeadura, que variou da primeira quinzena de outubro de 2015 até a primeira quinzena de janeiro de 2016 (Figura 2). As altas produtividades variaram de 2,7 até 5,2 Mg/ha (nível tecnológico alto), médias produtividades entre 2,0 até 2,6 Mg/ha (nível tecnológico médio) e baixas produtividades entre 1,0 e 1,9 Mg/ha (nível tecnológico baixo). As maiores produtividades foram observadas nas cinco primeiras quinzenas de semeadura, as produtividades médias entre a segunda e a penúltima quinzena de semeadura e as baixas produtividades entre a segunda e última quinzena de semeadura.

A queda na produtividade média conforme ocorreu o avanço na data de semeadura foi de 24 kg/ha/dia, tendência muito similar ao observado por Zanon et al. (2016), que encontrou um decréscimo diário de 26 kg/ha/dia em condições potenciais de cultivo no Rio Grande do Sul em semeaduras ocorridas a partir de 4 de novembro. Essa similaridade na resposta entre experimentos conduzidos na condição potencial e lavouras comerciais de soja, pode ser atribuída a distribuição regular e abundante nas precipitações que ocorreram durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da soja no ano agrícola 2015/2016, minimizando os estresses por déficits hídricos. O comportamento da queda de produtividade conforme o avanço na data de semeadura nos níveis tecnológicos, apresentou significância apenas para as lavouras de nível tecnológico alto (Figura 3). Isso indica que nas lavouras com nível tecnológico médio e baixo existem práticas de manejo mais importantes do que a época de semeadura, que estão impedindo o aumento da produtividade das lavouras de soja em terras baixas.

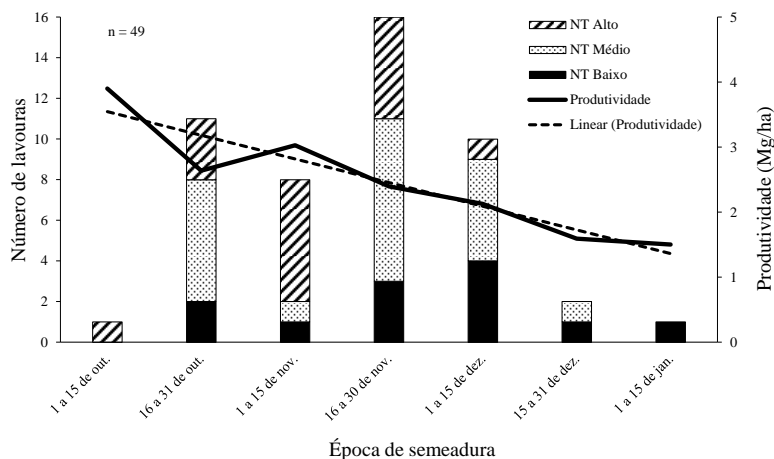


Figura 2. Produtividades média, número de lavouras amostradas e níveis de produtividade conforme a época em que ocorreu a semeadura. A linha sólida representa a média das produtividades em cada época de semeadura e a linha tracejada a linear de decréscimo de produtividade com o avanço na data de semeadura.

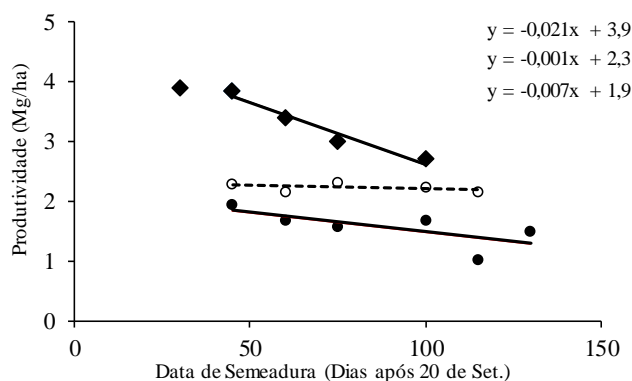


Figura 3. Relação entre produtividade e data de semeadura (Dias após 20 de Set.) para lavouras de soja de diferentes níveis (Alto, Médio e Baixo) de produtividade de soja em rotação com o arroz irrigado no ano agrícola de 2015/16 no Rio Grande do Sul.

No nível tecnológico alto, o potencial de produtividade dessas lavouras foi próximo de 4 Mg/ha para as semeaduras realizadas na primeira e segunda quinzena de outubro. A queda diária de produtividade teve início a partir do início de novembro, indicando a perda de potencial com o avanço deste período para lavouras de alto nível tecnológico. Apesar da lacuna de quase 2 Mg/ha, a tendência é mais uma vez muito similar aos resultados encontrados por Zanon et al. (2016), em condições potenciais e diversos ambientes onde é cultivado soja no RS. Apesar das lavouras de alto nível tecnológico apresentarem maior potencial de produtividade com a antecipação na data de semeadura, salienta-se que deve-se tomar cuidado com essa prática de manejo, pois nas semeaduras de outubro a maior risco de excesso hídrico no solo nas terras baixas no RS (BORTOLUZZI et al., 2017).

CONCLUSÕES

Lavouras de alto nível tecnológico de soja em terras baixas apresentam perdas de produtividade em semeaduras realizadas a partir da segunda quinzena de novembro.

A produtividade de lavouras de soja de médio e baixo nível tecnológico não são influenciadas pela época de semeadura.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos extensionistas do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) por realizarem a aplicação dos questionários nas lavouras de soja em terras baixas no Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

BORTOLUZZI, M. P. et al. Risk of water surplus in soybean crop on haplic planosol soil in the Central Depression of Rio Grande do Sul State, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 2, 2017.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. 2017. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 4 Safra 2016/17 - Oitavo levantamento, Brasília, p. 1-144 maio 2017).

GRASSINI, P. et al. Soybean yield gaps and water productivity in the western US Corn Belt. **Field Crops Research**, Aberdeenshire, v. 179, p. 150-163, 2015.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA **Soja 6000, Manejo para alta produtividade em terras baixas**. Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 2017. 68p.

ZANON, A.J.; STRECK, N.A.; GRASSINI, P. Climate and Management Factors Influence Soybean Yield Potential in a Subtropical Environment. **Agronomy Journal**, Madison, v. 108, n. 4, p. 1447-1454, 2016.

LIMITAÇÕES HÍDRICAS PARA A OCORRÊNCIA NATURAL DE MACAÚBA E DENDÊ NO BRASIL

Victor Hugo Benezoli¹, Hemlley Maria Acioli Imbuzeiro², Gabriel Medeiros Abrahão³

¹Estudante de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, victorbenezoli@gmail.com; ² Professora, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, hewlley@hotmail.com; Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, gabriel.abraham@ufv.br

RESUMO: A demanda crescente pelo óleo de palma, juntamente com a aptidão das áreas tropicais para a produção de palmeiras oleaginosas, tem incentivado o desmatamento de florestas tropicais em todo o mundo, sendo o seu avanço visto como um risco para a conservação desses biomas. Apesar de no Brasil a espécie comercial mais comum de palmeira oleaginosa ser o dendê (*Elaeis guineenses*), avanços tecnológicos recentes têm possibilitado a exploração comercial de uma espécie nativa com menor demanda hídrica, a macaúba (*Acrocomia aculeata*). No presente trabalho foi realizada uma caracterização climática da ocorrência espontânea de macaúba e dendê no Brasil através da combinação de dados do sistema speciesLink e um banco de dados climáticos espacialmente explícito. Essa caracterização é usada para subsidiar um zoneamento das duas espécies, identificando as regiões com aptidão climática para o cultivo dessas palmeiras. Os resultados mostram que a macaúba ocorre naturalmente em regiões com baixo volume precipitado, até 400 mm anuais, e sob máximo déficit hídrico acumulado (MDHA) de até 1400 mm, enquanto que o dendê não ocorre em regiões com lâminas inferiores à 1200 mm anuais e MDHA inferior a 1000 mm. O estudo sugere que a macaúba poderia ocorrer em 93,5% das regiões ocupadas por pastagens de baixa produtividade no Brasil, enquanto que o dendê sobreviveria em 47,1% desse total. Desta forma, a macaúba se destaca como uma espécie com um forte potencial para ser plantada em regiões subutilizadas pela agropecuária brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: déficit hídrico, precipitação, *Acrocomia aculeata*, *Elaeis guineenses*

WATER LIMITATIONS FOR THE NATURAL OCCURRENCE OF MACAÚBA AND DENDÊ IN BRAZIL

ABSTRACT: The demand for palm oil, along with the aptitude of tropical areas for oil palm cultivation, has been acting as an incentive for tropical deforestation worldwide, and its expansion is viewed as a risk for the conservation of these biomes. Although in Brazil the most common commercial species of oleaginous palm is the *dendê* (*Elaeis guineenses*), recent technological advances have made possible the commercial exploitation of a native species with lower water demand, the *macaúba* (*Acrocomia aculeata*). This work presents a climatic characterization of spontaneous occurrences of the two species in Brazil, combining data from the *speciesLink* system with a spatially explicit climate dataset. This characterization supports a zoning of the two species, that identifies regions suitable for the cultivation of these palms. The results show that the *macaúba* occurs naturally in regions where total precipitations are as low as 400 mm per year and with maximum cumulative water deficit (MCWD) up to -1400 mm, while the *dendê* does not occur in regions with less than 1200 mm year-1 total precipitation and more than -1000 mm MCWD. The study suggests that the *macaúba* could occur in 93.5% of the regions with low productivity pasturelands in

Brazil, while the *dendê* could only survive in 47.1% of those regions. The *macaúba* can be a strong option to produce palm oil in regions currently underutilized by cattle ranching.

KEY-WORDS: water deficit, precipitation, *Acrocomia aculeata*, *Elaeis guineenses*

INTRODUÇÃO

O óleo da palmeira é utilizado por diversos setores econômicos, como medicinal, alimentício, cosmético e até mesmo para a produção de biocombustível. A demanda crescente pelo óleo, juntamente com a aptidão das áreas tropicais para sua produção comercial, tem incentivado o desmatamento de florestas tropicais em todo o mundo, sendo o seu avanço visto como um risco para a conservação desses biomas (Wilcove e Koh, 2010).

No Brasil, a produção comercial de óleo de palmeira utiliza tradicionalmente o dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.), espécie comercializada também em outras regiões do mundo. Avanços tecnológicos recentes, porém, tem possibilitado a exploração comercial de uma espécie nativa de palmeira oleaginosa, a macaúba. A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart.) é uma palmeira arborecente, espinhosa que ocorre ao longo da América tropical e subtropical, desde o México e Antilhas até o sul do Brasil, chegando ao Paraguai e Argentina (Ferreira da Motta et al., 2002). Apesar da escassa disponibilidade de dados sobre o cultivo comercial, tem sido observado que a macaúba tem menor necessidade hídrica em relação ao dendê em ocorrências espontâneas (Ferreira da Motta et al., 2002; Teles et al., 2011).

O objetivo deste trabalho é realizar uma caracterização das limitações hídrica da ocorrência natural de macaúba e dendê no Brasil para verificar o potencial do uso dessas espécies em áreas de pastagem de baixa produtividade (Dias et al., 2016).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho está baseado na necessidade hídrica da macaúba e do dendê. Apesar do dendê não ser uma espécie nativa do Brasil, séculos de inserção levaram a ocorrências não intencionais por todo o Brasil, chamadas subespontâneas. Assim, foram comparadas as condições de máximo déficit hídrico acumulado (MDHA) suportado pelas plantas e a lâmina mínima requerida para que a macaúba e o dendê ocorram espontânea e subespontâneamente no Brasil, respectivamente. Os dados de ocorrência das plantas foram obtidos a partir do sistema *speciesLink*, sendo usados somente os pontos que possuíam coordenadas geográficas. Já os dados de precipitação e evapotranspiração usados foram obtidos do banco de dados de Xavier et al. (2016), e os dados de área de pastagem e taxa de lotação de bovinos foram os de Dias et al. (2016).

Por se tratar de condições médias de ocorrência das plantas, a lâmina de precipitação anual considerada foi a média do período disponível no banco de dados (1980-2013). Já o MDHA foi calculado de acordo com a metodologia proposta por Malhi et al. (2009), também para condições médias, e utilizando a evapotranspiração potencial calculada por Xavier et al. (2016).

Os dados de ocorrência de macaúba e de dendê foram contrastados com os dados de precipitação anual e MDHA. Cada ponto de ocorrência das plantas foi associado a uma lâmina anual de precipitação e um MDHA, gerando um diagrama bioclimático. Os

valores mínimos de precipitação anual e de MDHA foram considerados como parâmetros hídricos mínimos necessários de ocorrência das plantas. Para comparar as regiões do Brasil com o potencial de ocorrência de macaúba e dendê, foram geradas máscaras das regiões com valores iguais ou superiores às exigências hídricas mínimas das plantas.

Com a finalidade de propor alternativas ao uso do solo que atualmente são ocupadas por pastagens com baixa produtividade, foram gerados dados de área de pastagem com ocupação menor que uma cabeça de gado bovino por hectare (Lapola et al., 2013). Os dados de taxa de lotação foram filtrados para conterem apenas as regiões com menos de uma cabeça por hectare. Contrastando os dados de uso do solo por pastagem com as áreas de baixa taxa de lotação, foi estimada a área de pastagem que poderia ser substituída por macaúba e dendê.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A macaúba e o dendê mostraram, de uma forma geral, que podem ocupar diferentes regiões do Brasil. Enquanto a macaúba ocorre em regiões com menores lâminas anuais precipitadas e com menores valores de MDHA, principalmente no interior do Brasil, o dendê necessita de um volume maior de precipitação e não suporta valores muito baixos de MDHA, predominando no litoral (Figuras 1a e 1b).

Em geral, a macaúba ocorre naturalmente em regiões com volume precipitado entre 400 e 2500 mm anuais e sob estresse hídrico de até -1400 mm. Já o dendê possui uma maior demanda hídrica, não ocorrendo em regiões com lâminas inferiores à 1200 mm anuais e MDHA inferior a -1000 mm (Figura 1c).

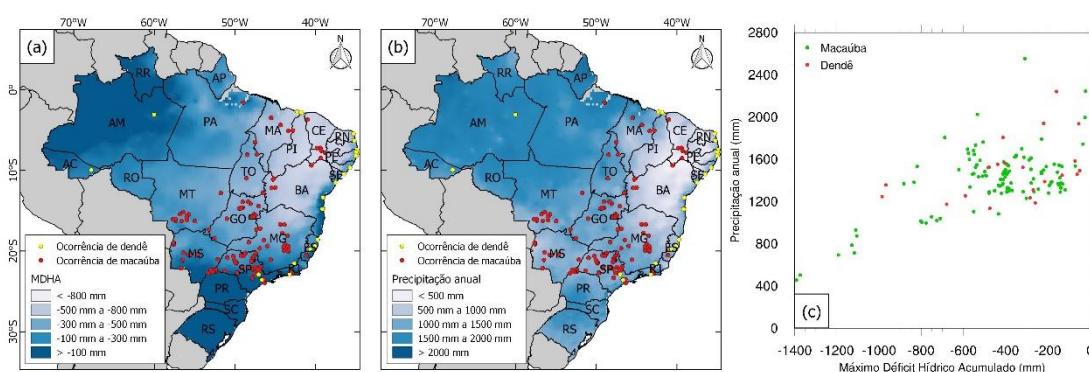


Figura 13. Pontos de ocorrência de macaúba e dendê com diferentes níveis de MDHA (a), precipitação (b) e diagrama bioclimático para macaúba e dendê (c).

As análises mostraram ainda que a macaúba consegue sobreviver em regiões proibitivas ao dendê, como o semiárido nordestino, norte de Minas Gerais e em parte do Pantanal sul-matogrossense, onde a precipitação não atinge 1200 mm anuais. No caso do Nordeste brasileiro, o estresse hídrico também limita o desenvolvimento do dendê (Figuras 2b e 2c). Essas regiões coincidem também com as pastagens brasileiras com menor taxa de lotação, que somam aproximadamente 1,9 milhões de hectares (Figura 2a). Os resultados mostraram que a macaúba poderia ocorrer em 93,5% das regiões ocupadas por pastagens de baixa produtividade, enquanto o dendê só sobreviveria em 47,1% desse total, se considerarmos apenas os fatores hídricos.

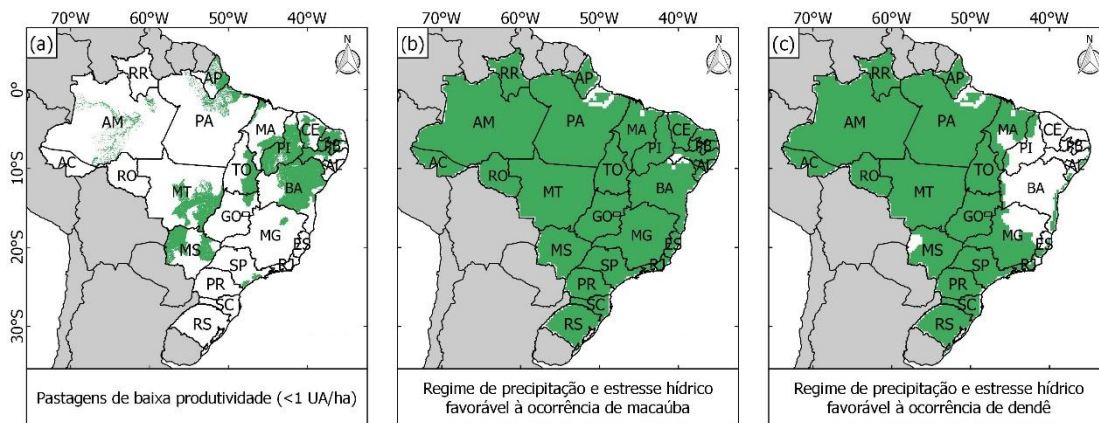


Figura 14. Comparação entre as regiões com baixa taxa de lotação de bovinos (a) e os locais com regime hídrico favoráveis à ocorrência de macaúba (b) e dendê (c).

Devido à menor necessidade hídrica, as regiões potenciais de ocorrência da macaúba ocupam quase a totalidade do território brasileiro. A ocorrência do dendê, por sua vez, é bastante limitada pelo volume anual precipitado, restringindo sua área de ocorrência potencial a regiões com elevados níveis pluviométricos.

Os resultados encontrados neste trabalho não dizem respeito às condições de produção da macaúba e do dendê. Limitamos nossa pesquisa apenas à ocorrência natural das plantas nas diferentes regiões do Brasil. Entretanto, as análises servem como um indicador para subsidiar os estudos de viabilidade na implantação das culturas em diferentes regiões brasileiras, uma vez que o fator hídrico é um dos principais limitantes socioeconômicos da agricultura. É importante ressaltar que as nossas análises consideraram apenas os fatores hídricos para delimitar a ocorrência de macaúba e dendê no Brasil. Desta forma, outros fatores climáticos importantes, como radiação e temperatura, foram omitidos.

CONCLUSÕES

Os resultados do trabalho mostraram que a precipitação e o déficit hídricos são importantes fatores limitantes na ocorrência natural da macaúba e do dendê no Brasil. É possível concluir também que o dendê é mais sensível tanto ao estresse hídrico, quanto ao volume anual precipitado, quando comparado com a macaúba. Regiões ocupadas com pastos de baixa produtividade, presentes principalmente no semiárido nordestino e no Pantanal, são proibitivas para o crescimento do dendê, mas possíveis para o surgimento da macaúba. Desta forma, a macaúba se configura como forte candidata a ocupar regiões subutilizadas pela agropecuária brasileira.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao nosso colega Heitor Eduardo Ferreira Campos Morato Filpi pelo auxílio no desenvolvimento da ideia deste trabalho.

REFERÊNCIAS

DIAS, L. C. P.; PIMENTA, F. M.; SANTOS, A. B.; COSTA, M. H.; LADLE, R. J. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. *Global Change Biology*, v. 22, n. 8, p. 2887–2903, ago. 2016.

FERREIRA DA MOTTA, P. E.; CURI, N.; TEIXEIRA DE OLIVEIRA-FILHO, A.; VASCONCELLOS GOMES, J. B. Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: Relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 37, n. 7, p. 1023–1031, jul. 2002.

LAPOLA, D. M. et al. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. *Nature Climate Change*, v. 4, n. 1, p. 27–35, 20 dez. 2013.

MALHI, Y.; ARAGAO, L. E. O. C.; GALBRAITH, D.; HUNTINGFORD, C.; FISHER, R.; ZELAZOWSKI, P.; SITCH, S.; MCSWEENEY, C.; MEIR, P. Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 106, n. 49, p. 20610–20615, 8 dez. 2009.

TELES, H. D. F.; PIRES, L. L.; GARCIA, J.; ROSA, J. Q. S.; FARIAS, J. G.; NAVES, R. V. AMBIENTES DE OCORRÊNCIA NATURAL DE MACAÚBA. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, n. 4, p. 595–601, 17 out. 2011.

WILCOVE, D. S.; KOH, L. P. Addressing the threats to biodiversity from oil-palm agriculture. *Biodiversity and Conservation*, v. 19, n. 4, p. 999–1007, 10 abr. 2010.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). *International Journal of Climatology*, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, maio 2016.

EFEITO DO DÉFICIT DE IRRIGAÇÃO NO ALGODÃO SEGUNDO SIMULAÇÕES DO MODELO SWAP

Amanda Carolina da Silva Queiroz¹, Tarsila Martins Ramos¹, Bergson Guedes Bezerra², José Renato Cortez Bezerra³, Bernardo Barbosa da Silva⁴

¹Estudante de Graduação em Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN. (amanda.2809@gmail.com; tarsilamartinsramos@gmail.com); ² Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN (bergson.bezerra@gmail.com); ³ Embrapa-Algodão, Campina Grande-PB (jose.cortez-bezerra@embrapa.br); ⁴ Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB (bernardo@dca.ufcg.edu.br)

RESUMO: O SAB compreende cerca de 70% da região Nordeste do Brasil e parte do estado de Minas Gerais e a Chapada do Apodi destaca-se entre as áreas de produção agrícola intensiva da região. Durante o século XX, o principal produto agrícola do SAB foi o algodão, porém, a proliferação de uma praga juntamente com outros problemas tornou o cultivo do algodão inviável. No entanto, a recuperação do cultivo do algodão já é notada em algumas áreas do SAB, porém, sob condições irrigadas. Em suma, este artigo teve por objetivo avaliar os efeitos do déficit de irrigação na produtividade do algodoeiro na Chapada do Apodi. Foram utilizados o modelo SWAP e o modelo WOFOST acoplado ao SWAP. Os modelos SWAP-WOFOST foram calibrados e validados utilizando dados de observação de campo coletados sob condições de irrigação plena na EMPARN, em Apodi, durante a estação seca dos anos de 2008 e 2009. Os valores medidos e simulados foram fortemente concordantes. A similaridade dos dados de ET é atestada pelo índice de concordância de Willmot, indicando que há uma forte concordância entre os valores. Esse resultado obtido foi o esperado, haja vista que a maior disponibilidade de água para a planta é uma condição favorável para o aumento da ET. À vista disso, o modelo SWAP apresentou desempenho satisfatório para estimar a ET da cultura, o incremento de água na lâmina de irrigação implicou aumento da ET da cultura do algodoeiro e o acúmulo de água na lâmina de irrigação não representou ganho na produtividade da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Algodão; Déficit de irrigação; Modelagem Agrometeorológica.

EFFECT OF THE COTTON IRRIGATION DEFICIT ACCORDING TO SWAP MODEL SIMULATIONS

ABSTRACT: The Brazilian semiarid (BSA) comprises about 70% of the Northeast of Brazil and part of the state of Minas Gerais and the Chapada do Apodi stands out among the intensive agricultural production areas of the region. During the twentieth century, the main agricultural product of the BSA was cotton, however, a pest proliferation along with other problems became cotton farming unviable. However, a recovery of cotton cultivation is already noticed in some areas of the BSA, but under irrigated conditions. In short, this article had the objective of evaluating the effects of irrigation deficit and cotton production in the Chapada do Apodi. SWAP model and WOFOST model coupled to SWAP were used. The SWAP-WOFOST models were calibrated and validated using the field observation data collected under full irrigation conditions at EMPARN, Apodi, during a dry season in the years 2008 and 2009. The measured and simulated values were strongly concordant. The similarity of the ET data is attested by the Willmot concordance index, indicating that there is a strong agreement between the values. This result obtained was the expected, since the greater availability of water for a plant is a favorable condition for the increase of ET. In view of this, the SWAP model presents a satisfactory performance to estimate an ET of the crop, an

increase of water in the irrigation area implies an increase of ET of the cotton crop and one above the irrigation does not represent gain in the productivity of the crop.

KEY-WORDS: Cotton crop; Irrigation deficit; Agrometeorological modelling.

INTRODUÇÃO

O Semiárido Brasileiro (SAB) abrange cerca de 70% da região Nordeste do Brasil e parte do estado de Minas Gerais. Nesta região, os padrões de precipitação são caracterizados pela alta variabilidade espacial com altas irregularidades interanuais. Em contrapartida, a região apresenta elevada demanda hídrica atmosférica, cuja evapotranspiração potencial que atinge valores superiores a 2.000 mm por ano.

No entanto, no SAB, apenas 10% de sua área territorial estão aptas para práticas agrícolas (Bezerra et al., 2012). Dentre essas áreas destaca-se a Chapada de Apodi como áreas de produção agrícola irrigada intensiva, especialmente as frutas tropicais para exportação (Bezerra et al., 2012, 2015).

Durante o século XX, o principal produto agrícola do SAB foi o algodão. No entanto, a proliferação da praga do *Anthonomus grandis Boheman* aliado a falta de competitividade no mercado em face de abertura do mercado interno para importação de fibras sintéticas tornou o cultivo de algodão inviável levando a quase extinção da atividade. No entanto, a recuperação do cultivo do algodão já é notada em algumas áreas do SAB, porém, sob condições irrigadas, ao contrário do passado quando o cultivo é predominantemente de sequeiro.

Como o SAB é uma região que está quase permanentemente em condições de déficit hídrico o uso da irrigação deve criterioso de modo a evitar desperdício de água para que a irrigação seja a mais eficiente possível. Assim, este artigo tem por objetivo avaliar os efeitos do déficit de irrigação, lâmina de irrigação abaixo da real necessidade da cultura, na evapotranspiração da cultura (ET) e na produtividade do algodoeiro na Chapada do Apodi.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é a Chapada do Apodi, oeste do estado do Rio Grande do Norte. O clima de região é semiárido (Bezerra et al., 2012, 2013) com precipitação média anual de cerca de 700 e evaporação anual média de cerca de 2.100 mm. Segundo Bezerra et al. (2012) a região é um importante pólo de produção agrícola sob condições de irrigação do SAB. A água subterrânea é a principal fonte de água para irrigação, que é bombeada a partir do aquífero calcário do Jandaíra em poços de cerca de 100 m de profundidade (Bezerra et al., 2012). Os cambissolos são os solos predominantes no local estudado.

O modelo SWAP foi aplicado para simular o balanço hídrico em nível de campo, o qual é expresso como:

$$\Delta S = R + I - RO - ET + Q$$

Onde ΔS é o armazenamento de água no solo (mm), I é a irrigação (mm), RO é o escoamento (mm) e Q é o fluxo do fundo (positivo para cima) (milímetros).

Segundo Droogers et al. (2010), a parte central do SWAP é a modelagem do fluxo vertical de água na zona saturada não saturada, que é descrita pela equação de Richard. A equação de Richard é resolvida numericamente com um esquema de diferenças finitas (Van Dam et al., 2008), para condições de contorno especificadas levando em consideração e as relações entre a umidade do e a condutividade hidráulica saturada. As relações hidráulicas do solo foram descritas por parâmetros de Van Genuchten (VGM) (van Genuchten, 1980), cujos valores obtidos para três camadas de

solos estão apresentados na Tabela 1. A condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) foi determinada em campo usando o método de Porchet (Noshadi et al., 2012) (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros VGM, Conteúdo de água residual (θ_{res}) e saturado (θ_{sat}), fatores empíricos (α , n e λ) e K_{sat} .

Camada do solo	(θ_{res}) ($cm^3 cm^{-3}$)	(θ_{sat}) ($cm^3 cm^{-3}$)	(α) (cm^{-1})	(n)	(λ)	(K_{sat}) ($cm d^{-1}$)
0 – 20 cm	0.071	0.397	0.2050	1.6662	0.803	21.60
20 – 40 cm	0.073	0.401	0.1869	1.2973	0.803	21.60
40 – 100 cm	0.069	0.399	0.1712	1.2127	0.802	21.60

A produtividade do algodoeiro foi simulada pelo modelo WOFOST acoplado ao SWAP em cinco diferentes tratamentos de água com base no déficit de irrigação (DI) descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Tratamentos de irrigação e a água irrigada.

Tratamento	Nível de déficit de irrigação (% da irrigação total)	Irrigação aplicada (mm)	
		2008	2009
DI ₄₀	40	357.2	353.6
DI ₆₀	60	535.8	530.5
DI ₇₅	75	670.5	663.0
FI	100	894.0	884.0
FI ₁₃₀	130	1161.0	1149.2

DI = Déficit de Irrigação, FI = Irrigação Plena

Os modelos SWAP-WOFOST foram calibrados e validados utilizando dados de observação de campo coletados sob condições de irrigação plena na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN), localizada no condado de Apodi (5°37'37 "S, 37 ° 49'54 "W, 138 m anmm), durante a estação seca dos anos de 2008 e 2009. Neste experimento foram determinados a ET utilizando método da razão de Bowen (BERB) e a produtividade do algodoeiro (Pr). Detalhes das campanhas experimentais podem ser encontrados em Bezerra et l. (2012; 2013; 2015).

O desempenho do modelo SWAP foi avaliado utilizando o coeficiente de determinação de Pearson e o índice de concordância de Willmott (Willmott, 1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os valores da ET acumulada do algodoeiro nos dois períodos de observação. Nota-se que os valores medidos e simulados são fortemente concordantes. A similaridade dos dados de ET é atestada pelo índice de concordância de Willmot (Willmott, 1982) cujos valores foram próximos de 0,90, indicando que há uma forte concordância entre os valores. Ao mesmo tempo, o coeficiente de Pearson reforça o bom desempenho do modelo indicando forte determinação.

Tabela 3. Desempenho do modelo SWAP na estimativa da ET (mm).

Ano	BERB	SWAP	d	R ²
2008	717	719	0,86	0,87
2009	742	734	0,91	0,70

Na Tabela 3 é possível notar o incremento de água na lâmina de irrigação implicou em aumento da ET. Esse resultado é esperado, haja vista que a maior disponibilidade de água para a planta é uma condição favorável para o aumento da ET. Por outro lado o incremento da irrigação representou incremento da produtividade entre os tratamentos baseados no DI (Do DI₄₀ até a condição de irrigação plena, FI).

No tratamento DI₁₃₀ (lâmina de irrigação 30% superior a lâmina de irrigação plena) houve uma redução da sua produtividade de quase 10%. Essa diminuição está associada ao fato do algodoeiro responder ao excesso de água aumentando a sua produção foliar (aumento da área foliar, AF). Assim, a AF foliar competirá por nutrientes com a produção de órgão reprodutivos (botões florais). Conseqüentemente, há uma redução da produtividade devido a menor produção de botões florais haja vista a maior quantidade de fotoassimilados e nutrientes do solo destinados às folhas em detrimento da quantidade ofertada aos órgãos reprodutivos (Guinn et al., 1981; Cetin Bilgel, 2002).

Tabela 4. Produtividade (Pr) e ET do algodoeiro sob diferentes lâminas de irrigação simulados pelo modelo SWAP

	Pr (kg ha ⁻¹)			ET (mm)		
	2008	2009	Média	2008	2009	Média
DI₄₀	1563	1401	1366.5	356.6	352	345.0
DI₆₀	2020	2357	2167.0	502.2	519	490.5
DI₇₅	3311	3590	3336.0	611.5	669	625.0
FI	3448	3586	3517.0	749.9	753	734.5
FI₁₃₀	3153	3369	3316.5	772.2	771	760.5

CONCLUSÕES

Diante dos resultados, conclui-se que:

1. O modelo SWAP apresentou desempenho satisfatório para estimar a ET da cultura;
2. O incremento de água na lâmina de irrigação implicou aumento da ET da cultura do algodoeiro;
3. O incremento de água na lâmina de irrigação acima da irrigação não representou ganho na produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, B.G. et al. Estimation of soil moisture in the root-zone from remote sensing data. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.596-603, 2013.

BEZERRA, B.G. et al. Evapotranspiration and crop coefficient for sprinkler-irrigated cotton crop in Apodi Plateau semiarid lands of Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 107, p.86-93, 2012.

BEZERRA, B.G. et al. Surface energy Exchange and Evapotranspiration from cotton crop under full irrigation conditions in the Rio Grande do Norte State, Brazilian Semi-Arid. **Bragantia**, v.74, p.120-128, 2015.

CETIN, O., BILGEL, L. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. **Agricultural Water Management**, v.54, 1-15, 2002.

DROOGERS, P. et al. Estimating actual irrigation application by remotely sensed evapotranspiration observations. **Agricultural Water Management**, v.97, p.1351-1359, 2010.

GUINN, G., MAUNEY, J.R., FRY, K.E., 1981. Irrigation scheduling and plant population effects on growth, bloom rates, boll abscission, and yield of cotton. **Agronomy Journal**, v.73, p.529–534, 1981.

NOSHADI, M., PARVIZI, H., SEPASKHAH, A.R. Evaluation of Different Methods for Measuring Field Saturated Hydraulic Conductivity under High and Low Water Table. **Vadose Zone Journal** 11, doi: 10.2136/vzj2011.0005, 2012.

VAN DAM, J.C., et al. Advances of modeling water flow in variably saturated soils with SWAP. **Vadose Zone Journal**, v.7, p.640–653, 2008.

VAN GENUCHTEN, M.TH. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of soil. **Soil Science of American Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

WILLMOTT, C.J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.63, p.1309-1313, 1982.

ALBEDO E EMISSIVIDADE MÉDIA DO CERRADO NATIVO E MONOCULTIVO POR IMAGEM DE SATÉLITE

Gutemberg Porto de Araujo¹, Marcos Antônio Vanderlei da Silva², Silas Alves Souza¹, Charles Cardoso Santana¹ Rafael de Souza Felix¹

¹Acadêmicos do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: Gutembergporto@yahoo.com.br; ²Professor DSc da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: maavsilva@uneb.br.

RESUMO: O sensoriamento remoto orbital identifica as mudanças no uso da terra e por conseguinte, favorecer a identificação das alterações climáticas advindas de tais mudanças. Dentre suas vantagens, destaca-se a grande cobertura espacial, facilidade de obtenção de imagens, possibilidade de estimar diversos parâmetros do planejamento de atividades agrícolas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo estimar o albedo superficial e a emissividade média, em área de monocultivo e cerrado nativo, a partir de produtos do sensor MODIS (*Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*), realizando posteriormente a estatística descritiva para fins de comparações. A pesquisa foi conduzida, na Fazenda Busato I localizada no município de São Desidério-BA. As imagens MODIS foram baixadas do site da NASA, cujos produtos utilizados foram o MOD09GA e o MOD11A1. A estimativa do albedo e da emissividade média foram obtidas através do algoritmo SEBAL. A partir dos resultados foi possível observar que o albedo apresentou a mesma tendência evolutiva para área de cultivo de algodão e para cerrado nativo, porém, para a área de monocultivo, um valor maior até os 85 dias após a emergência das plântulas de algodão. Entre o período de 36 e 126 dias após a emergência, a emissividade média foram semelhantes para ambas as áreas. Tanto para o albedo, quanto para a emissividade média, foi possível identificar a variação temporal dos valores, utilizando o algoritmo SEBAL, de acordo com os alvos espectrais.

.PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística; Sensoriamento remoto; MODIS; Estatística descritiva; Zoneamento agrícola.

ALBEDO AND AVERAGE EMISSIVITY OF THE NATIVE AND SUNNY PICTURE SIGNAL IMAGE

ABSTRACT: Orbital remote sensing identifies changes in land use and thus facilitates the identification of climate change arising from such changes. Among its advantages, it is worth mentioning the great spatial coverage, the ease of obtaining images, the possibility of estimating several parameters of the planning of agricultural activities. Thus, the present work had the objective of estimating the surface albedo and the average emissivity in the area of monoculture and native cerrado, from MODIS (*Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*) sensor products, after which descriptive statistics were performed for comparative purposes. The research was conducted at Fazenda Busato I located in the municipality of São Desidério-BA. The MODIS image was downloaded from the NASA site, whose products used were MOD09GA and MOD11A1. The estimated albedo and the mean emissivity were obtained through the SEBAL algorithm. From the results, it was possible to observe that the albedo presented the same evolutionary trend for cotton and native cerrado, but for the monoculture area, a higher value up to 85 days after the emergence of cotton

seedlings. Between the period 36 and 126 days after emergence, the mean emissivity were similar for both areas. Both for the albedo and for the average emissivity, it was possible to identify the temporal variation of the values, using the SEBAL algorithm, according to the spectral targets.

KEY-WORDS: Geostatistics; Remote sensing; MODIS; Descriptive statistics; Agricultural zoning.

INTRODUÇÃO

Muitas são vantagens da utilização do sensoriamento remoto orbital com o propósito de identificar alterações no uso da terra e as alterações climáticas advindas de tais mudanças. Destaque-se a grande cobertura espacial, a facilidade de obtenção das imagens e a possibilidade de estimar alguns parâmetros que só seriam obtidos com instrumentos normalmente utilizados em estudos experimentais, pois os resultados destes são representativos de áreas com características idênticas, no aspecto do porte, estado hídrico e condições atmosféricas. As técnicas baseadas em imagens de satélite, ao contrário, cobrem grandes extensões terrestres.

Diversos estudos sugerem que, assim como as variações naturais do clima, as alterações no uso e cobertura do solo por ação humana podem provocar significativas variações espaços-temporais do balanço hídrico regional (SANTOS, 2009). Nesse contexto, sabe-se que o albedo e a emissividade da superfície variam em função das transformações no uso e cobertura da terra e das condições de umidade do solo, com impacto direto no balanço de energia sendo assim importantes parâmetros na caracterização do clima da terra (KIRSCHBAUM et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2015).

O sensoriamento remoto tornou-se uma ferramenta indispensável para estimativa do albedo e dos fluxos de energia da superfície terrestre, a utilização dessas técnicas alternativas de aquisição sistemática e periódica de dados espaciais em complemento com informações meteorológicas em aplicações nas quais se faz imperativo uma visão espacial.

O algoritmo SEBAL tem sido largamente utilizado para estimar, de forma simples e eficaz, o albedo e a temperatura da superfície com imagens Landsat 5 (BASTIAANSEN et al., 1998a e 1998b; BOEGH; SOEGAARD e THOMSEM, 2002; SILVA; LOPES e AZEVEDO, 2005a).

O Surface Energy Balance Algoritmo for Land (SEBAL) desenvolvido por (Bastiaansen, 1995), tem sido amplamente utilizado e aceito na comunidade científica, devido à qualidade de suas estimativas validadas com dados observados.

Pela necessidade de se investigar e empregar técnicas que identifique padrões que diferenciam os ecossistemas e avanço dos impactos nos valores das variáveis determinantes nas trocas energéticas entre a atmosfera e a superfície em diferentes áreas, o trabalho objetivou-se estimar e comparar o albedo e a emissividade média, em área cultivada e cerrado nativo, a partir de produtos do sensor MODIS (*Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*).

MATERIAL E MÉTODOS

- Sítio Experimental

A pesquisa foi conduzida, na Fazenda Busato I localizada no município de São Desidério -BA, (latitude 12° 51' S, longitude 45 ° 31' W e altitude de 715 m), em duas áreas distintas: mata nativa e lavoura com monocultura (algodão). O clima é Aw

(Köppen), ou seja, típico de savana, com inverno seco e temperatura média do ar do mês mais frio superior a 18o C. O solo do local é um Latossolo Franco arenoso amarelo de relevo plano fase cerrado nível 3. A fazenda possui uma área de reserva legal, composta por vegetação de cerrado, e uma área com 8 pivôs, com 104 ha cada um. O estudo comparativo foi feito utilizando a área de cultivo do pivô 2 (A1) e uma área adjacente contendo cerrado nativo (A2) (Figura 1).

A área de monocultivo cultivou se algodão (*Gossypium hirsutum* L.), variedade FM 975WS, está sendo uma variedade tardia, com boa qualidade de fibra e alta produtividade.

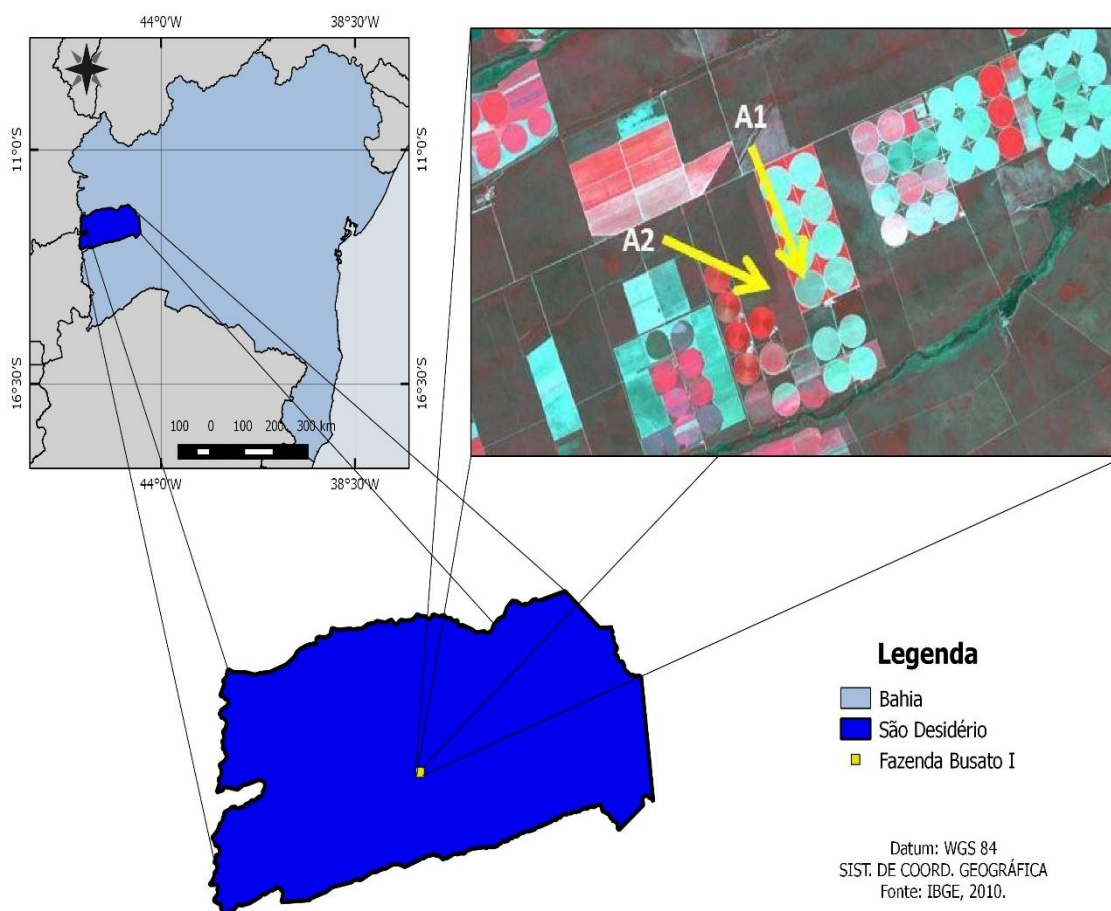


Figura 1: Detalhe do local de estudo. (A1) área de cultivo irrigada; (A2) área com cerrado nativo.

- Medições

a) Variáveis Meteorológicas

Foi instalado a 100 m do ponto de estudo uma Estação Meteorológica Automática (EMA). Os elementos climáticos foram registrados continuamente em um sistema *Datalogger*, que armazenou as informações geradas a cada segundo, com valores de médios calculados a cada 30 minutos. A referida estação é composta dos sensores de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e chuva.

b) Aquisição e Processamento dos Produtos MODIS

As imagens MODIS foram baixadas do site da NASA (National Aeronautics and Space Administration – Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço), onde os utilizados foram MODIS/Terra Surface Reflectance Daily L2G Global 1km and 500m SIN Grid V006e o MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid V041, cujo os produtos são MOD09GA e MOD11A1, respectivamente.

O MOD09GA é um produto que possui 7 bandas de reflectância que dá a reflectância espectral da superfície para cada uma de suas bandas, e o Zenith solar. Esse produto vem acompanhado pelas informações de cada *pixel*, garantindo a integridade de seus dados por meio da QA (*Quality Assurance*).

Os modelos utilizados para a estimativa do albedo de superfície com dados MODIS foram os de Liang (2000) e Tasumi et al. (2008), calculados como uma média ponderada das reflectâncias das bandas 1 a 7 do sensor MODIS. O produto MOD11A1 fornece imagens de temperatura e emissividade da superfície terrestre. As informações radiométricas das bandas 31 e 32 do sensor MODIS foram utilizadas para calcular os valores das emissividades, para ambos os alvos A1 A2.

Foram escolhidas imagens dos dias em que o brilho solar se apresentou com valor maior que 10 horas diárias com as menores nebulosidades. Assim, as datas que se enquadraram neste critério foram: 18/03 (DJ 77), 08/04 (DJ 98) 07/05 (DJ 127), 16/06 (DJ 167), 15/07 (DJ 197) dias julianos do ano de 2016.

Para visualizar e processar as imagens MODIS, foi necessário a utilização do aplicativo MRT (*MODIS Reprojection Tool*). O MRT possui a capacidade de converter os arquivos, inicialmente no formato HDF, para outro formato, como exemplo TIF ou GEOTIFF, compatíveis com o software ERDAS, o qual foi utilizado para visualização e realização de operações matemáticas do algoritmo SEBAL, recorte, classificação, realce e outras tarefas, tendo como ferramenta de programação o *Model Maker*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A razão entre a quantidade de luz que é difundida ou refletida por uma superfície e a quantidade de luz incidente sobre a mesma é denominado pelo o Albedo, representado pela figura 1. Em análise, é possível observar que o Albedo apresentou o mesmo comportamento para área de cultivo de algodão e para cerrado nativo, porém na área de monocultivo com maior albedo até os 85 dias após a emergência das plântulas de algodão. O maior albedo acontece aos 57 dias após a emergência do algodoeiro, assim como na área nativa, sendo, respectivamente, este de 0,272 e 0,253.

Tabela 1 – Albedo de área de monocultivo cultivada com algodão.

Data	Albedo			
	Mín	Média	Max	s
18/03	0,086	0,168	0,346	0,029
08/04	0,027	0,272	0,872	0,163
07/05	0,106	0,171	0,339	0,044
16/06	0,082	0,135	0,261	0,038
15/07	0,076	0,162	0,326	0,046

Mínima (Mín); Média; Máxima (Max); e Desvio padrão (s).

Tabela 2 – Emissividade média de área de monocultivo cultivada com algodão.

Data	Emissividade Média			
	Mín	Média	Max	s
18/03	0,970	0,975	0,980	0,002
08/04	0,969	0,972	0,980	0,002
07/05	0,970	0,974	0,980	0,002
16/06	0,970	0,973	0,980	0,002
15/07	0,970	0,972	0,980	0,001

Mínima (Mín); Média; Máxima (Max); e Desvio padrão (s).

Tabela 3 – Albedo de área de cerrado nativo.

Data	Albedo			
	Mín	Média	Max	s
18/03	0,105	0,156	0,257	0,022
08/04	0,043	0,253	0,754	0,147
07/05	0,127	0,171	1,228	0,029
16/06	0,099	0,139	0,193	0,026
15/07	0,115	0,166	0,261	0,033

Mínima (Mín); Média; Máxima (Max); e Desvio padrão (s).

Tabela 4 - Emissividade média de área de cerrado nativo.

Data	Emissividade Média			
	Mín	Média	Max	s
18/03	0,970	0,975	0,980	0,002
08/04	0,970	0,972	0,980	0,002
07/05	0,970	0,974	0,980	0,002
16/06	0,971	0,973	0,980	0,001
15/07	0,971	0,973	0,980	0,002

Mínima (Mín); Média; Máxima (Max); e Desvio padrão (s).

Os resultados para o comportamento do albedo obtidos para o recorte são apresentados na Figura 2. Os valores médios da área de cerrado (A2), que oscilaram entre 13 % e 25 %, foram ligeiramente inferiores aos da área cultivada ao longo do período estudado (A1 entre 13% e 27%), sendo que o maior albedo ocorreu entre os 57

dias após a emergência do algodoeiro, assim como na área nativa, ou seja sem presença de plantas, com o solo exposto, o que leva a alta refletividade.

Nos DAEs (dias após emergência) posteriores, a área encontrava-se cultivada com as plantas em um estágio mais avançado de desenvolvimento, proporcionando maior cobertura, e devido à grande quantidade de área foliar, observou-se redução no albedo. Comparando-se o albedo estimado, verifica-se concordância muito similar entre as duas áreas estudadas, monocultivo e cerrado nativo, isto mostra que, para os dois dosséis estudados, o albedo pode ser estimado com boa precisão para qualquer instante do dia e em qualquer estágio fenológico da cultura, uma vez que, segundo Sellers (1965) o albedo para solo exposto seco varia de 20 a 35% e para solo exposto úmido varia de 10 a 20%.

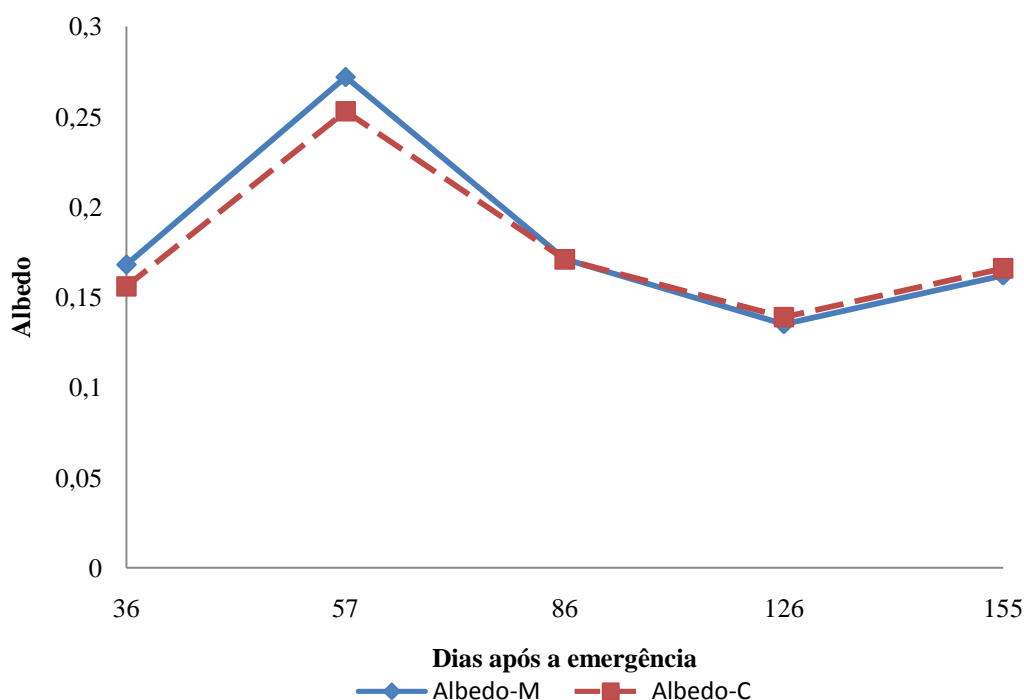


Figura 2 – Albedo de área de monocultivo cultivada com algodão (Albedo-M) e área de cerrado nativo (Albedo-C) em função dos dias após a emergência (DAE) das plântulas de algodão.

Conforme o trabalho realizado por Liberato (2011) o valor médio de albedo encontrado na área de floresta foi de 0,11, 0,10 e 0,12, respectivamente. Estudos realizados por Shuttleworth et al. (1988), Bastable et al. (1993), Culf et al. (1995) e von Randow et al. (2004), encontraram valores de 0,13, 0,12, 0,13 e 0,13, respectivamente, já Oguntoyimbo (1970) obteve, em área de floresta na Tailândia, albedo com valor igual a 0,12.

A emissividade é um parâmetro físico essencial para a determinação da temperatura de superfície a partir de medidas radiométricas obtidas de sensores remotos. Essa expressa adimensionalmente a eficiência da matéria em emitir radiação eletromagnética em função de sua temperatura. Na Figura 3, é possível observar a Emissividade média das duas áreas trabalhadas. Entre o período de 36 e 126 dias após a emergência, a emissividade média foi a mesma para ambas as áreas. Após os 126 dias, enquanto a área de monocultivo permanece decrescendo, devido o estágio fenológico e a disponibilidade de água, compreendendo o período reprodutivo em que o algodoeiro

absorve maior quantidade de água do solo, a área de cerrado tende a mudar de comportamento e se mantém constante até os 155 DAE. Em superfícies terrestres, a emissividade ($\epsilon\lambda$) na faixa do infravermelho termal (8-14 μm) varia principalmente em função da presença de água no solo ou na cobertura vegetal. Uma vez que a emissividade do solo varia de 0,85 a 0,99, dependendo do tipo de solo e de sua umidade, enquanto que vegetação tem valor em torno de 0,98 (SALISBURY;D'ARIA, 1992). A maior emissividade aconteceu aos 36 DAE, e a menor aos 57 dias, para ambas.

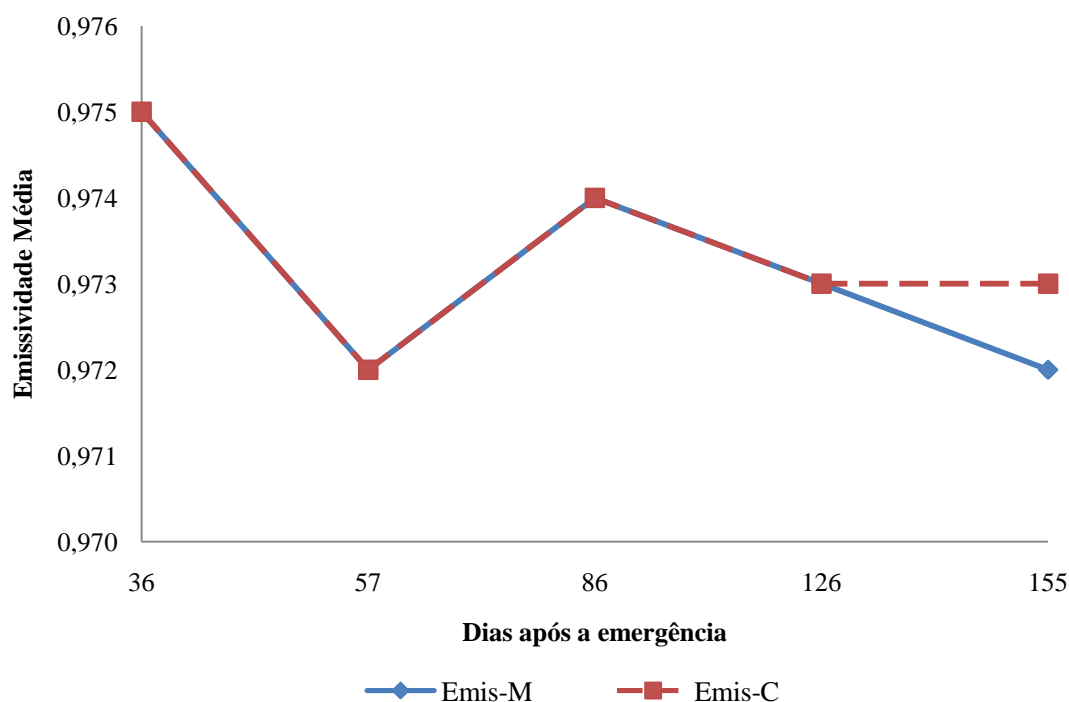


Figura 2 – Emissividade Média de área de monocultivo cultivada com algodão (Albedo-M) e área de cerrado nativo (Albedo-C) em função dos dias após a emergência (DAE) das plântulas de algodão.

CONCLUSÕES

Tanto para o albedo, quanto para a emissividade média, foi possível identificar a variação temporal dos valores, utilizando o algoritmo SEBAL, de acordo com os alvos espectral (A1 (Monocultivo) e A2 (Cerrado Nativo)). Os valores alcançados foram condizentes com o comportamento espectral dos alvos, porém em algumas áreas se misturam, pois as imagens apresentam uma baixa resolução espacial, além disso, na obtenção de dados pode acarretar algumas falhas, tanto pela presença de áreas sem cobertura do satélite, como pela grande quantidade de nuvens no momento da aquisição dos dados no imageamento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao orientador, pelo empenho na elaboração deste *trabalho*. Aos integrantes do Grupo de Pesquisa de Agrometeorologia – GAMU.

REFERÊNCIAS

BASTIAANSSEN, W. G. M. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 198-212, 1998.

BASTIAANSSEN, W. G. M. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 213-229, 1998.

BOEGH, E.; SOEGAARD, H.; THOMSEM, A. Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance. **Remote Sensing of Environmental**, v.79, p.329-343, 2002.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres** / tradução José Carlos Neves Epiphaniot et al. São José dos Campos. SP. 2009.

LIANG, S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I: Algorithms. **Remote Sensing of Environment**, v. 76 n.1, p. 213–238, 2000.

MORSE, A., ALLEN, R. G., TASUMI, M., KRAMBER, W. J., TREZZA, R. ; WRIGHT, J. **Application of the SEBAL Methodology for Estimating Evapotranspiration and Consumptive Use of Water Through Remote Sensing**. Final Report, 220 p, 2001.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. R. **Análise Quantitativa do Crescimento de Comunidades Vegetais**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 33p. 1987.

ROSENDO, J. dos S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis**. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.

SALISBURY, J.W.; D'ARIA, D.M. Emissivity of terrestrial materials in the 8-14 μ m atmospheric window. **Remote Sensing of Environment**, v. 42, p. 83-106, 1992.

SELLERS, W. D. **Physical climatology**. Chicago: The University of Chicago Press. Chicago & London, 272p. 1965.

SCHAAKE, J.C. et al. Simple water balance model for estimating runoff at different spatial and 134 temporal scales. **Journal of Geophysical Research**, v. 101, p. 7461-75, 1996.

SILVA, B. B. da; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.2,p.201-211. 2005.

TASUMI, M.; ALLEN, R.; TREZZA, R. At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of land surface energy balance. **Journal of Hydrologic Engineering**, n. February, p. 51–63, 2008.

AZEVEDO, P.V., TEIXEIRA, A.H.de C., SILVA, B.B. da, SOARES, J.M., SARAIVA, F.A.M. Avaliação da reflectância e do saldo de radiação sobre um cultivo de videira européia.

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.5, n.1, p. 17, 1997.

CUNHA, E.G., BERGAMASCHI, H., BERLATO, M.A. et al. **Balço de radiação em cultura do milho**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, Maceió – AL. Sociedade brasileira de Agrometeorologia, Anais... p. 322329, 1989.

ANDRADE, R. G. **Aplicação do algoritmo SEBAL na estimativa da evapotranspiração e da biomassa acumulada da cana-de-açúcar**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola. UFV. 124f. 2008.

BASTABLE, H.G.; SHUTTLEWORTH, W.J.; DALLAROSA, R.L.G.; FISCH, G.; NOBRE, C.A. Observations of climate albedo, and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian forest. **International Journal of Climatology**, v,13. 1993.

ALLEN, R.; BASTIAANSEN, W.; WATERS, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Surface energy balance algorithms for land (SEBAL), **Idaho implementation – Advanced training and users manual**, version 1.0, 97p. 2002.

ZONEAMENTO CLIMÁTICO PARA A CULTURA DA MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) NO OESTE DA BAHIA.

Rafael de Souza Felix¹, Marcos Antônio Vanderlei da Silva², Silas Alves Souza¹,
Charles Cardoso Santana¹, Gutemberg Porto de Araujo¹

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: rafasouza.1844@hotmail.com; ² Professor Dsc. da Universidade do Estado da Bahia – UNEB, Campus IX, Barreiras - BA, E-mail: maavsilva@uneb.br

RESUMO: O Oeste da Bahia possui grande potencial agrônômico, isso devido a disponibilidade hídrica e a topografia do solo. Mas o período de seca prolongado limita um pouco algumas culturas que não toleram a falta de água durante um período. Por este motivo escolheu-se o Oeste Baiano para a realização do zoneamento climático da cultura da mandioca, uma vez que possui grande importância econômica para o nordeste, principalmente para os pequenos agricultores. O estudo do clima é de grande importância para a região, na qual irá auxiliar um planejamento para a tomada de decisões. Dessa forma, esse trabalho objetivou realizar o zoneamento climático para o cultivo da mandioca no Oeste da Bahia, baseado em variáveis climáticas e as exigências da cultura. Na qual foi obtido os dados histórico no período compreendido de 1975 a 2015 das estações meteorológicas, utilizando uma série de dados médios mensais de Temperatura, e precipitação, provenientes de 7 estações meteorológicas convencionais, localizadas na região Oeste da Bahia e 6 municípios adjacentes, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do INMET. Para o preenchimento das falhas, foi utilizado software estatístico R. Os dados de produtividade da mandioca do Oeste Bahia obtidos no site do IBGE, foram correlacionados com os dados da precipitação da região, para verificar a influência climática sobre a produção da cultura na região do extremo Oeste. Os municípios de Barreiras-BA; Formosa-MG; São Desidério-BA; Correntina-BA; Jaborand-BA e Côcos-BA, são os municípios que mais apresentaram características ideais ao cultivo da mandioca.

PALAVRAS-CHAVE: Correlação, Influência Climática, Produtividade.

CLIMATE ZONING FOR THE CANDLE CULTURE (*Manihot esculenta* Crantz) IN THE WEST OF BAHIA.

ABSTRACT: The West of Bahia has great agronomic potential, due to the water availability and the topography of the soil. But the prolonged drought period somewhat limits some crops that do not tolerate the lack of water during a period. For this reason the West of Bahia was chosen for the climatic zoning of the cassava crop, since it has great economic importance for the. Especially for small farmers. The study of the climate is of great importance for the region, in which planning for decision making assists. Thus, this work aimed to carry out the climatic zoning for the cultivation of cassava in the West of Bahia, based on climatic variables and the demands of the culture. Historical data were obtained from 1975 to 2015 of the meteorological stations using a series of monthly average data of Temperature and precipitation from 7

conventional meteorological stations located in the West region of Bahia and 6 adjacent municipalities obtained Of the Meteorological Database for Teaching and Research - BDMEP, on the INMET website. In order to fill in the flaws, statistical software R. was used. The yield data of West Bahia manioc obtained on the IBGE website were correlated with the precipitation data of the region to verify the climatic influence on the production of the crop in the region of Extreme west The municipalities of Barreiras-BA; Formosa-MG; São Desidério-BA; Correntina-BA; Jaborand-BA and Côcos-BA, are the municipalities that presented the most ideal characteristics for cassava cultivation.

KEY-WORDS: Correlation, Climate Influence, Productivity.

INTRODUÇÃO

O ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA), em 1995 adotou como ferramenta orientadora da política agrícola para o governo federal, o “zoneamento de risco climático”. Sendo a mesma responsável em identificar a melhor época para plantio das culturas, de acordo ao tipo do solo, para cada município com as diferenças climáticas, apresentando recomendações para a cultura, (FILHO et al., 2005).

Anualmente é divulgado pelo MAPA, o zoneamento agrícola para cada safra. Dados esses muito importante, pois indicara os municipios que poderam conta com o apoio financeiro para a execução da safra, dentre outras variáveis, (MAPA, 2017).

Os dados históricos do espaço-temporal de longas séries meteorológicas, é bastante relevantes, pois auxilia ao produtor a identificar a melhor época, e áreas que apresentarão maiores produtividades conforme as exigências climáticas das culturas, evitando perdas agrícolas, (BLAIN, 2009).

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é encontrada em numerosas regiões em todo o mundo devido à sua resistência a condições adversas de clima e solo. A produção nordestina as vezes tem apresentado uma redução, devido à estiagem que se prolonga em diversos municípios produtores do Piauí e da Bahia, (FUKUDA & IGLESIAS, 1995).

Ainda que venha a se normalizar o regime de chuvas no Nordeste, o fato da mandioca ser uma cultura temporária de longa duração, tendo seu ciclo normal entre 12 e 18 meses, o período de estiagem prolongado prejudica uma retomada veloz da produção em níveis adequados ao suprimento da demanda, (IBGE 2013).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a produção da mandioca ao longo dos anos (1975 a 2015), a fim de se obter informações do zoneamento climático da cultura da mandioca para a região Oeste da Bahia, que por fim auxiliarão no planejamento agrícola da região, bem como na tomada de decisão.

MATERIAL E MÉTODOS

A região Oeste da Bahia, é formada por 24 municipios fica a margem esquerda do rio São Francisco ocupando uma área de 116.786,918 km². É uma região privilegiada com grande recursos hidricos disponivel, cerca de 29 rios perenes, além de possui a topografia plana, o que favorece bastante o agronegocio. Porém possui algumas limitações, sendo a principal delas o periodo de seca prolongado.

Climaticamente, a região apresenta precipitação pluviométrica média anual de 500 a 1500 mm, e temperatura média anual de 21,3 a 27,2°C. Na região, normalmente, ocorrem veranicos, que se caracterizam por períodos de seca durante a estação chuvosa, sendo estes em um período de uma a três semanas, especialmente nos meses de janeiro e fevereiro.

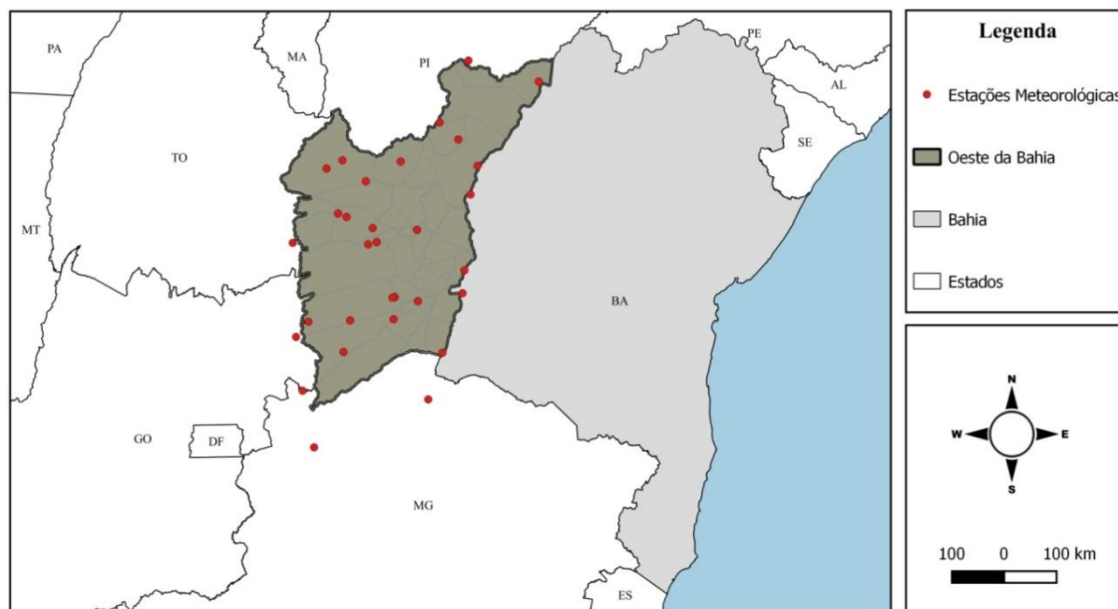


Figura 1 – Localização da região Oeste da Bahia e das Estações meteorológicas utilizadas.

Para a realização do zoneamento climático, foi necessário obter os dados históricos da precipitação média anual e temperatura média anual, entre o período de 1975 a 2015, das 7 estações meteorológicas convencionais do Oeste da Bahia, e outras 6 que se localizam próximos à região, totalizando assim 13 estações meteorológicas, localizadas na região Oeste da Bahia e municípios adjacentes, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

TABELA 1 - Localidades utilizadas para a caracterização da variabilidade das temperaturas máxima e mínima média mensal.

ESTAÇÃO	ESTADO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
Arinos	MG	16° 05' 60" S	47° 57' 00" W	519,00 m
Barra	BA	12° 55' 12" S	44° 50' 24" W	401,58 m
Fazenda Boa Esperança - Barra	BA	10° 38' 00" S	43° 30' 00" W	430,00 m
Boqueirão - Barra	BA	11° 20' 34" S	43° 49' 30" W	450,00 m
Barreiras	BA	13° 50' 60" S	45°00' 00" W	439,29 m
Fazenda São Roque - Barreiras	BA	11° 57' 24" S	45° 27' 23" W	622,00 m
Nova Vida - Montante - Barreiras	BA	11° 21' 08" S	45° 07' 20" W	458,00 m
Fazenda Johá - Barreiras	BA	11° 07' 31" S	45° 48' 39" W	725,00 m
Ponte Serafim - Montante - Barreiras	BA	11° 53' 46" S	45° 36' 43" W	713,00 m
Bom Jesus da Lapa	BA	14° 44' 24" S	44° 35' 24" W	439,96 m

Caracol	PI	10° 43' 12" S	44° 40' 12" W	522,77 m
Carinhanha	BA	15° 43' 12" S	44° 14' 24" W	450,18 m
Correntina	BA	14° 40' 12" S	45° 23' 24" W	459,47 m
Fazenda Planalto - Correntina	BA	13° 45' 01" S	46° 08' 30" W	947,00 m
Arrojolândia - Correntina	BA	13° 44' 03" S	45° 24' 12" W	679,00 m
Formoso	MG	15° 04' 12" S	47° 45' 00" W	840,00 m
Mocambinho	MG	16° 55' 12" S	45° 59' 24" W	452,00 m
Posse	GO	15° 59' 24" S	47° 38' 24" W	825,64 m
Remanso	BA	10° 22' 12" S	43° 53' 60" W	400,51 m
Santa Rita de Cássia	BA	12° 59' 24" S	45° 29' 24" W	450,30 m
Taguatinga	TO	13° 35' 60" S	47° 35' 24" W	603,59 m
Bom Jardim - Formosa do Rio Preto	BA	10° 59' 33" S	45° 31' 36" W	451,00 m
Fazenda Porto Alegre - Cocos	BA	11° 16' 06" S	45° 31' 20" W	500,00 m
Gatos - Jaborandí	BA	13° 42' 38" S	44° 37' 57" W	610,00 m
Fazenda Coqueiro - São Desidério	BA	12° 23' 21" S	44° 55' 56" W	502,00 m
Sítio Grande - São Desidério	BA	12° 26' 00" S	45° 05' 00" W	536,00 m
Santa Maria da Vitória	BA	13° 24' 00" S	44° 12' 00" W	431,00 m
Ibotirama	BA	12° 10' 50" S	44° 13' 24" W	420,00 m
Gameleira - Sítio do Mato	BA	12° 52' 00" S	43° 23' 00" W	415,00 m
Morpará	BA	11° 34' 00" S	43° 17' 00" W	415,00 m

Os dados das 6 estações de municípios aos redores do oeste foram obtidos, para que pudesse ter uma melhor caracterização da variabilidade da precipitação média e temperatura média, uma vez que, apenas as estações localizadas na região são insuficientes para caracterizar as informações prestadas, com uma boa acurácia. Após a obtenção e ajuste dos dados e análise de consistência, realizou-se o preenchimento das falhas dos dados. O preenchimento de falhas foi realizado através do software estatístico R, versão 3.1.3.

Com os dados preenchidos, realizou-se uma estatística descritiva com os dados das estações meteorológicas e toda região Oeste da Bahia, mas as 6 estações próximo ao local de estudo.

Realizou-se a espacialização dos dados provenientes das 13 estações meteorológicas, através da interpolação espacial utilizando o método do peso pelo inverso da distância (IDW) disponível no programa computacional QGIS para a caracterização espacial da precipitação média e temperatura relativa da região.

A embrapa possui indicadores de zoneamento climático para a cultura da mandioca, mostrando a temperatura: ideal, tolerável e não indicada para o cultivo dessa espécie. A faixa ideal de temperatura: 20 a 27°C (média anual); Tolerável entre 16 e 38°C. As temperaturas baixas, em torno de 15°C retardam a brotação das gemas e diminuem ou mesmo paralisam sua atividade vegetativa, prejudicando assim o desenvolvimento da mandioca. Já os dados de precipitação: ideal 1000 a 1500; Tolerável de 300 a 4000. Precipitação abaixo de 300 mm e acima de 4000 mm não é indicado, (EMBRAPA, 2003).

No site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) foram obtidos os dados relacionados à produtividade da mandioca, cobrindo um período de 26 anos (1975 a 2015), analisando o rendimento médio da produção (Kg/ha) no extremo Oeste da Bahia.

Com os dados de produtividade da mandioca se estabeleceu uma correlação com os dados da precipitação média e temperatura média no Oeste Baiano, para examinar a influência climática sobre a produção da cultura da mandioca na região.

Após as correlações, utilizou-se o teste de significância de T-Student para apontar se os valores das correlações apresentam significância estatística ou não, mediante o tamanho da amostra analisada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos dados observados no mapa (Figura 1), referente ao mês de Janeiro (A); Fevereiro (B); Março (C) e Abril (D), se percebe a mal distribuição da precipitação mensal. Sendo o mês de Janeiro, que ocorreu uma maior precipitação. E os outros meses com precipitação abaixo de 235,58 mm, mensal. E confirma os indicadores do zoneamento, que recomenda o plantio até o início de janeiro.

O mapa da figura 2 é claro, com os valores da precipitação, onde os meses de Junho (B), Julho (C) e Agosto (D), a precipitação foi bastante crítica, obtendo valores abaixo de 5 mm mensal. O mês de Maio (A), teve um valor maior em comparação aos outros três meses, mas com valor baixo, que não ultrapassou 23,22 mm.

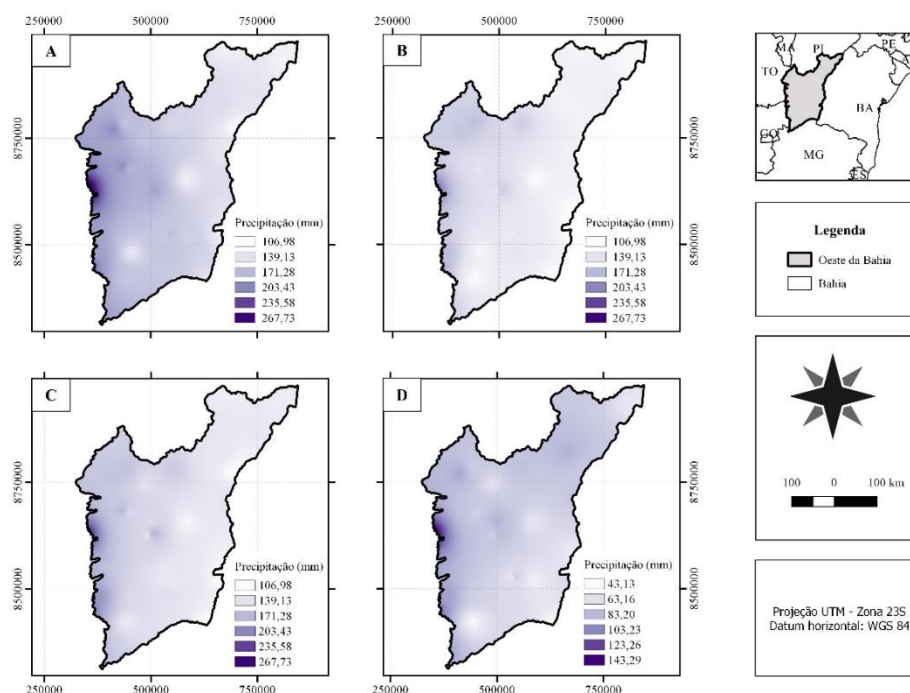


Figura 1: Mapa da variabilidade espacial da Temperatura Precipitação média: a) janeiro; b) fevereiro; c) março; d) abril, da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

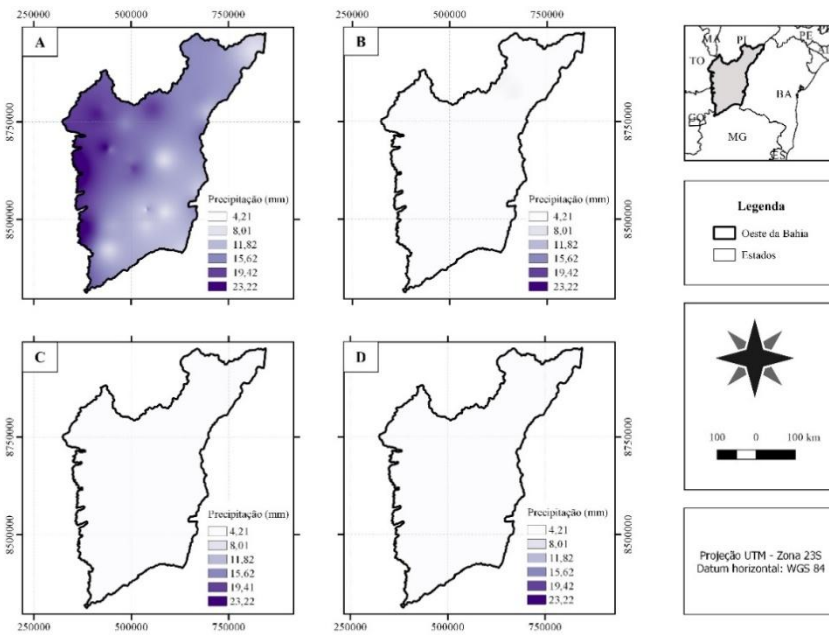


Figura 2: Mapa da variabilidade espacial da Precipitação Média: a) maio; b) junho; c) julho; d) agosto, da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

No mês de Setembro (A), a precipitação começa a atingir a área em estudo, mas com valores ainda abaixo de 23,22 mm. O mês de Outubro ocorre uma maior precipitação, em comparação ao mês de Setembro. Sendo os meses de Novembro (C), Dezembro (D), (figura 3) e Janeiro (Figura 1), registrado a maior média de precipitação do ano. Os dados de precipitação igualam aos indicadores de Zoneamento climático para o Oeste baiano (Meteorologia para a Agricultura).

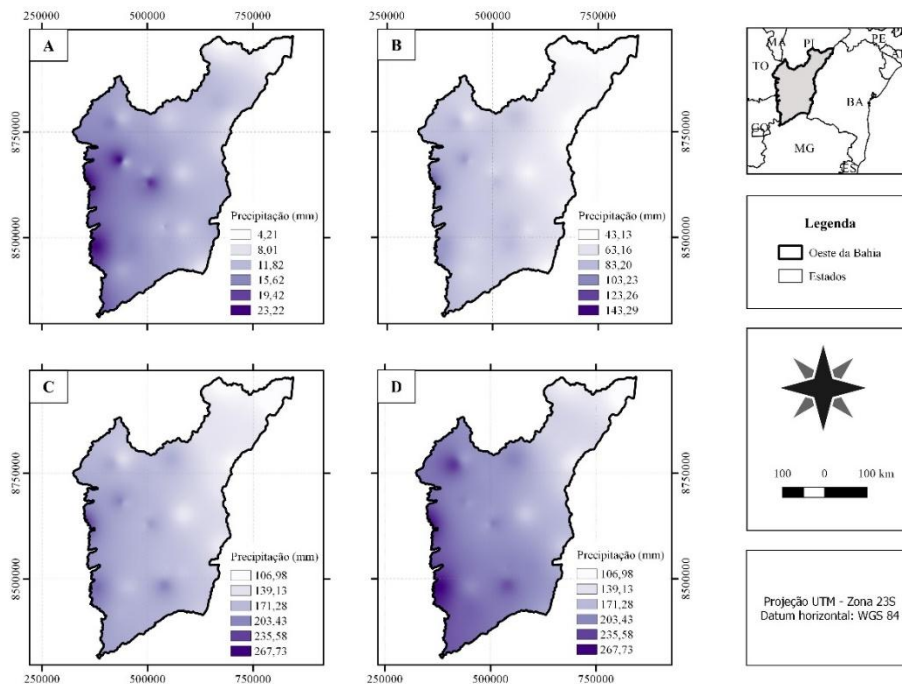


Figura 3: Mapa da variabilidade espacial da Precipitação Média: a) setembro; b) outubro; c) novembro; d) dezembro, da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

Analisando o mapa de precipitação do Extremo Oeste da Bahia (Figura 4), percebe-se que toda região se adequa nos padrões toleráveis pela cultura, apresentando a menor precipitação de aproximadamente 700 mm no município de Mansidão-BA. Se verifica que os municípios de Barreiras-BA, Formosa-MG, São Desiderio-BA, Correntina-BA, Jaborandi-BA e Côcos, são ideais para o cultivo da mandioca, de acordo com os indicadores da Embrapa (EMBRAPA, 2003).

O recomendado para essa região é que o plantio seja realizado nos meses de maior oferta de água, para que não ocorra déficit hídrico nos primeiros 5 meses de cultivo, por ser o período de estabelecimento da cultura. E de acordo com o Sistema de Monitoramento Agrometeorológico, disponível no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climáticos, (CPTEC) o melhor período para o plantio da mandioca é entre o início de Novembro e o início de Janeiro.

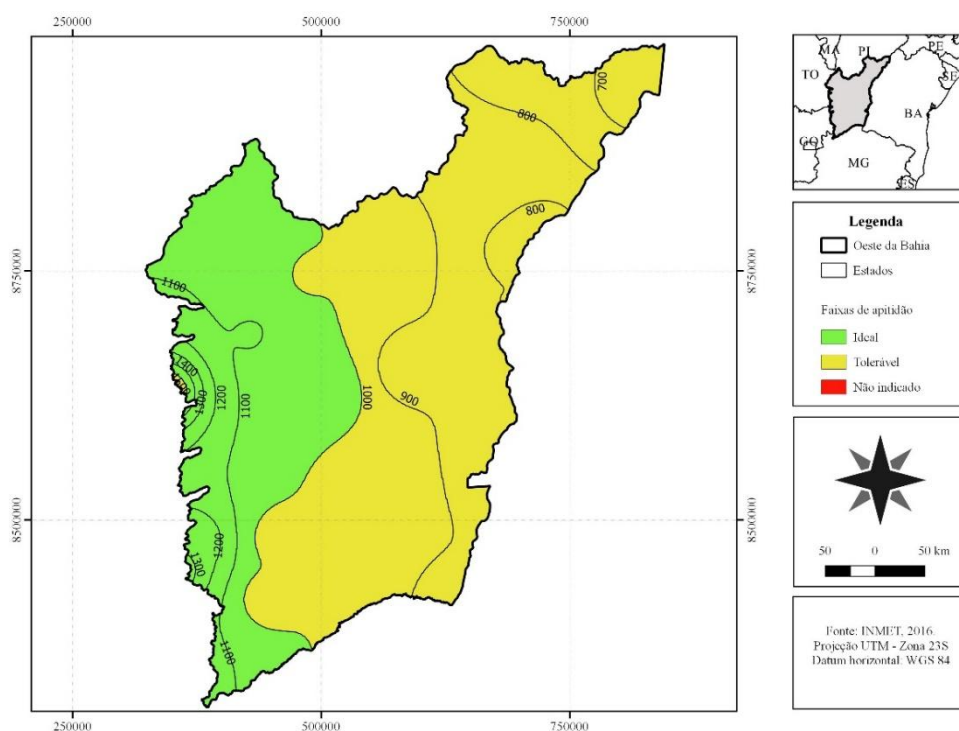


FIGURA 4. Distribuição espacial da Precipitação Média(mm) total anual.

Ao analisar o mapa da Temperatura média mensal (Figura 5), pode ser observado que os meses de Janeiro (A); Fevereiro (B); Março (C) e Abril (D), os valores estão dentro do ideal, para o cultivo da mandioca. A faixa ideal de temperatura é de 20 a 27°C, possuindo apenas pequenos pontos que saem do ideal, o mês de Fevereiro e Abril, mas esta, ainda, na temperatura tolerável.

Os meses de Maio (A), Junho (B), Julho (C) e Agosto (D) apresentados na Figura 6, não se distanciam muito dos resultados obtidos nos primeiros quatro meses, mantendo uma média da temperatura com valores ideais para o cultivo da mandioca. Os meses de Junho e Julho, Agosto, possuem alguns pequenos pontos da temperatura que saem dessa classificação, ou seja, fora do ideal, mas dentro da temperatura tolerável, mais notáveis que nos primeiros 4 meses.

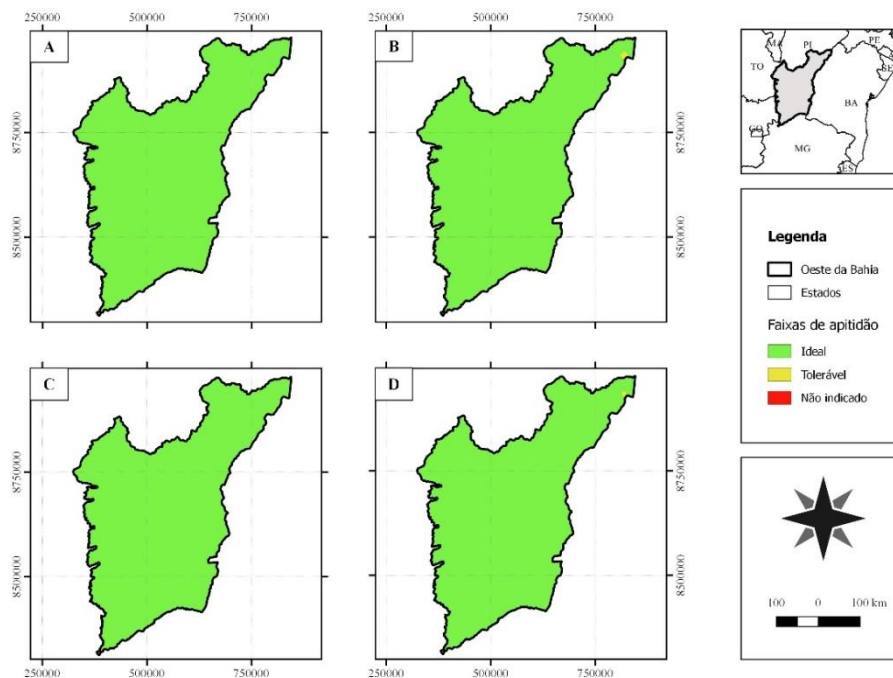


Figura 5: Mapa da variabilidade espacial da Temperatura Média: a) janeiro; b) fevereiro; c) março; d) abril, da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

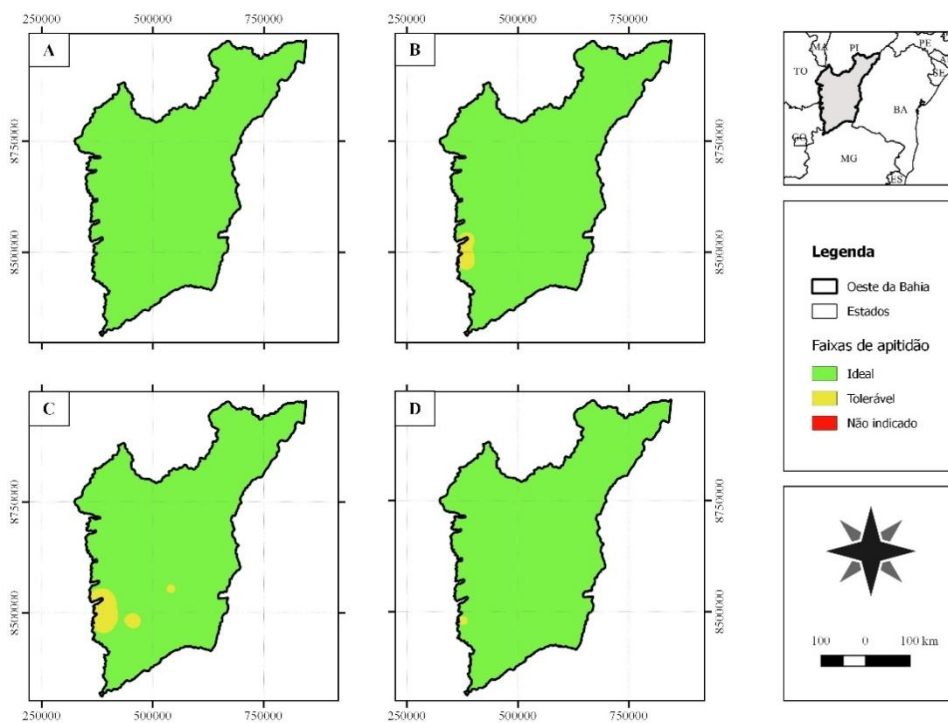


Figura 6: Mapa da variabilidade espacial da Temperatura Média: a) maio; b) junho; c) julho; d) agosto, da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

No mapa da figura 7, referente ao mês de Outubro (B), foi o mês com uma maior discrepância em relação à média da temperatura dos outros meses do ano. Mesmo assim com temperaturas dentro do tolerável, para a cultura em estudo. Os meses de Setembro (A) e Novembro (C), com pequenos pontos, fora do ideal para o cultivo.

Na análise da temperatura média total, (Figura 8) não se verifica nenhuma significância da temperatura durante os anos de estudo (1975 a 2015), mostrando no mapa que a média da temperatura está dentro do ideal para o cultivo da mandioca. Sendo assim a temperatura não teria influência na produção durante esse período, já que foram poucos meses que saíram da classificação do ideal, mas dentro do tolerável.

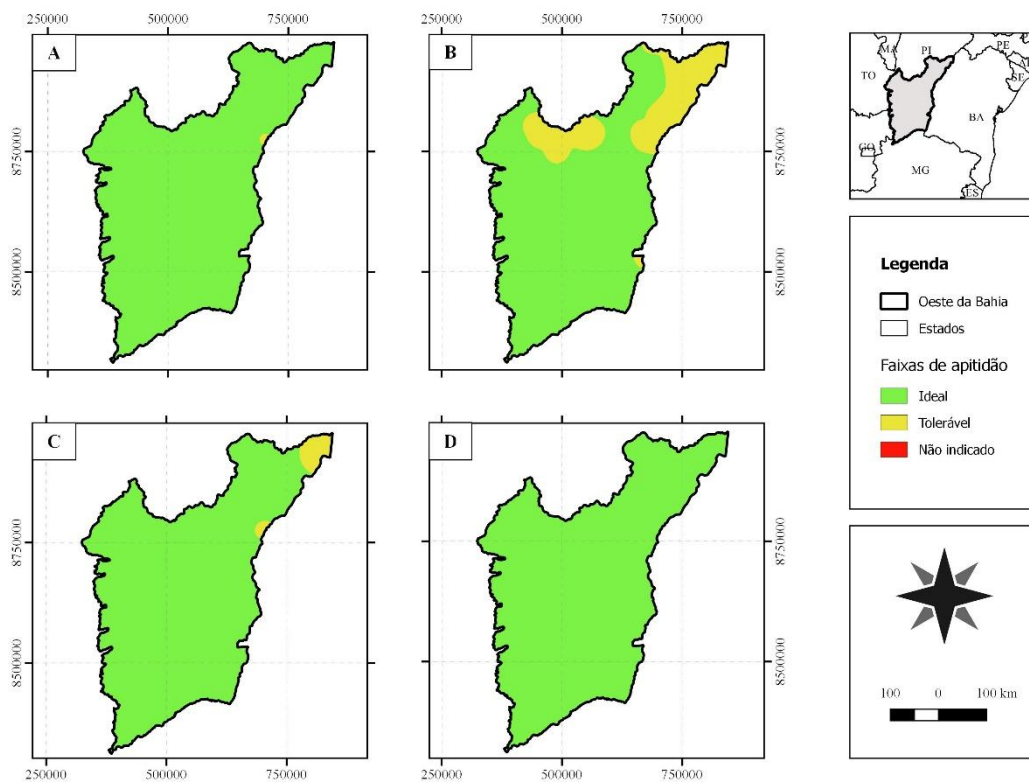


Figura 7: Mapa da variabilidade espacial da Temperatura Média: a) setembro; b) outubro; c) novembro; d) dezembro, da região Oeste da Bahia no período de 1975 a 2015.

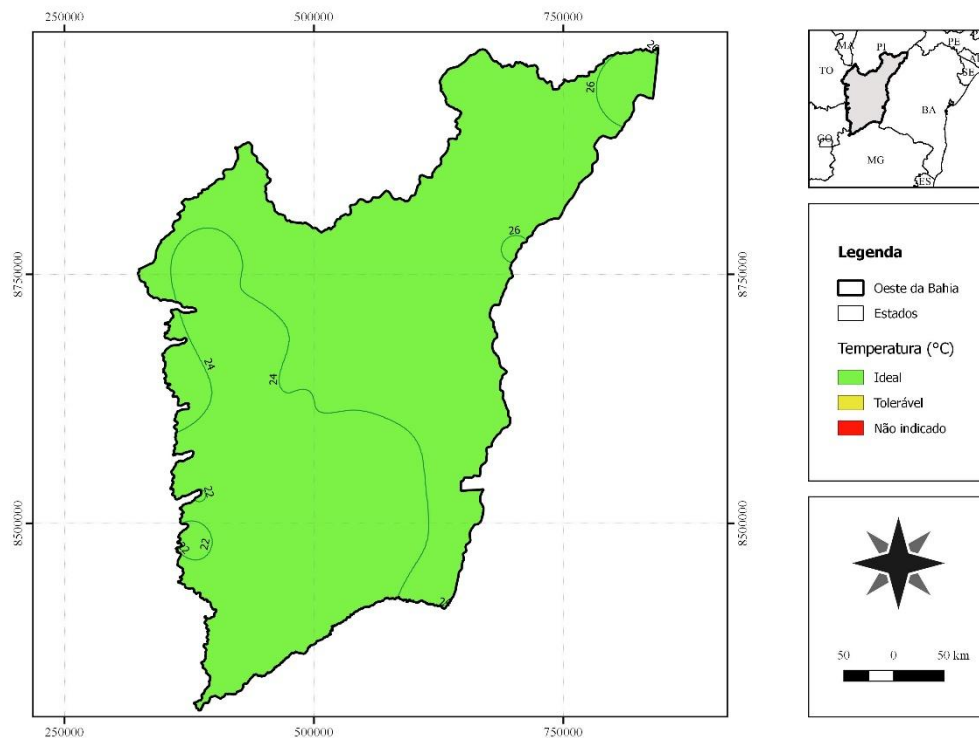


Figura 8: Temperatura média anual.

Em relação a análise de dispersão não se verificou significância estatística entre a correlação da precipitação com a produtividade, demonstrando que as variações nos índices pluviométricos no período observado, não exerceram influência significativa na produtividade da cultura (Figura 9). Sendo que El-Sharkawy et al. (1989) cita a grande resistência da mandioca a um período prolongado de seca.

Figura 9. Análise de dispersão com linha de tendência linear para a produtividade (Kg/ha) da mandioca em função da precipitação no Oeste da Bahia.

CONCLUSÕES

Considerando as variáveis da precipitação, os municípios de Barreiras-BA; Formosa-MG; São Desiderio-BA; Correntina-BA; Jaborandi-BA e Côcos, são ideais ao cultivo de mandioca, sendo, portanto, esses municípios mais recomendados ao seu cultivo. Porém, toda as mesorregiões do Oeste Baiano mostraram-se aptas à exploração dessa cultura. Os dados de temperatura do período de estudo não são muito influentes para a produção da mandioca, pois mantiveram-se no ideal para a cultura.

REFERÊNCIAS

BLAIN, G. C. Considerações estatísticas relativas a oito séries de precipitação pluvial da secretaria de agricultura e abastecimento do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.1, p.12-23, 2009.

EL-SHARKAWY, M. A.; COCK, J. H.; PORTO, M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.2, p.143-154, 1989.

EMBRAPA Mandioca e Fruticultura - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Cultivo da Mandioca para o Estado do Pará. Versão eletrônica, 2003. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/index.htm. Acesso em: 22 de março de 2017.

FILHO, T. K.; ASSAD, E. D.; LIMA, P. R. S. R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v.40, n.4, p.311-322, 2005.

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C. Desenvolvimento de germoplasma de mandioca para as condições semi-áridas. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.14, n.1/2, p.17-38, 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 de Abril de 2017.

MATTOS P. L. P; FARIAS A. R. N; FILHO J. R. F; **Mandioca, O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Embrapa Informação Tecnológica. 2006.

Meteorologia para a agricultura: **Importância do Zoneamento Agrícola e Épocas de Plantio de cada Município**: Disponível em: <http://agricultura.cptec.inpe.br/monitoramento-agricola/pt>. Acesso em: 30 de março de 2017.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: **Zoneamento Agrícola**: Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/zoneamento-agricola>. Acesso em: 29 de março de 2017.

CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA DE FEIJÃO CAUPI COM BASE EM GRAUS-DIA

Pedro Pereira Santos Júnior¹, Edgo Jackson Pinto Santiago², Rodrigo Rafael da Silva³, Gertrudes Macário de Oliveira⁴, Marcus Antônio Pessoa dos Santos Júnior⁵

¹Mestrando PPGHI, DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, ppereirasj@hotmail.com; ²Mestrando PPGHI, DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, edgojp@hotmail.com; ³Acadêmico de Engenharia Agrônômica, DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, rodrigorafaelasilva@gmail.com; ⁴Doutora, Professora Titular, DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, gemoliveira@uneb.br; ⁵Engenheiro Agrônomo, Juazeiro, Bahia, marcusagro@gmail.com

RESUMO: Considerando que a caracterização das fases fenológicas das culturas é de extrema importância para adoção de boas estratégias de manejo, contribuindo para maiores rendimentos e lucratividades, objetivou-se neste trabalho, descrever as fases fenológicas de genótipos de feijão caupi, associada à quantidade de graus-dia. O experimento foi realizado no Campo experimental do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA, no período de julho a setembro de 2016. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5 (genótipos de feijão-caupi x lâminas de irrigação), três repetições. Os genótipos de feijão caupi utilizados foram BRS Acauã e Canapu e as lâminas, com base em 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração de referência determinada pelo método de Penman-Monteith, padrão FAO. A descrição fenológica dos genótipos foi feita considerando os estádios de desenvolvimento do feijão dividido em duas fases: vegetativa e reprodutiva. Da germinação até iniciar a pré-floração, enquanto para a cultivar BRS Acauã foram necessários 29 dias e um acúmulo térmico de 416,8 GD, para o Canapu foram necessários 39 dias e 566,4 graus-dia acumulados. O ciclo total de cultivo e o acúmulo térmico foram respectivamente, para a cultivar BRS Acauã, 65 dias e 970,4 GD; para Canapu, 78 dias e 1187,2 GD. A cultivar BRS Acauã apresentou ciclo precoce, comparado ao genótipo Canapu, iniciando sua fase reprodutiva doze dias antes e exigindo conseqüentemente, para atingir a fase de maturação, um acúmulo térmico menor, 81,74% do requerido pelo Canapu.

PALAVRAS-CHAVE: fenologia, temperatura base inferior, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

PHENOLOGICAL CHARACTERIZATION OF COWPEA BASED ON DEGREES-DAYS

ABSTRACT: Considering that, the characterization of the phenological stages of the crops is extremely important for the adoption of good management strategies, contributing to higher yields and profitability, the purpose of this study was describe the phenological phases of cowpea genotypes associated to the quantity of degrees- day. The experiment was accomplished in the experimental area of the DTCS / UNEB, Juazeiro, Bahia, from July to September, 2016. The experimental design was a randomized block, in a 2 x 5 factorial scheme (cowpea genotypes x irrigation levels), three replicates. The genotypes BRS Acauã and Canapu were used in the experiment, and the irrigation levels were based on 50, 75, 100, 125 and 150% of the reference evapotranspiration determined by the Penman-Monteith method, FAO standard. The phenological description of the genotypes was made considering the stages of development of the cowpea divided into two phases: vegetative and reproductive. From the germination to the beginning of the pre-flowering, while Acauã lasted 29 days and

the thermal accumulation was 416.8 degrees-day; Canapu lasted 39 days and 566.4 degrees-day of thermal accumulation. The total culture cycle and the thermal accumulation were, BRS Acauã, 65 days and 970.4 degrees-day; and Canapu, 78 days and 1187.2 degrees-day. The cultivar BRS Acauã presented an earlier cycle than Canapu genotype, because its reproductive phase begun twelve days before of Canapu, consequently it required, to reach the maturation phase, a lower thermal accumulation, 81.74% of the required by Canapu.

KEY-WORDS: phenology, lower base temperature, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi no Brasil é cultivado predominantemente, por agricultores familiares e tem relevante importância na alimentação da população, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste (BORGES et al., 2012). *Vigna unguiculata* é uma espécie relativamente bem estudada mundialmente, entretanto, em relação as suas fases de desenvolvimento fenológico há poucas informações disponíveis (MOURA, et al., 2012). Mendonça et al. (2015) destacam que é importante saber identificar os estádios fenológicos das culturas, pois facilitará na adoção de boas estratégias de manejo, objetivando maiores rendimentos e lucratividade.

A identificação dos estádios fenológicos das culturas pode ser feita com base em uma constante térmica ou índice residual. Para completar cada subperíodo fisiológico do ciclo de vida, as plantas requerem o acúmulo de certa quantidade de calor, expressa comumente pelo índice de graus-dia, que representa a soma térmica acima da temperatura base mínima para o desenvolvimento (SCHÖFFEL & VOLPE., 2002).

A determinação dos graus-dia possui grande importância para a avaliação da duração do ciclo fenológico das culturas uma vez que, considerando apenas o tempo cronológico, poderão ocorrer variações em função das condições meteorológicas existentes (OLIVEIRA et al., 2012).

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho, descrever as fases fenológicas de genótipos de feijão caupi, associada à quantidade de graus-dia, cultivados na região do Submédio do Vale do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da UNEB, no Município de Juazeiro-Ba (Lat. 09° 24' 50" S; Long. 40° 30' 10" W; Alt. 368 m), no período de julho a setembro de 2016. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo BswH', semiárido.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, esquema fatorial 2 x 5 (genótipos de feijão-caupi x lâminas de irrigação), com três repetições. Os dois genótipos de feijão caupi foram combinados com cinco lâminas de irrigação, obtidas com base em 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração de referência (ET_o).

Para descrição fenológica dos genótipos de feijão caupi, seguiu-se a caracterização proposta por Laing et al. (1984), que consideram os estádios de desenvolvimento do feijão dividido em duas fases: vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa é constituída pelas etapas V0 (germinação - iniciada a germinação da semente), V1 (emergência - 50% dos cotilédones fora do solo), V2 (folhas primárias - par de folha primária expandida), V3 (primeira folha trifoliolada - com folíolos expandidos), e V4 (terceira folha trifoliolada - com folíolos expandidos); e a fase

reprodutiva pelas etapas R5 (pré-floração - após emissão do primeiro botão ou racimo floral), R6 (floração - primeira flor aberta), R7 (formação de legumes - primeira vagem com a corola desprendida), R8 (enchimento de legumes - início de inchamento das vagens) e R9 (maturação - quando a primeira vagem começa a descolorir ou secar).

Com o acompanhamento diário do desenvolvimento da cultura, determinou-se o número de dias após o plantio (DAP) necessários, para a planta iniciar cada estágio fenológico e a duração dos estágios em dias. Os graus-dia necessários para o desenvolvimento de cada estágio fenológico foram calculados pela equação:

$$UC = \sum T_{méd} - t_b$$

em que, UC – Unidades de calor acumuladas (GD); $T_{méd}$ - temperatura média diária (°C); t_b - temperatura base inferior (°C).

Os dados médios diários de temperatura foram obtidos na estação meteorológica automática do DTCS/UNEB; a temperatura base inferior adotada foi de 10 °C (BASTOS et al., 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observam-se para as diferentes fases fenológicas dos genótipos de feijão caupi, o número de dias e as unidades de calor acumulados (UC), ou graus-dia (GD) requeridos por fase e acumulados para cada genótipo. Observa-se na tabela que do plantio até a emergência (V1) dos dois genótipos foram necessários cinco dias e 74,1 GD. Marinho et al. (2014) verificaram o mesmo número de dias para a emergência do feijão-caupi, porém, foram necessários 86,0 graus-dia. Souza et al. (2007) destacam a importância da determinação do acúmulo térmico para as fases iniciais, da emergência às primeiras folhas. Percebe-se ainda na tabela, que até o surgimento da terceira folha trifoliolada (V4), as exigências térmicas em termos de graus-dia é a mesma para ambas os genótipos, sendo necessários da germinação até o início desta fase, 294,1 graus-dia.

Percebe-se diferença entre os genótipos de feijão caupi, quanto ao número de dias requerido e conseqüentemente, o acúmulo térmico, a partir da última fase vegetativa (V4). Da germinação até iniciar a pré-floração (R5), enquanto para a cultivar BRS Acauã foram necessários 29 dias e um acúmulo térmico de 416,8 GD, para o Canapu foram necessários 39 dias e 566,4 graus-dia acumulados. Nota-se, portanto, um menor número de dias e conseqüentemente, menor unidades de calor acumulados necessários para a cultivar BRS Acauã atingir a fase reprodutiva. Para Freire Filho et al. (2005), um dos fatores que afetam o início do florescimento, são as temperaturas elevadas, especialmente à noite, pois podem influenciar o início do florescimento e duração do período reprodutivo, podendo ocasionar até abortamento de flores.

Analisando individualmente o número de dias requerido por cada genótipo, para cada uma das fases reprodutivas, percebe-se na Tabela 1, o menor número de dias para cultivar BRS Acauã, com exceção da fase de enchimento de legumes (R8) que foi superior, e da fase de maturação (R9) que foi igual, ao número de dias do Canapu. Embora na fase de maturação (R9) tenha sido requerido o mesmo número de dias para os dois genótipos, o acúmulo térmico foi maior para o Canapu, isso, em função do maior número de dias para o genótipo atingir a maturação, coincidindo essa fase, ao período de temperaturas mais elevadas (15 a 22 de setembro). O ciclo total de cultivo e o acúmulo térmico foram respectivamente, para a cultivar BRS Acauã, 65 dias e 970,4 GD; para Canapu, 78 dias e 1187,2 GD. Os graus-dia acumulados encontrados neste estudo para a cultivar BRS Acauã foram inferiores e para o Canapu superiores, aos encontrados por Mendonça et al. (2015), para genótipos de feijão caupi, 1048,76 GD.

As diferenças observadas, certamente estão associadas a características dos genótipos, bem como, época e local de condução do experimento.

Tabela 1. Duração média e acumulada em dias e graus-dia por fase fenológica, durante o desenvolvimento dos genótipos de feijão caupi, BRS Acauã e Canapu. Juazeiro, BA.

Fases	BRS Acauã				Canapu			
	Dias		Graus-dia		Dias		Graus-dia	
	Fases	Acum.	Fases	Acum.	Fases	Acum.	Fases	Acum.
V0	3	3	45,5	45,5	3	3	45,5	45,5
V1	2	5	28,6	74,1	2	5	28,6	74,1
V2	9	14	134,3	208,4	9	14	134,3	208,4
V3	6	20	85,7	294,1	6	20	85,7	294,1
V4	9	29	122,7	416,8	19	39	272,3	566,4
R5	9	38	134,1	550,9	11	50	171,9	738,3
R6	6	44	95,3	646,2	8	58	122,4	860,6
R7	3	47	47,6	693,8	5	63	77,4	938,0
R8	10	57	150,9	844,7	7	70	113,1	1051,1
R9	8	65	125,7	970,4	8	78	136,1	1187,2

CONCLUSÕES

A cultivar BRS Acauã apresentou ciclo precoce, comparado ao genótipo Canapu, iniciando sua fase reprodutiva doze dias antes e exigindo conseqüentemente, para atingir a fase de maturação, um acúmulo térmico menor, 81,74% do requerido pelo Canapu

REFERÊNCIAS

- BASTOS, E. A. et al. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.43-50, 2002.
- BORGES, P.R.S. et al. Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculadas com rizóbio em Gurupi, TO. **Revista Caatinga**, v.25, p.37-44, 2012.
- FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J.A.A. L.; RIBEIRO, V. Q. Feijão caupi: avanços tecnológicos Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnologia**, 2005. 519p.
- LAING, D.R.; JONES, P. G.; DAVIS, H.G.; Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GOLDSWORTHY, R.P.; FISHER, N.M. **The physiology of tropical field crops**. New York: John Willey, 1984. P 305-351.

MARINHO, T.R.S. et al. Desenvolvimento Fenológico do Feijão Caupi com Base em Graus-dia. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, 2014.

MOURA, J. Z. et al. Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus-dia do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 66-71, 2012.

MENDONÇA, C.A. et al. Caracterização fenológica associada a graus-dia em genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes. **Enciclopédia Biosfera- Goiânia**, v.11 n.21, 2015.

OLIVEIRA, A.S. et al. Determinação do tempo térmico para o desenvolvimento de mudas de eucalipto na fase de enraizamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16 n.11, , 2012.

SCHÖFFEL, E. R.; VOLPE, C. A. Relação entre a soma térmica efetiva e o crescimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 89-96, 2002.

SOUZA, L. S. B. et al. Caracterização térmica do feijão-caupi e do milho em sistema de plantio consorciado nas condições do Semiárido Nordeste. In: **II Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, 2007**, Embrapa Semiárido. Anais da II Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, 2007.

Conversão da radiação fotossinteticamente ativa para a produção de fitomassa de milho em Piracicaba/SP

Vitor de Jesus Martins Biachini¹, Tamires Teles de Souza², Rodolfo Armando Pereira³,
Thais Leticia dos Santos⁴, Fábio Ricardo Marin⁵

¹Graduando em Engenharia Agrônômica, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba, SP, email: , vjmbianchini97@gmail.com, ² Mestranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba, SP, email: tamires.teles.souza@hotmail.com, ³Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba, SP, email: rodolfopereira@usp.br, ⁴Mestranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba, SP, email: santos.thaisle@gmail.com, ⁵ Professor efetivo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba, SP, email:fabiomarin@usp.br

RESUMO: A capacidade da planta em produzir a biomassa seca está diretamente relacionada com a quantidade de energia luminosa disponível, e a eficiência de conversão desta, para isso é apropriado que as análises de crescimento de plantas sejam baseadas na avaliação da eficiência pela qual a radiação incidente é absorvida. Diante disso, objetivou-se quantificar a eficiência de conversão da energia interceptada pela planta em produção de fitomassa seca aérea na cultura do milho para o híbrido P4285YH, na região de Piracicaba/SP. O trabalho foi conduzido na área experimental próximo à estação meteorológica, pertencente à ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba-SP, foram medidos índice de área foliar e massa seca das plantas. A eficiência de produção de matéria seca apresentou valor máximo de 5,23 g.MJ⁻¹ e a eficiência de conversão de fitomassa foi de 4,92 g.MJ⁻¹. Ambos valores foram altos e mostram o potencial do híbrido para converter radiação fotossintética interceptada em fitomassa.

PALAVRAS-CHAVE: Ceres-maize, produtividade, EUR, IAF.

Conversion of photosynthetically active radiation to corn phytomass production in Piracicaba/SP

ABSTRACT: The plant's ability to produce dry biomass is directly related to the amount of light energy available, and the conversion efficiency of the plant, so it is appropriate that the plant growth analyzes are based on the evaluation of the efficiency by which the incident radiation is Absorbed. The objective of this study was to quantify the efficiency of the energy intercepted by the plant in aerial phytomass production in the maize crop for the hybrid P4285YH in the region of Piracicaba/SP. The work was conducted in the experimental area near the meteorological station, belonging to ESALQ / USP, located in the city of Piracicaba-SP, were measured leaf area index and dry mass of plants. The dry matter yield efficiency was 5.23 g.MJ⁻¹ and the phytomass conversion efficiency was 4.92 g.MJ⁻¹. Both values were high and show the potential of the hybrid to convert photosynthetic radiation intercepted in phytomass.

KEY-WORDS: Ceres-maize, productivity, EUR, IAF.

INTRODUÇÃO

A radiação solar global é considerada como uma variável de entrada de elevada importância em estudos de necessidade hídrica de culturas agrícolas, modelagem do

crescimento e na produção vegetal (BORGES et. al., 2010). Parte dessa radiação solar global que chega na superfície do dossel da cultura é refletida, parte é absorvida pela planta e parte é transmitida para o solo (NORMAN e CAMPBELL, 1989). A parte da radiação solar que é absorvida pela planta e convertida em energia, através do processo de fotossíntese é denominada radiação fotossinteticamente ativa (PAR).

A produção da biomassa seca da cultura é dada em função da PAR e da eficiência de conversão desta pela planta, sendo que tal eficiência é um parâmetro utilizado em modelos de simulação para gerar a fotossíntese líquida de uma cultura (CARON et al., 2002). A eficiência fotossintética depende da taxa fotossintética por unidade de área foliar e da interceptação da radiação solar, que são influenciadas pelas características da arquitetura da copa e pela densidade de área foliar (GOSSE et. al., 1986). Sendo assim, objetivou-se quantificar a eficiência de conversão da energia interceptada pela planta em produção de fitomassa seca aérea da cultura do milho, na região de Piracicaba/SP.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental próximo à estação meteorológica, pertencente à ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba-SP, com latitude 22°52'S, longitude 47°30'O, e altitude de 546 m. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho eutrófico nitossólico, preparado de maneira convencional, realizado uma aração a 30 cm de profundidade e, em seguida uma gradagem para destorroamento e nivelamento. A adubação mineral de plantio e cobertura foi realizada de acordo a análise do solo, de modo a não permitir a ocorrência de estresses nutricionais. A adubação de cobertura foi realizada no estádio V5 a V6 das plantas, ou seja, 5 a 6 folhas totalmente expandidas, com o adubo incorporado a 3 cm de profundidade.

A lavoura de milho foi implantada no dia 31 de outubro de 2016, com espaçamento de 0,45 e com população de 66.000 plantas por hectare. A semeadura foi realizada utilizando cerca de 10% a mais do número de sementes em razão das possíveis falhas de germinação, ataque de pragas e outros fatores de redução de estande. Foi utilizado o híbrido P4285YH, selecionado entre o mais comercializado pelos produtores da região, com elevado potencial produtivo e adaptado as condições edafoclimáticas da região. Além de ser considerada excelente opção para silagem, qualidade de grãos e colmo, possui elevada produtividade, estabilidade e sanidade foliar e, alta tolerância ao acamamento e quebraamento.

A coleta das amostras para análise de massa seca das plantas foi realizada aproximadamente a cada 21 dias, ao longo de todo o ciclo da cultura, com início após sete dias de emergência das plantas. As amostras foram coletadas de modo aleatório na cultura, para evitar possíveis clarões entre elas, preferencialmente nas extremidades da parcela, evitando-se que a retirada de várias plantas em sequência pudesse interferir no desenvolvimento das plantas avaliadas. Foram retiradas cinco plantas de cada parcela experimental e, separadas em caule e folha fotossinteticamente ativa. As amostras foram devidamente identificadas e condicionadas em sacos de papel pesadas em balança de precisão e, posteriormente levados à estufa de circulação forçada de ar a 60° C por 72 horas.

Na determinação do índice de área foliar (IAF), semanalmente, utilizou-se o processo de medida direta estimada através do método utilizado por MOURICE et al. (2014). Esse método se dá através da multiplicação do comprimento da folha (L), medido da ponta da folha até o ponto anexado ao colarinho, largura da folha (W), medida no ponto mais largo da folha e, pelo fator de 0,75 (JUNIOR et al., 2014), conforme descrito na equação 1

$$\text{IAF} = L.W.0,75 \quad (1)$$

A radiação fotossinteticamente ativa interceptada foi calculada a partir da metodologia proposta por VARLET-GRANCHER et al. (1989):

$$\text{RFAI} = 0,95.(\text{RFAinc}).(1 - e^{-k.\text{IAF}}) \quad (2)$$

em que RFAI é a radiação fotossinteticamente ativa interceptada em MJ .m⁻²; k é o coeficiente de extinção de 0,65 segundo BARROS (1998); IAF é o índice de área foliar; RFAinc é a radiação fotossinteticamente ativa incidente, MJ.m⁻².

A eficiência de uso da radiação (α), dado pelo coeficiente angular, representa a quantidade de biomassa formada para cada unidade de energia interceptada. Para a estimativa da eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (FSA) foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{FSA} = \alpha. \sum \text{RFAI} \quad (3)$$

em que α é a eficiência de conversão da radiação RFAI em fitomassa seca produzida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficiência fotossintética depende da taxa fotossintética por unidade de área foliar e da interceptação da radiação solar, as quais, entre outros aspectos, são influenciadas pelas características da arquitetura da copa (MARCHÃO et. al., 2006). Sendo assim, verificou-se que a curva que relaciona o IAF e o RFAI apresentou um crescimento até atingir um ponto de máxima, com um valor de 6,3, aproximadamente aos 68 DAS e, logo após decresceu (Figura 1). Esse decréscimo é em função da senescência das folhas basais, o que pode estar relacionado ao auto-sombreamento.

A queda no IAF no período em que a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada (RFAI_ac) estava próximo de 300-400 MJ.m⁻² (Figura 1), pode estar relacionada com a ocorrência de déficit hídrico nas plantas. Essa ocorrência implica em redução da absorção RFA devido a menor área foliar decorrente da murcha ou enrolamento foliar no períodos de estresse hídrico (EARL e DAVIS, 2003).

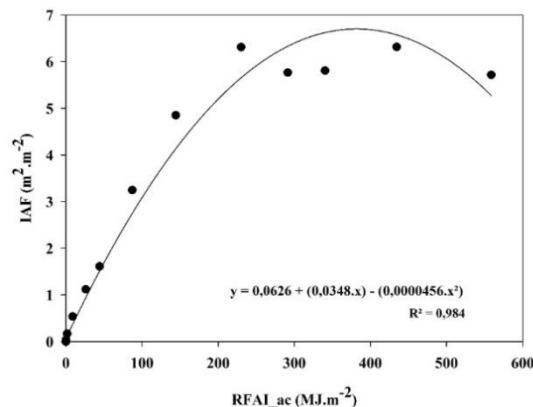


Figura 15. Relação entre o índice de área foliar (IAF) e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada (RFAI_ac).

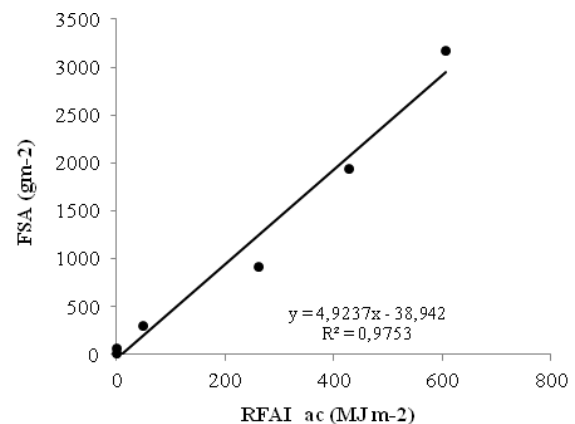


Figura 16. Produção de Fitomassa Seca total da parte aérea (FSA), em razão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada (RFAI_ac).

Observou-se uma relação linear positiva entre FSA e a RFAI_ac apresentando um padrão de resposta crescente de fitomassa seca em função do acréscimo da radiação

fotossinteticamente ativa interceptada. O híbrido P4285YH, portanto, possui alto potencial para converter a RFAI em fitomassa com um coeficiente de determinação de aproximadamente 0,97.

A eficiência de uso da radiação pode ser calculada por meio da regressão linear entre a FSA e a RFAI_{ac}, dado pelo coeficiente angular da reta. Essa eficiência representa a quantidade de fitomassa formada para cada unidade de energia interceptada envolvida na produção de fitomassa (CARON et al., 2002). Verificou-se que a eficiência do híbrido P4285YH é alta, 4,92 g.MJ⁻¹, o que confirma seu potencial de conversão de RFAI em fitomassa. Esse valor encontrado é alto, comparado ao valor de 2,49 g.MJ⁻¹, proposto por GOSSE et al., (1986), para a cultura do milho e ao valor de 2,60 g.MJ⁻¹ encontrado por FRANÇA et al. (1999). No entanto, destaca que a eficiência de conversão pode variar entre os subperíodos do desenvolvimento da cultura. Müller et al. (2001) verificaram que, para o milho, a eficiência de conversão foi de 1,71 g.MJ⁻¹, para a emergência até a nona folha expandida e de 3,58 g.MJ⁻¹, para o final do subperíodo vegetativo até o enchimento de grãos.

A eficiência de produção de matéria seca, definida como a razão entre a energia química que é armazenada em fotoassimilados e a energia radiante absorvida pelo dossel (MONTEITH, 1972) apresentou um valor máximo de 5,23 g.MJ⁻¹, com IAF variando em torno de 5,7. Este valor de RFA foi superior aos encontrados por Romano (2005) de 3,87, 3,83 e 3,73 g.MJ⁻¹ referente aos híbridos BRS 1001, BRS 1010 e BRS 3003, respectivamente, com populações de 64.000 plantas por hectare considerando apenas a matéria seca da parte aérea.

Segundo Müller et al. (2001) é apropriado que as análises de crescimento de plantas sejam baseadas na avaliação da eficiência pela qual a radiação incidente é utilizada no acúmulo da biomassa, pois notadamente os vegetais autotróficos são sistemas termodinamicamente abertos e, por isso, necessitam de energia solar para sua sobrevivência. Foi observado um resultado de 4,92 na eficiência da conversão da radiação fotossinteticamente ativa, em torno de 80 DAS, com um acumulado de RFA de 607 MJ.m⁻².

CONCLUSÕES

Pode-se concluir com este trabalho que a eficiência de conversão de fitomassa α , do híbrido P4285YH, em relação à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada, foi maior que a encontrada para outras variedades de milho. Esse fato pode estar relacionado a diversos fatores como, características físicas das folhas; a densidade populacional e/ ou distância, entre linhas e as condições do meio.

A eficiência de produção de matéria seca apresentou valor máximo, também superior ao encontrado em outros trabalhos, de 5,23 g.MJ⁻¹.

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo número 2016/17008-2.

REFERÊNCIAS

CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; MEDEIROS, S. L. P.; HELDWEIN, A. B.; MAFRON, P. A. Eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa e distribuição de fitomassa produzida no meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.10, n.2, p.215-219,2002.

BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M.; PAMPONET, B. M. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 74-80, 2010.

EARL H, DAVIS RF (2003). Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agron. J.* 95: 688–696.

FRANÇA, S.; BERGAMASCHI, H., ROSA, L. M. G. Modelagem do crescimento de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-dia, com e sem irrigação. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 59- 66, jan./fev. 1999

JUNIOR, R. A. F.; SOUZA, J. L. De; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; SOUZA, R. C. De; NETO, R. A. D. A. Eficiência do uso da radiação em cultivos de milho em Alagoas Radiation use efficiency in corn crop in Alagoas. p. 322–328, 2014.

GOSSE, G., VARLET-GRANCHER, C., BONHOMME, R. Et al. Production maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. *Agronomie*, Paris, v. 6, p. 47-56, 1986.

MONTEITH, J.L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal Applied Ecology*, London, v.9, p. 747-766, 1972.

MÜLLER, A.G., BERGAMASCHI, H., SILVA, M.I.G. Eficiências de interceptação, absorção e de uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. e REUNIÃO LATINOAMERICANA DE GROMETEOROLOGIA, 3., 2001. Fortaleza, CE, Anais ..., Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p. 565-566.

MOURICE, S. K.; RWEYEMAMU, C. L.; TUMBO, S. D.; AMURI, N. Maize Cultivar Specific Parameters for Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Application in Tanzania. n. March, p. 821–833, 2014.

BALANÇOS HÍDRICOS CLIMATOLÓGICOS DECENDIAIS NO PERD 2005 - 2015 E ANOMALIA 2012-2013

Denise Aparecida Antunes¹, Fulvio Cupolillo², Fábio Monteiro Cruz³, Maria José Hatem de Souza⁴

¹Mestranda do programa de Pós-graduação do Instituto Federal de Minas Gerais-MG, Bambuí, Minas Gerais, daa21@hotmail.com. ²Doutor em Climatologia, IFMG-Campus Santa Luzia, Santa Luzia, MG, fulvio.cupolillo@ifmg.edu.br; ³Mestre em Recursos Hídricos, IFMG-Campus Governador Valadares, MG, fabio.cruz@ifmg.edu.br. ⁴EngAgrícola, Professora Associada do Departamento de Agronomia/Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina- UFVJM, mariahatem@ufvjm.edu.br

RESUMO: Neste trabalho, objetiva-se comparar os balanços hídricos climatológicos decendiais do Parque Estadual do Rio Doce -PERD e seu entorno, por meio de quatro estações meteorológicas automáticas. Duas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizadas nos municípios de Timóteo e Caratinga, e duas pertencentes ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, localizadas nos municípios de Ipatinga e Marliéria no PERD. Os dados utilizados referem-se a um período de 11 anos compreendidos entre 2005 a 2015, com o ano hidrológico anômalo, período 2012 a 2013, afim de detectar os possíveis efeitos causados por mecanismos atmosféricos que influenciam à superfície, como: veranicos climatológicos, intensidade de deficiências e excedentes hídricos, ocorridos em decêndios não previstos pela climatologia. Espera-se que este trabalho, contribua para a instalação de novos equipamentos automáticos, como uma rede de estações meteorológicas e pluviômetros, afim de que peculiaridades sejam descobertas, esclarecendo enigmas contidos na vida de 42 lagos tectônicos e toda Mata Atlântica, existentes no PERD.

PALAVRAS-CHAVE: veranico, decêndios, deficiência

WATER BALANCES CLIMATOLÓGICOS DECENDIAIS IN THE DRSP 2005-2015 AND ANOMALY 2012-2013

ABSTRACT: In this work, it aims to compare the water balances climatological Decendiais of the Rio Doce State Park- RDSP and its surroundings, through four automatic meteorological stations. Two belonging to the National Institute Meteorology – NIMET, located in the municipalities of Timóteo and Caratinga, and two belonging to the Minas Gerais Mineiro Institute of Water Management – MIWM, located in the municipalities of Ipatinga and Marliéria in the RDSP. The data used refers to a period of 11 years comprised between 2005 and 2015, with the hydrological year anomalous, period 2012 to 2013, in order to detect the possible effects caused by atmospheric mechanisms affecting the surface, such as: Veranicos climatological, intensity of deficiencies and surplus water, occurring in decendios not foreseen by climatology. This work is expected to contribute to the installation of new automatic equipment, such as a network of meteorological stations and gauges, in order for peculiarities to be discovered, clarifying riddles contained in the life of 42 lakes tectonic and all Atlantic rainforests, existing in the RDSP.

KEY-WORDS: Dry Spell, decendios, deficiency,

INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos o homem busca maneiras de sobreviver em diferentes espaços do planeta. A diversidade de uma área interfere na integração homem/terra. Um dos fatores que interfere nessa conexão é o clima de uma região, que afeta o modo de vida dos seres do ecossistema vigente, as intervenções ocorrem através dos azares climáticos (geadas, secas, granizos, ventos) e do controle que o clima exerce sobre os estágios da produção agrícola. Assim, a influência que o clima exerce sobre a produção agrícola denota a importância de determiná-lo e caracterizá-lo de modo que o conhecimento desses elementos (JUNIOR, 2009), torne necessário para desenvolver projetos ambientais eficientes, e também prevenir a sociedade de desastres. O Brasil possui grande extensão territorial que proporciona uma dinâmica climática distinta. Com isso o estudo do clima é necessário para identificar áreas de grande, média e pequenas características climáticas homogêneas (ROLIM, et.al., 2007), a fim de proporcionar indicativos sobre o potencial agrícola, meio ambiente e características ecológicas da área em estudo.

O Parque Estadual do Rio Doce – PERD, está localizado no trecho médio da bacia do rio Doce, criado em 14 de julho de 1944, pelo Decreto Lei nº 1119, (MINAS GERAIS, 1944) com 35.973 ha. Situa-se na Depressão Interplanaltica do vale do rio Doce caracterizada pela presença de vales entulhados de sedimentos. O PERD possui 42 lagos naturais que ocupam 6% de sua área. (IEF-MG, 2008). A Unidade de Conservação segundo (PEIXOTO, 2012), abriga milhares de espécies vegetais, centenas de aves, répteis, anfíbios, peixes, roedores e mamíferos, com espécies raras de primatas, contribuindo para a manutenção da biodiversidade regional.

O objetivo deste trabalho é analisar os balanços hídricos climatológicos decenais pelo método de Thornthwaite e Matter (1955) para a climatologia dos anos de 2005 -2015 comparando-a com o período anômalo de 2012-2013; detectar o início das estações secas e chuvosas, a presença de veranicos climatológicos, possíveis anomalias na distribuição de chuvas, e identificar os mecanismos atmosféricos que atuam na superfície do PERD.

MATERIAL E MÉTODOS

Para confeccionar os gráficos de balanços hídricos climatológicos decenais pelo método de Thornthwaite e Matter (1955) foram utilizados dados de temperatura e chuvas das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, e do Instituto Mineiro de Gestão das Águas-IGAM, dos municípios de Ipatinga, Timóteo, Caratinga e do Parque Estadual do Rio Doce –PERD (Figura 1). Sendo utilizados dados referentes ao período de 2005 a 2015, totalizando 11 anos.

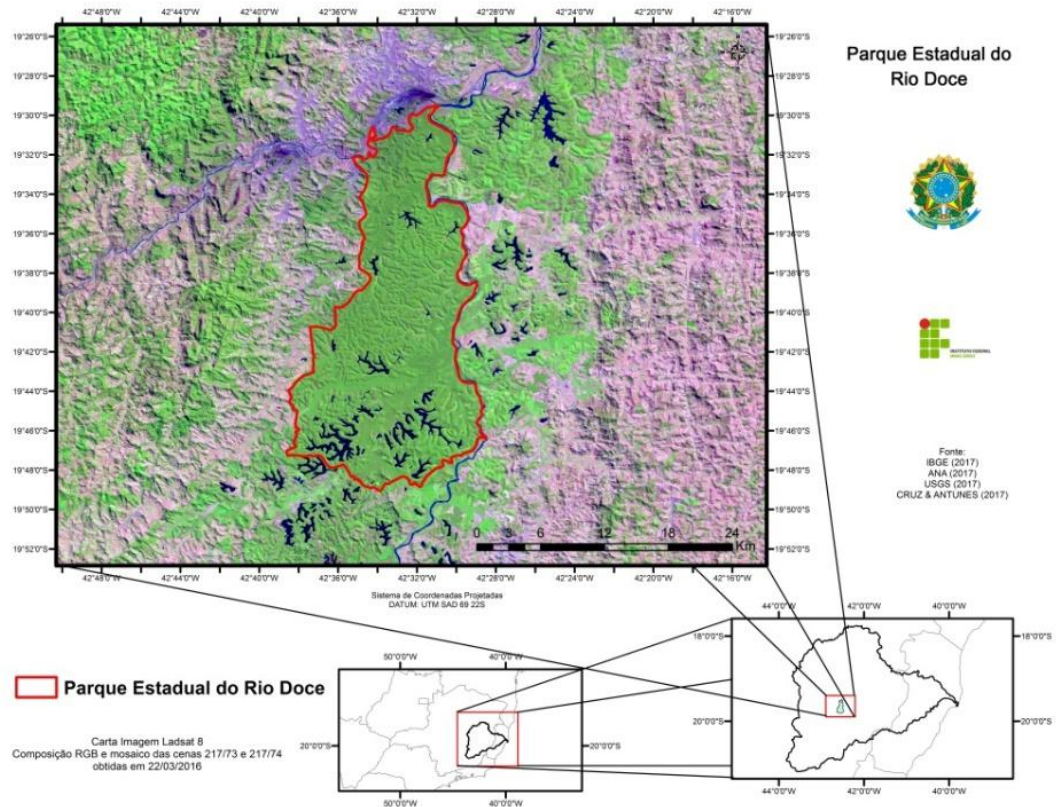


Figura 1- Localização do Parque Estadual do Rio Doce-PERD

Fonte: IBGE, IGAM (2017).

Os dados foram dispostos no programa computacional Excel™ (ROLIM, 1998), por meio do qual calcularam-se as médias das temperaturas e as somatórias de chuvas no período estudado. Em seguida os dados foram separados em decêndios, períodos que equivalem dez dias consecutivos. Os decêndios foram distribuídos da seguinte maneira: nos meses com trinta e um dias a média do 3º decêndio é elaborada com onze dias, o mês de fevereiro o 3º decêndio é calculada para oito dias, e nos anos bissextos a média refere a nove dias. Para tal, foi utilizada a Equação 1, proposta por Cupolillo (2015).

$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^{nd} di}{N} \quad (1)$$

em que:

Pm = Precipitação média sazonal DPC e DPS por ano,

nd = número de decêndios no DPC e no DPS,

di = número de cada elemento hidroclimatológico por decêndios no DPC e no DPS,

$\sum_{i=1}^{nd} di$ = somatório das precipitações acumuladas por decêndio, DPC e DPS,

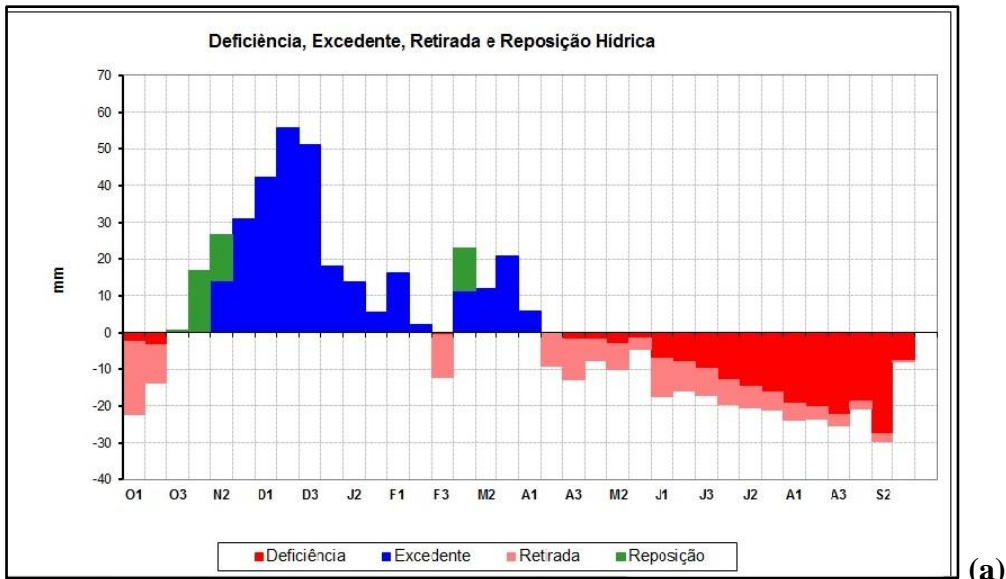
N = número de anos para cada local.

A representação dos balanços hídricos tem a finalidade de permitir a visualização do ritmo anual de elementos básicos e facilitar a identificação das épocas secas e chuvosas para atendimento das necessidades agrícolas, ecológicas e climáticas regionais. Os dados foram devidamente consistidos pelos órgãos que gerenciam as redes de estações meteorológicas dos municípios Timóteo, Caratinga (INMET), e Ipatinga, PERD (IGAM).

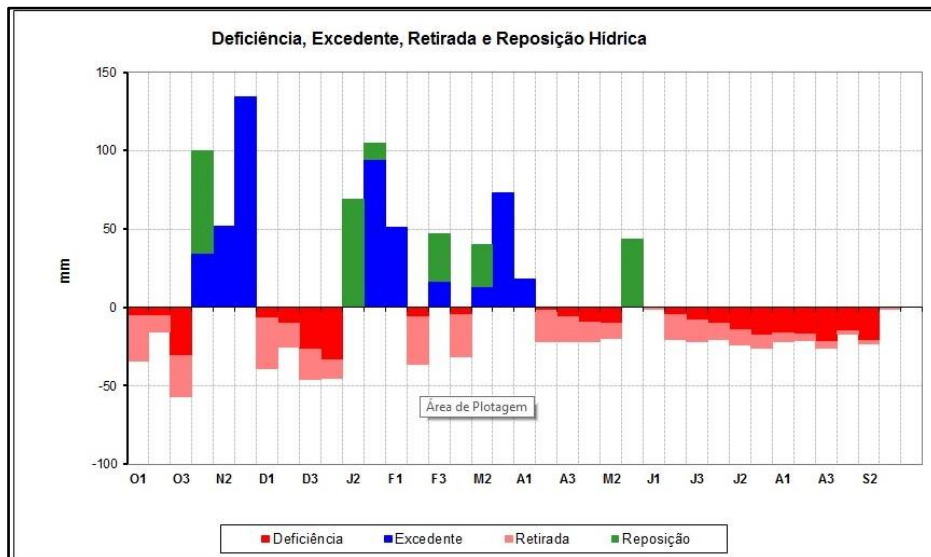
RESULTADOSE DISCUSSÃO

O conjunto de estações apresentou totais pluviométricos, 2005 a 2015, relativamente próximos, pois, o 2º decêndio do mês de dezembro em todas as estações analisadas apresentou o maior excedente hídrico, enquanto o 2º decêndio de setembro a deficiência foi acentuada: Em Caratinga o excedente foi de 55,8mm, e a deficiência -27,6mm. O Parque Estadual do Rio Doce (PERD), o excedente foi de 97,8mm, deficiência -26,7mm. Enquanto em Ipatinga o excedente obteve totais de 121,0mm, a deficiência foi de -30,9mm e Timóteo os valores de 99,6mm excedente e -28mm de deficiência. Nos balanços hídricos climatológicos decendiais de cada estação, (Figuras 02a, 03a, 04a e 05a); nota-se também a existência de um *Veranico Climático* no mês de fevereiro, o qual já foi observado por Cupolillo (2015). Tal evento, nas estações, é responsável por períodos de deficiência hídrica, acarretando problemas de abastecimento e consumo de água para a população, sobrevivências da fauna e flora e do metabolismo complexo do sistema lacustre, de origem tectônica, no PERD.

Nas (Figuras 02b, 03b, 04b e 05b), referentes ao ano anômalo de chuvas, 2012 a 2013, observa-se que o veranico de fevereiro se apresentou como mais frequência e intensidade que em outros decêndios. Os excedentes e deficientes de água apresentaram os seguintes dados para cada estação: Caratinga no 2º decêndio de novembro o excedente foi de 134,5mm, e o déficit de água -33,2mm para o 1º decêndio de janeiro. PERD apresentou no 2º decêndio de janeiro excedente de 252,5mm, e no 3º decêndio de setembro deficiência de -33,6. A estação do município de Ipatinga registrou o maior excedente no 2º decêndio de dezembro de 137,9mm, e o deficiente no 2º decêndio de setembro -27,6mm. Timóteo exibiu excedente de 170,4mm, no 2º decêndio de dezembro, e sua deficiência chegou a -37,8mm, no 2º decêndio de setembro.



(a)



(b)

Figura 02: Balanços hídricos climatológicos decendiais no município de Caratinga; no período de 2005 a 2015 (a) e 2012-2013(b).

No município de Caratinga,(Figura 02a), observa-se no 1° e 2° decêndios de outubro o início da estação chuvosa com retirada e deficiência de água no solo. A partir do 3° decendio de outubro inicia-se uma reposição hídrica, que aumenta no 1° decêndio de novembro, havendo uma reposição seguida de um excedente hídrico no 2° decêndio, estendendo-se até o 3° decêndio. Os decêndios de dezembro são os mais importantes por apresentarem cotas pluviométricas mais altas destacando-se o 2° decêndio de dezembro como o maior excedente hídrico chegando ao valor de 57mm. A partir do 3° decêndio de dezembro há queda destas cotas, estendendo-se até o 3° decêndio de janeiro, variando entre 18 mm a 10 mm. Porém durante os decêndios do mês de fevereiro, o excedente hídrico desaparece dando lugar a retirada e deficiência hídrica,

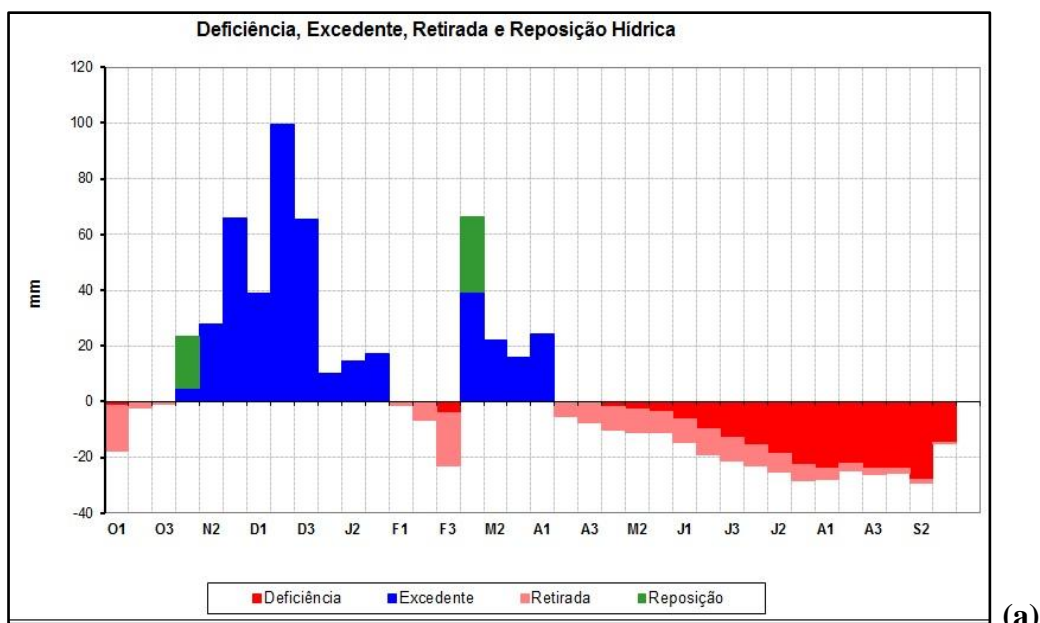
em função da presença de um fenômeno que se instala no Parque Estadual do Rio Doce (PERD), denominado de *veranico climático*, fenômeno notado por Cupolillo (2015).

No primeiro decêndio do mês de março a reposição hídrica retorna com as últimas chuvas da estação chuvosa estendendo-se até o 1º decêndio de abril. A partir do 2º decêndio de abril, inicia-se a estação seca que se estende até o 3º decêndio de setembro. Destaca-se os decêndios 3º de agosto e 2º de setembro com valores negativos em torno de -20mm.

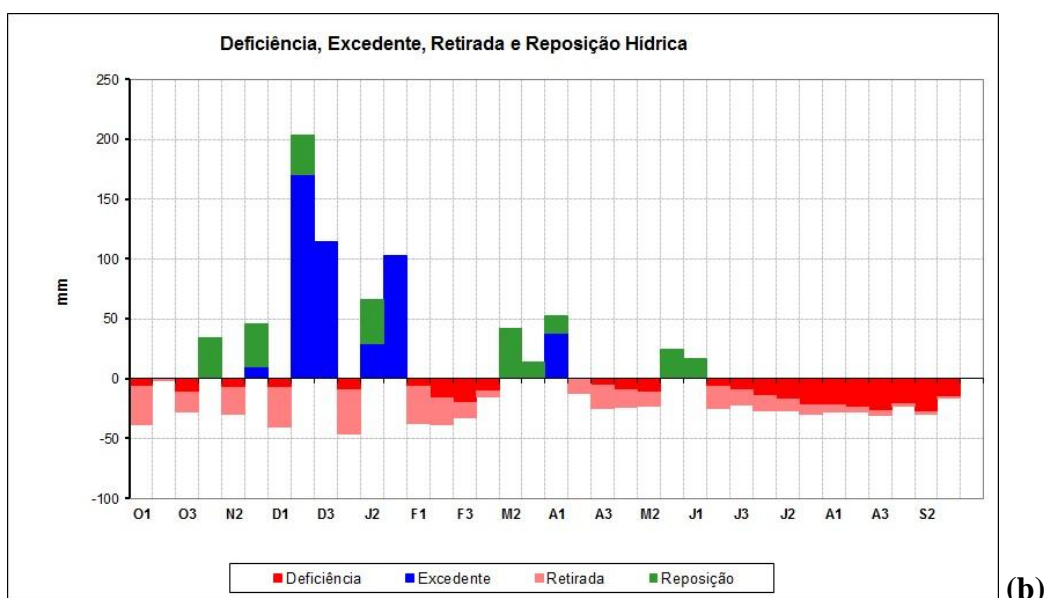
Na Figura (02b), percebe que o padrão de chuvas alterou totalmente comparando com a climatologia (Figura 02a). Os decêndios de outubro sofrem retirada e deficiência hídrica, acentuando no último decêndio. No mês de novembro ocorre o inverso, inicia-se a reposição/excedente hídrico, destacando os 2º e 3º decêndios, com excedentes que variam de 50mm a 140mm. Totalmente divergente a climatologia (Figura 02a), a partir dos decêndios de dezembro estendendo-se até o 1º decêndio de janeiro aparece um intenso processo de retiradas e deficiências, com cotas pluviométricas negativas que podem chegar a valores de - 40 mm. No 2º decêndio de janeiro, as chuvas retornam contribuindo para reposição e excedente de água com valores superiores a 50mm, estendendo-se até o 1º decêndio de fevereiro. A partir do 2º decêndio de fevereiro inicia-se um processo totalmente irregular à climatologia, da Figura 02a, apresentado um *veranico* de pequena amplitude. Começa então, uma sequência de retirada/deficiência, acompanhado no 3º decêndio de fevereiro por reposição com excedente, e retornando com retirada/deficiência no 1º decêndio de março.

No 2º decêndio de março até o 1º decêndio de abril, detecta-se novamente o retorno do processo de reposição e excedente, atingindo cotas de até 60 mm. Dos decêndios 2º de abril até o 2º de maio, estabelece-se um novo processo de *Veranico*, terminando com reposição de até 40 mm, no 3º decêndio de maio.

A partir do 1º decêndio de junho inicia-se a estação seca que se estende até o 3º decêndio de setembro. Portanto pode-se afirmar que a estação chuvosa teve seu início no 1º decêndio de novembro à 3º decêndio de maio, intercalada por quatro *veranicos* de grande e pequena amplitudes.



(a)



(b)

Figura 03: Balanços hídricos climatológicos decendiais no município de Timóteo; no o período de 2005 a 2015 (a) e 2012-2013 (b).

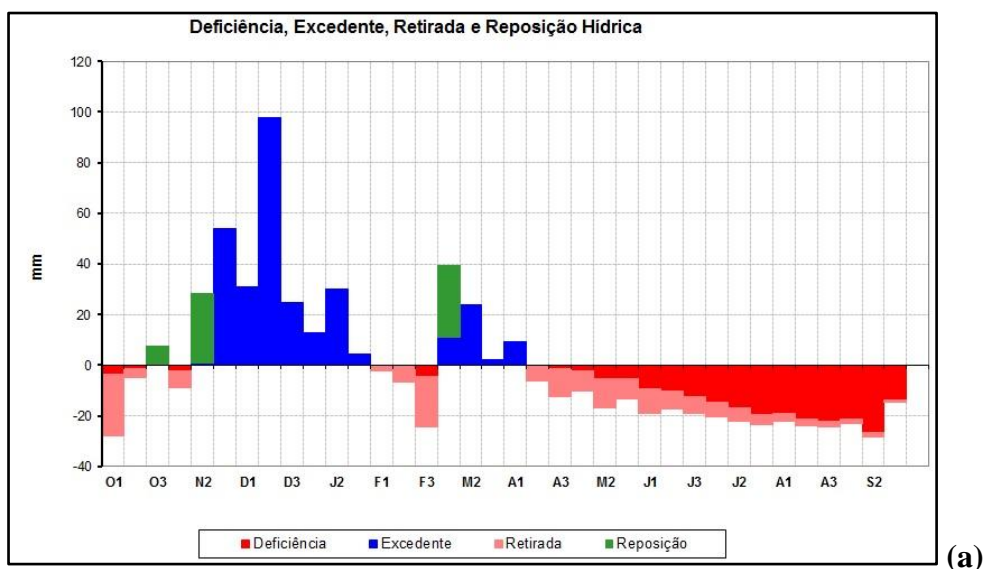
No município de Timóteo, Figura 03a, encontra-se nos decêndios de outubro processos de retirada de água, que é quase nula nos 2° e 3° decêndios. No 1° decêndio de novembro a reposição e um pequeno excedente hídrico, dando início a estação chuvosa, no 2° decêndio o excedente hídrico ultrapassa os 20mm de chuvas, triplicando esse valor no 3° decêndio de novembro com uma média de 60mm. Em dezembro segue o excedente hídrico nos três decêndios correspondentes ao mês, apresentando o maior excedente de todo período chuvoso no 2° decêndio de novembro com 100mm, porém no mês de janeiro o excedente apresenta uma queda, com valores inferiores para o 1° decêndio de 10mm, 15mm no 2° decêndio e aproximadamente 18mm para o terceiro. O mês de fevereiro chama a atenção por não apresentar nenhuma reposição ou excedente hídrico, o 1° decêndio apresenta uma curta retirada, que aumenta no 2° decêndio, e no 3° decêndio de fevereiro a retirada hídrica é notada com destaque, seguido de uma

deficiência, instalando-se em Timóteo o fenômeno *Veranico Climático*, confirmado por Cupolillo (2015). Em contrapartida, no 1º decêndio do mês de março inicia-se o processo reposição seguido de excedente hídrico, estendendo-se até o 1º decêndio de abril. A partir do 2º decêndio de abril inicia-se a estação seca que se estende até o 3º decêndio de setembro, destacando-se como a maiores cotas pluviométricas negativas, os decêndios 3º de agosto e 2º de setembro, próximo aos 30 mm.

Também em Timóteo, o padrão das chuvas apresenta-se de forma anômala (Figura 03b), se comparado com a climatologia (Figura 03a). Nota-se que os três decêndios de outubro caracterizam-se por uma retirada e deficiência de água, com início a reposição hídrica no 1º decêndio de novembro, seguido por outro decêndio de deficiência de água 2º decêndio (veranico) e no 3º decêndio uma reposição, com excedente hídrico. Porém no 1º decêndio de dezembro ocorre outro processo de deficiência de água (veranico), seguido pelos dois decêndios do mesmo mês de excedente. O mês de janeiro apresenta em seu 1º decêndio deficiência hídrica(veranico) e em seguida nos 2º e 3º decêndios com reposição e excedente. Os decêndios de fevereiro até o 1º de março conota-se como mais um processo de deficiência hídrica, caracterizado pelo fenômeno *veranico climático*. A reposição aparece no 3º decêndio de março, com termino no 1º decêndio de abril caracterizando um excedente hídrico. No 2º decêndio de abril até o 2º decêndio de maio observa a retirada e deficiência de água no solo (veranico), com interrupção em função da reposição no 3º decêndio de maio e 1º decêndio de junho. A partir do 2º decêndio de junho inicia-se a estação seca, estendendo-se até o 3º decêndio de setembro.

Pode-se afirmar que a estação chuvosa teve seu início no 1º decêndio de novembro até o 1º decêndio de junho, intercalada por cinco veranicos de grande e pequena amplitudes.

O Parque Estadual do Rio Doce (PERD) apresenta em seus estudos climatológicos de onze anos (Figura 04a), com uma retirada e deficiência hídrica no 1º e 2º decêndios de outubro e iniciando a estação chuvosa no 3º decêndio de outubro com reposição de água no solo, seguida e uma retirada/deficiência no 1º decêndio de novembro (veranico), que é substituída por uma reposição no 2º decêndio de novembro.



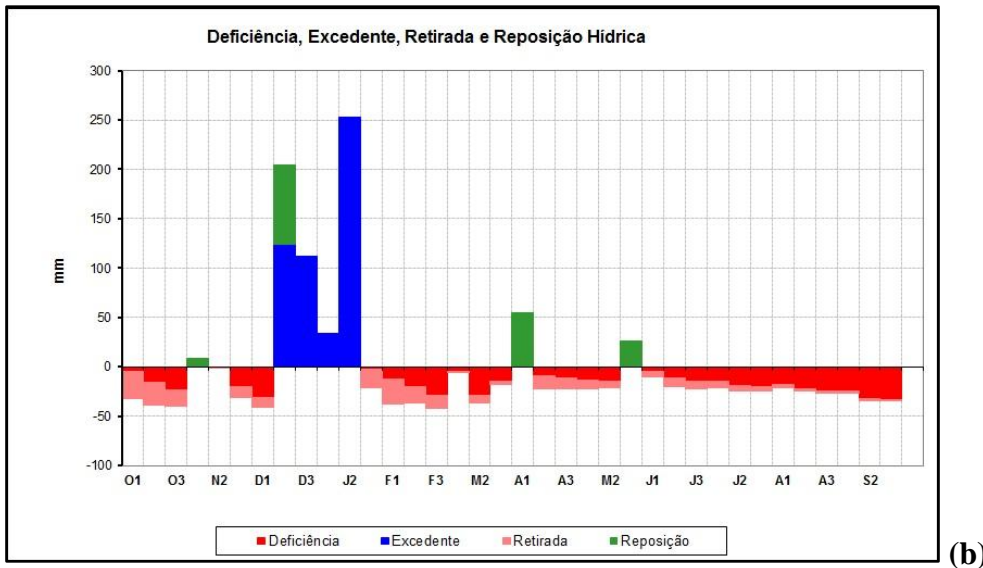


Figura 04: Balanços hídricos climatológicos decendiais no município de Marliéria - PERD; no o período 2005 a 2015 (a) e 2012-2013 (b).

Do 3º decêndio de novembro até o 3º decêndio de janeiro, ou seja, sete decêndios interruptos, prevalece um excedente de água, que é finalizado no 1º decêndio de fevereiro com a retirada de água do solo, estendendo-se até o 3º decêndio, configurando-se, portanto, o fenômeno *veranico climático*, percebido por Cupolillo (2015). Surge, então, o mês de março caracterizado por reposição/excedente em seu 1º decêndio estendendo-se até o 1º decêndio de abril, com cotas pluviométricas variando entre 10 a 20 mm.

Inicia-se, portanto, a partir do 2º decêndio de abril, a estação seca que se estende até ao 3º decêndio de setembro.

Contradizendo a climatologia (Figura 04a), também nesta estação (Figura 04b), demonstra o comportamento anômalo do padrão da chuvas no PERD, caracterizado por retirada/deficiência de água nos três decêndios de outubro, com valores de intervalos entre -27,3mm e -4,6mm. Iniciando-se a estação chuvosa, no 1º decêndio de novembro nota-se a presença de pequena reposição, próximo a 1 mm, seguido pelos 2º e 3º decêndios com retirada de -0,8mm até o 1º decêndio de dezembro(veranico).A partir do 2º decêndio de dezembro reinicia a reposição/excedente com valores entre 79,9mm e 124,2mm estendendo-se até o 2º decêndio de janeiro atingindo cota pluviométrica de 250 mm.

Dos decêndios 3º de janeiro até o 3º de março, apresenta-se um *veranico climático*, com intensa retirada/deficiência. Em abril recomeça a reposição hídrica no seu 1º decêndio, a qual é substituída por retirada/deficiência a partir do 2º decêndio estendendo-se até 2º decêndio de maio (veranico). O 3º decêndio de maio, aparece com uma pequena reposição hídrica, finalizando assim a estação chuvosa.

A partir do 1º decêndio de junho inicia-se a estação seca, estendendo-se até o 3º decêndio de setembro.

Portanto pode-se afirmar que a estação chuvosa teve seu início no 1º decêndio de novembro até o 1º decêndio de junho, intercalada por três veranicos de grande e pequena amplitudes.

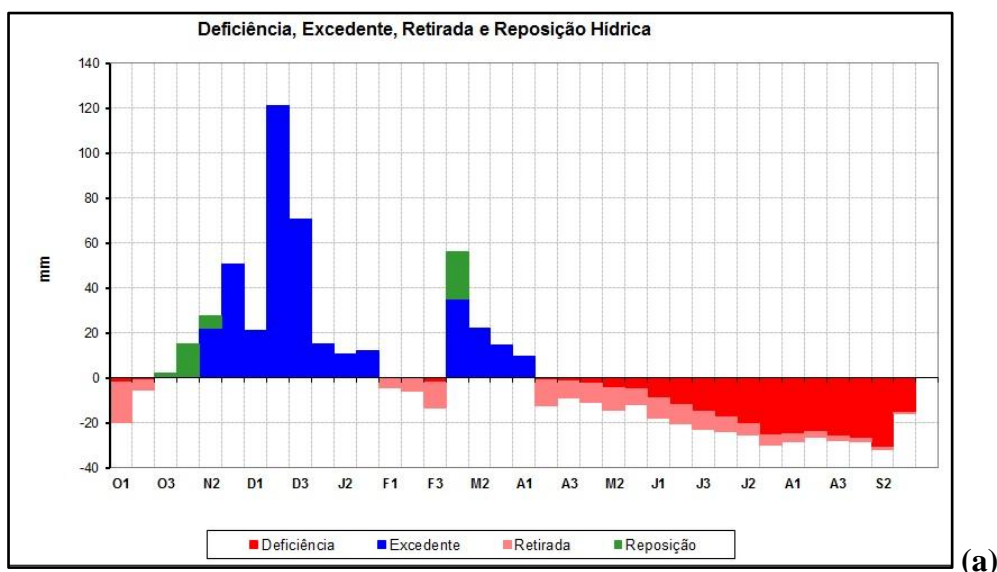
No município de Ipatinga, a climatologia de 2005 a 2015 (Figura 05a), apresenta-se com os dois primeiros decêndios de outubro, com retiradas hidricasque

variam de -20mm a -5 mm. A reposição de água no solo aparece no 3º decêndio de outubro, estendendo-se, com excedente hídrico até o 3º decêndio de janeiro, destaca-se como a maior cota pluviométrica o 2º decêndio de dezembro com 120 mm. A partir dos decêndios 1º de fevereiro até o 3º de fevereiro, o processo é substituído pela retirada e deficiência hídrica, caracterizando um *veranico climático*, constatado por Cupolillo (2015).

As chuvas retomam, iniciando-se a reposição/excedente hídricos no 1º decêndio de março perdurando até o 1º decêndio de abril. Em seguida, reinicia-se a retirada e deficiência, a partir do 2º decêndio de abril, dando início a estação seca perdurando até 3º decêndio setembro. Destaca-se o 2º decêndio de setembro com maior deficiência hídrica de -30mm.

Opondo-se a climatologia de Ipatinga (Figura 05a), o padrão das chuvas passa a ser totalmente irregular se comparada ao ano anômalo (Figura 05b).

Nos três decêndios de outubro apresenta-se com retirada/deficiência de água. Em seguida, no 1º decêndio novembro tem-se a reposição hídrica, seguida pelos decêndios 2º de novembro à 1º de dezembro, surgindo as retiradas e deficiências (veranico). Nos 2º e 3º decêndio de dezembro surge a reposição/excedente hídrico, atingindo cotas pluviométricas de até 200 mm.



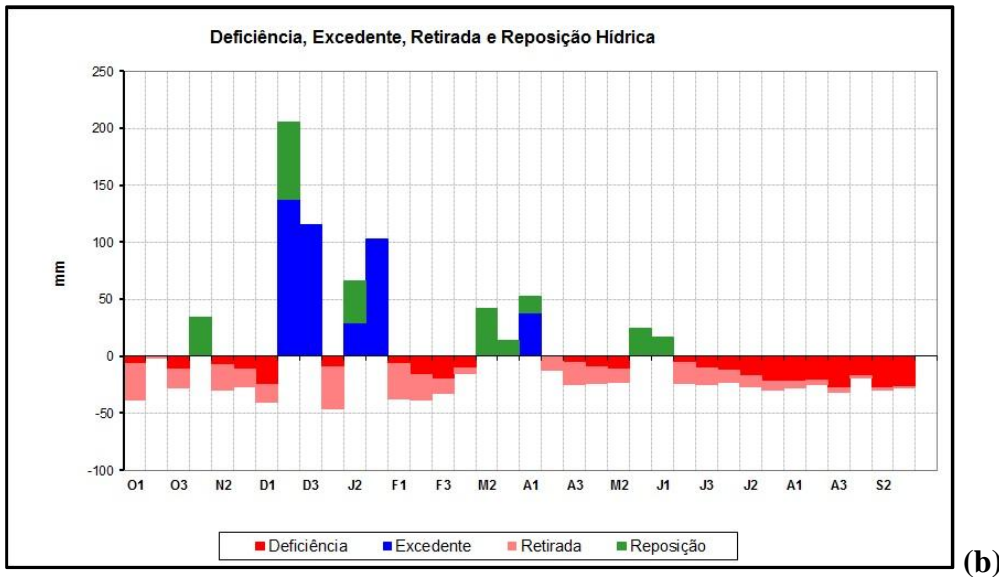


Figura 05: Balanços hídricos climatológicos decendiais no município de Ipatinga; no período 2005 a 2015 (a) e 2012-2013 (b).

Reinicia-se o processo de retirada/deficiência no 1º decêndio de janeiro (veranico), retornando à reposição/excedente nos 2º e 3º decêndios do mesmo mês. Porém há uma retirada/deficiência que começa no 1º decêndio de fevereiro se estendendo até o 1º decêndio de março, caracterizando o *veranico climático*.

Inicia-se a reposição no 2º e 3º decêndios de março, que reflete até o 1º decêndio de abril com a presença de um excedente hídrico. Nos quatro decêndios seguintes a retirada/deficiência é assinalada nesses períodos (veranico), com uma reposição nos decêndios 3º de maio e 1º de junho. Não exibindo tal fato nos decêndios de 2º junho à 3º de setembro, prevalecendo então a estação seca.

Portanto pode afirmar que a estação chuvosa teve seu início no 1º decêndio de novembro até o 1º decêndio de junho, intercalada por quatro veranicos de grande e pequenas amplitudes.

Após a análise das figuras nota-se que na climatologia de 2005-2015: o período de reposição e excedente de água começa a partir do 3º decêndio de outubro na estação de Caratinga, PERD, em Timóteo inicia no 1º decêndio de novembro, e 3º decêndio de outubro para Ipatinga.

No ano anômalo 2012-2013 a reposição/excedente começa em Caratinga e Timóteo no 1º decêndio de novembro, no PERD a reposição/excedente significativos aparecem no 2º decêndio de dezembro, também observado para a figura de Ipatinga.

No mês de fevereiro todas as figuras apresentaram veranicos climatológicos, que se estenderam por mais de dois decêndios, com exceção das (Figura 2a e 2b) que estão intercaladas por períodos de reposição e excedente hídricos.

Na climatologia as chuvas foram distribuídas entre os últimos decêndios de outubro, até o 1º decêndio de abril, com veranicos presentes em fevereiro. O ano anômalo as chuvas foram distribuídas entre os decêndios de 1º de novembro a 1º de junho, com veranicos presente nos meses de novembro, janeiro, fevereiro e março.

CONCLUSÕES

Esta pesquisa oferece contribuições e elementos para o direcionamento de estudos nas diversas metodologias que avaliam as chuvas do parque, a fim de colaborar com a conservação e manejo do bioma Mata Atlântica presente no PERD.

Salienta-se que após o rompimento da barragem de Mariana, o PERD foi afetado com desaparecimento de várias espécies da fauna e flora, como também possíveis modificações bioclimáticas locais. Portanto necessário se fazer a elaboração de novos estudos de balanços hídricos decendiais.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Minas Gerais –IFMG, Instituto Nacional de Meteorologia-INMET e ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM.

REFERÊNCIAS

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce.** 1ª. ed. Saarbrücken - Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. v. 1. 224p

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTA. Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce. 2008, 387p.

JÚNIOR, A.S. Aplicações da classificação de Köppen para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais. 101p. **Dissertação** (mestrado em engenharia agrícola). Universidade Federal de Lavras-UFLA, Lavras. 2009, 101p.

MINAS GERAIS. Decreto-Lei nº 1.119, de 14 de julho de 1944. Dispõe sobre parques florestais. Diário executivo, Minas Gerais, 15 de julho 1944.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1989b. 422 p.

PEIXOTO, E.L. **Caracterização e Perspectivas do Parque Estadual do Rio Doce-MG: Uma abordagem a partir de imagens de sensoriamento remoto e fotografias hemisféricas de Dossel.** 105p. Dissertação (mestrado em análise e modelagem de sistemas ambientais)- Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2012.

ROLIM, Glauco de Souza. *et al.* Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p 133-137, 1998.

INFLUÊNCIA NOS BALANÇOS HÍDRICOS DECENDIAIS DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE – ANO ANÔMALO 2013-2014

FulvioCupolillo¹, Denise Aparecida Antunes², Fábio Monteiro Cruz³, Maria José Hatem de Souza⁴

¹Doutor em climatologia, IFMG-Campus Santa Luzia, Santa Luzia, fulvio.cupolillo@ifmg.edu.br

²Mestranda do programa de pos graduação do Instituto federal de Minas Gerais-MG, Bambuí, Minas Gerais, daa21@hotmail.com.MG.; ³Mestre em Recursos Hídricos, IFMG-Campus Governador Valadares, MG, fabio.cruz@ifmg.edu.br; ⁴EngAgrícola, Professora Associada do Departamento de Agronomia/Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina- UFVJM.

RESUMO: Neste trabalho foram comparados os balanços hídricos climatológicos decendiais do Parque Estadual do Rio Doce (PERD) e seu entorno, através de quatro estações meteorológicas automáticas, duas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizadas nos municípios de Timóteo e Caratinga, e duas pertencentes ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, localizadas nos municípios de Ipatinga e em Marliéria no PERD. Os dados utilizados referem-se a uma análise comparativa de 11 anos, entre o período de 2005 a 2015, com o ano hidrológico anômalo, período 2013 - 2014, afim de detectar os possíveis mecanismos atmosféricos como: veranicos climatológicos, intensidade de deficiências e excedentes hídricos, ocorridos em decêndios não previstos pela climatologia, contribuindo para a compreensão das peculiaridades que compõem os 42 lagos tectônicos com o bioma Mata Atlântica, do PERD. Conclui-se que o ano anômalo de 2013-2014 caracterizou-se pela presença de uma sequencia intercalada de *veranicos*.

PALAVRAS-CHAVE: veranico, decêndio, deficiência, excedente

IT INFLUENCE ON DECENDIALS WATER BALANCES IN THE DOCE RIVER STATE PARK - ANOMALO YEAR 2013-2014

ABSTRACT: In this work the decendial climatological water balance of the Doce River State Park and its environment were compared through four automatic meteorological stations, two belonging to the National Institute of Meteorology (NIMET), located in the municipalities of Timóteo and Caratinga, and two belonging to the Mineiro Institute of Water Management – MIWM, located in the municipalities of Ipatinga and Marliéria in DRSP. The data use drefer to an 11-year comparative analysis between 2005 and 2015 with the anomalous hydrological year, from 2013-2014, in order to detect the possible atmospheric mechanisms such as: climatic veranicos, intensity of deficiencies and water surpluses, occurring in decays not predicted by climatology, contributing to the understanding of the peculiarities that make up the 42 tectonic lakes with the Atlantic Forest biome of DRSP. It concludes that the year anomalous of 2013-2014 was characterized by the presence of an interspersed sequence of Dry Spells.

KEY-WORDS: Dry Spell, decendio, deficiency, surplus

INTRODUÇÃO

Em estudos relacionados a verificar os indicativos sobre potencial agrícola, características ecológicas, ou manutenção de um bioma é importante observar as condições climáticas em que cada ambiente se encontra. No Brasil o clima apresenta variações, de acordo com as interferências sofridas pela geografia local, movimentos atmosféricos, que originam diferentes classificações climáticas. A classificação climática é utilizada para identificar áreas de grande, média e pequenas características climáticas homogêneas (ROLIM,et.al.2007). As variações no clima de local para local são determinadas pelas combinações dos processos atmosféricos, e produzem um grande número de tipos climáticos (VIANELLO e ALVES, 2012). Em uma região é importante observar as combinações dos múltiplos fatores que formam um conjunto de classes climáticas. Com isso desenvolver ferramentas afim de facilitar pesquisas nas mais diversas áreas para melhorar as condições de vida.

O Parque Estadual do Rio Doce – PERD (Figura 01), esta localizado no trecho médio da bacia do rio Doce, criado em 14 de julho de 1944, pelo Decreto Lei nº1119, (MINAS GERAIS,1944) com 35.973 ha . Situa-se na Depressão Interplanáltica do vale do rio Doce caracterizada pela presença de vales entulhados de sedimentos. O PERD possui 42 lagos naturais que ocupam 6% de sua área. (IEF-MG,2008). A Unidade de Conservação segundo (PEIXOTO,2012), abriga milhares de espécies vegetais, centenas de aves, reptéis, anfíbios, peixes, roedores e mamíferos, com espécies raras de primatas, contribuindo para a manutenção da biodiversidade regional.

O objetivo deste trabalho é analisar os balanços hídricos climatológicos decendiais pelo método de Thornthwaite e Matter (1955) para a climatologia dos anos de 2005 -2015 comparando-a com o período anômalo de 2013-2014;com intuito de detectar o início das estações secas e chuvosas, a presença de veranicos climatológicos, possíveis anomalias na distribuição de chuvas, e identificar os mecanismos atmosféricos que atuam na superfície do PERD.

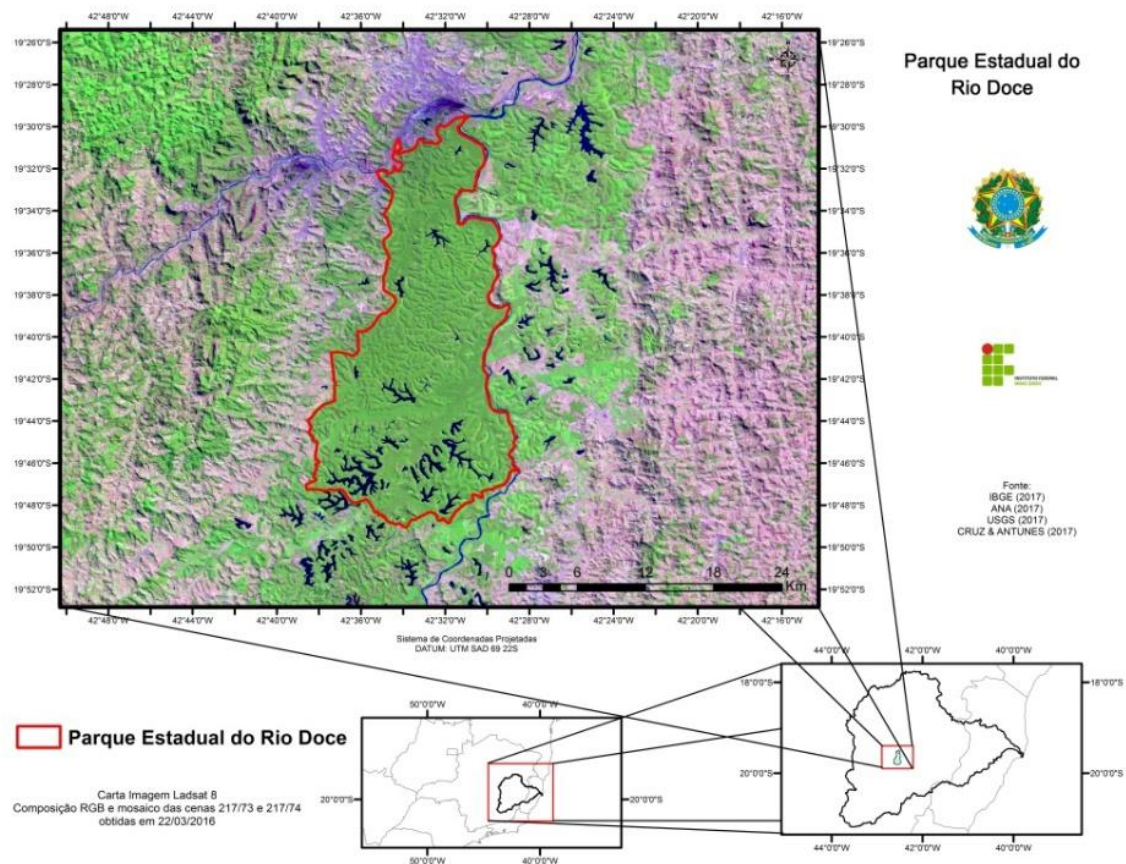


Figura 01. Localização do Parque Estadual do Rio Doce-PERD.

MATERIAL E MÉTODOS

Para confeccionar os gráficos de balanços hídricos pelo método de Thornthwaite e Matter (1955), foram utilizados dados de temperatura e chuvas das estações meteorológicas do Instituto nacional de meteorologia-INMET, e do Instituto Mineiro de Gestão das Aguas-IGAM, dos municípios de Ipatinga, Timóteo, Caratinga e do Parque Estadual do Rio Doce-PERD, da climatologia referente aos 11 anos, 2005 a 2015 e comparando-os com os anos anômalos de 2013 e 2014. Os dados foram dispostos no programa computacional Excel™ (ROLIM, 1998), que calculou as médias das temperaturas e as somatórias de chuvas no período estudado. Em seguida os dados foram separados em decêndios, períodos que equivalem dez dias consecutivos onde se calcula a média de uma variável, então um mês correspondem a três decêndios e um ano trinta e seis decêndios (CUPOLILLO,2015), com esse artifício é possível conseguir peculiaridades das áreas em estudo. Os decêndios foram distribuídos da seguinte maneira: nos meses com trinta e um dias a média do 3º decêndio é elaborada com onze dias, o mês de fevereiro o 3º decêndio é calculada para oito dias, e nos anos bissextos a media refere a nove dias. Para tal, usa-se a Equação 1, desenvolvida por CUPOLILLO (2015).

$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^{nd} di}{N} \quad (1)$$

em que:

Pm = Precipitação média sazonal DPC e DPS por ano

nd = número de decêndios no DPC e no DPS

di = número de cada elemento hidroclimatológico por decêndios no DPC e no DPS

$\sum_{i=1}^{nd} di$ = somatório das precipitações acumuladas por decêndio, DPC e DPS

N = número de anos para cada local

A representação dos balanços hídricos tem a finalidade de permitir a visualização do ritmo anual de elementos básicos e facilitar a identificação das épocas secas e chuvosas para atendimento das necessidades agrícolas, ecológicas e climáticas regionais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Trata-se de um conjunto de estações que possuem totais pluviométricos, 2005 a 2015, relativamente semelhantes. Em Caratinga e no Parque Estadual do Rio Doce (PERD), as chuvas chegam a 1140,3 mm e 1119,1 mm, enquanto em Ipatinga e Timóteo os valores são de 1318,66 mm e 1372,8 mm, respectivamente. Nos balanços hídricos climatológicos decendiais de cada estação, Figuras 02(a), 03(a), 04(a) e 05(a); nota-se a existência de um *Veranico Climático* no mês de fevereiro. Tal evento, nas estações, é responsável por períodos de deficiência hídrica, acarretando problemas de abastecimento e consumo de água para a população, sobrevivências da fauna e flora e do metabolismo complexo do sistema lacustre, de origem tectônica, no PERD.

Nas Figuras 02(b), 03 (b), 04(b) e 05(b), referentes ao ano anômalo de chuvas, 2013 - 2014, observa-se que o veranico de fevereiro apresentou-se como mais frequência e intensidade porém tem-se a presença de reposição de água em alguns decêndios de maio e abril.

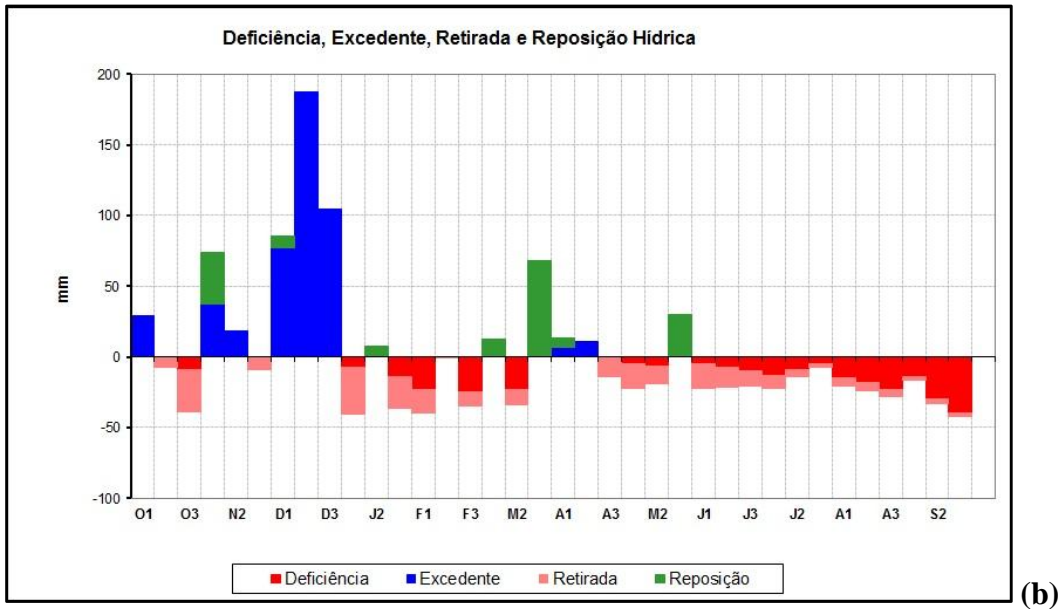
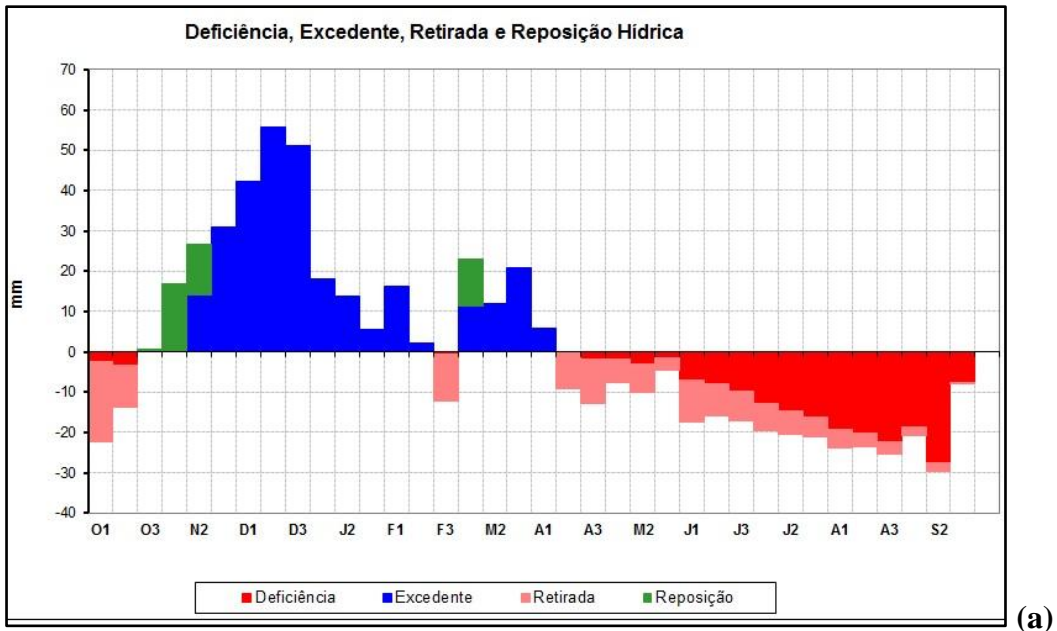


Figura 02: Balanços hídricos climatológicos decendiais no município de Caratinga; para os períodos 2005 a 2015 (a); e 2013-2014(b).

Nota-se que o município de Caratinga, figura 2(a), possui no 1º decêndio de outubro uma retirada e curta deficiência hídrica, no 2º decêndio do mesmo mês a retirada é atenuada, porém a deficiência aumenta. O 3º decêndio de outubro no município a reposição hídrica começa a dá sinais, mas no 1º decêndio de novembro que passa a ser significativa, que leva a uma maior reposição e excedente de água no 2º decêndio de novembro, o 3º decêndio apresenta excedente hídrico com cerca de 30mm, que é superado no 1º decêndio de dezembro com valores acima de 40mm, o 2º decêndio a média excede os 50mm, e no 3º decêndio há uma leve queda, mas mantém o índice de 50mm. No 1º decêndio de janeiro o excedente fica em torno de 18mm, e cai para 15mm no 2º decêndio do mesmo mês, e 10mm para o 3º decêndio. O mês de fevereiro inicia com um aumento do excedente no 1º decêndio, seguido por uma queda no 2º decêndio,

com destaca para o 3º decêndio que manifesta uma retirada de água com valor acima de 10mm. No mês de março a reposição hídrica, e o excedente apresentam sinais positivos de precipitação para o referido mês no primeiro decêndio, o 2º decêndio excedente é destacado, e segue em evidência até o 1º decêndio de abril, que no 2º decêndio destaca uma retirada de água do solo, e uma pequena deficiência no 3º decêndio, que aumenta nos decêndios seguintes e apresenta uma intensa deficiência no 2º decêndio de setembro com uma média de -20mm, mas diminui no 3º decêndio do referido mês.

Na figura 2(b), Caratinga 2013-2014, o 1º decêndio de outubro apresenta valor contrário ao do período climatológico de 2005 a 2015, com um excedente hídrico acima de 30mm, no 2º decêndio a retirada de água no solo é pequena, seguida de uma acentuada retirada no 3º decêndio com deficiência no mesmo decêndio. O mês de novembro inicia com uma reposição/excedente hídrico no 1º decêndio, o 2º decêndio apenas um curto excedente, e no 3º decêndio uma retirada de água. Dezembro porém nota-se a presença de elevados excedentes hídricos, no 1º decêndio os valores são acima de 70mm, no 2º decêndio o valor do excedente assume um total de 187mm, o 3º decêndio de dezembro assume valores de excedentes um pouco menor com um total de 104mm. O 1º decêndio de janeiro apresenta valor contrário ao mês anterior, com uma retirada hídrica em torno de -33mm e uma pequena retirada, o 2º decêndio observa uma amena reposição sem excedente de água, o 3º decêndio a deficiência tem maior destaque juntamente com a retirada de água. O 1º decêndio de fevereiro acompanha o último decêndio do mês anterior com retirada/deficiência hídrica, o 2º decêndio de fevereiro é caracterizado com uma ausência de retirada/reposição/excedente. Já no 3º decêndio de fevereiro volta a apresentar retirada/deficiência de água, que é quebrada com uma reposição de água no 1º decêndio do março com um total de 12,1mm, porém essa reposição não está presente no 2º decêndio do mesmo mês que destaca uma retirada/deficiência, o 3º decêndio de março a reposição tem valores acima de 68mm, seguida de um leve excedente/reposição no 1º decêndio de abril, e no 2º decêndio um excedente de 7mm, esse excedente é substituído por uma retirada no último decêndio de abril. Em maio os 1º e 2º decêndios são caracterizados com retirada/deficiência hídricas, o 3º decêndio apresenta uma reposição de 29,6mm, não percebida no mês de junho, que caracteriza os três decêndios com retiradas e deficiências. Os meses de julho a setembro em todos os seus decêndios a retirada e deficiência são perceptíveis, apenas os valores dessa perda de água modificam de acordo com cada decêndio do mês estudado.

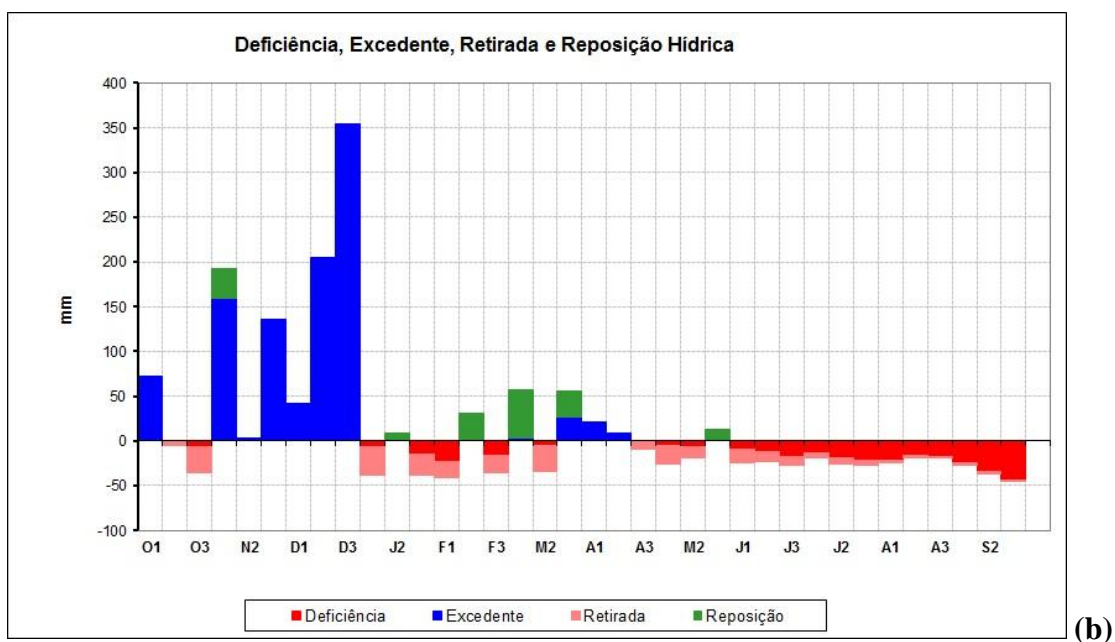
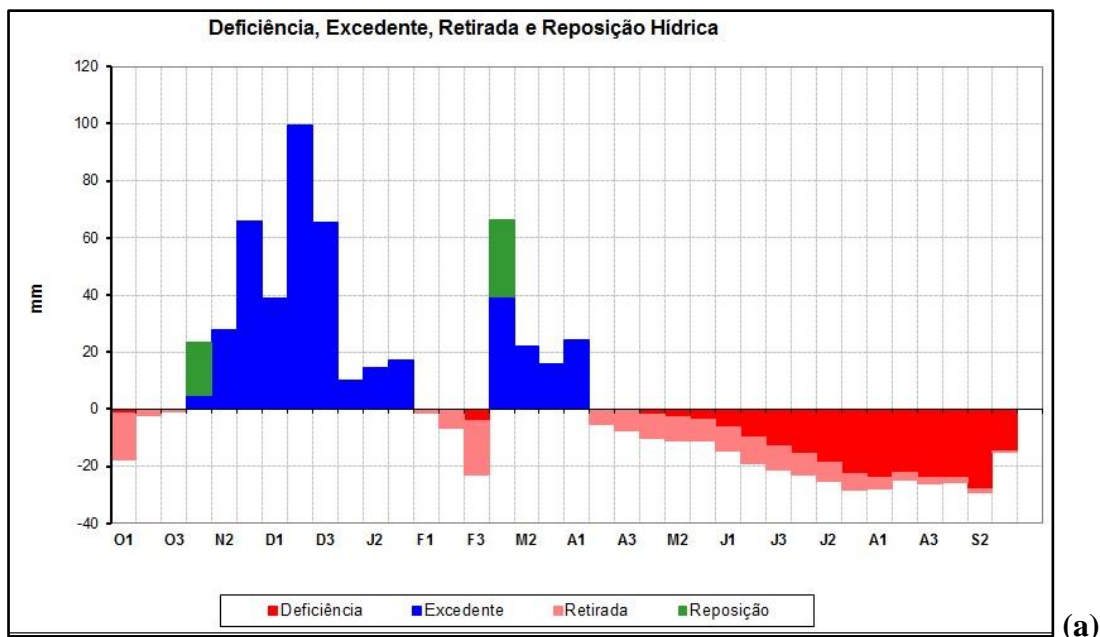
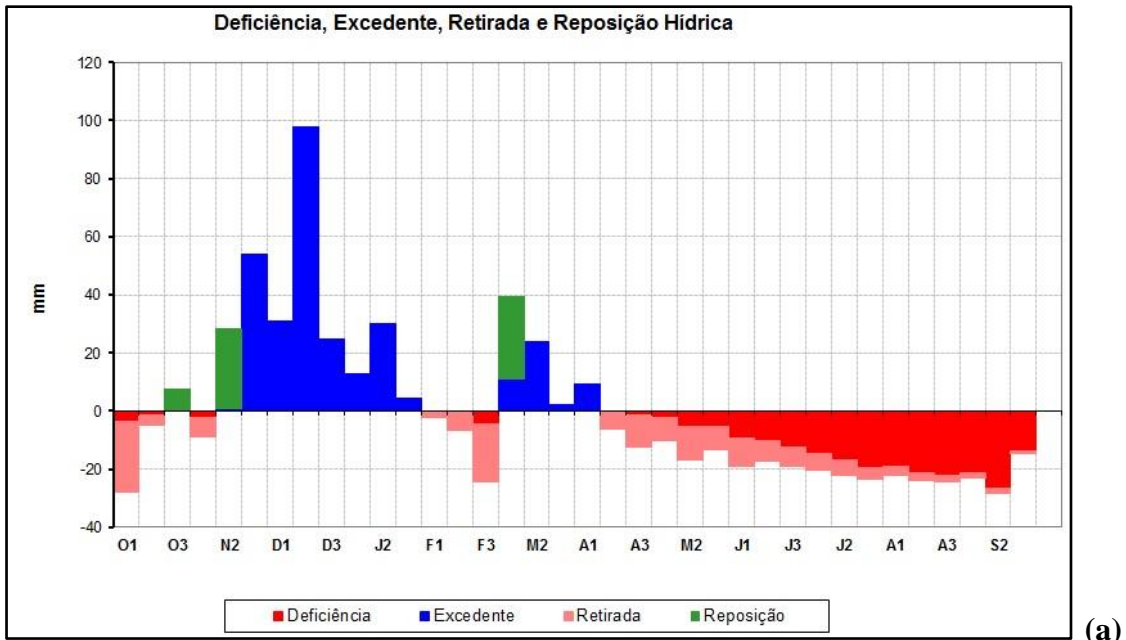


Figura 03: Balanços hídricos climatológicos decendiais no município de Timóteo; para os períodos 2005 a 2015 (a); e 2013-2014 (b)

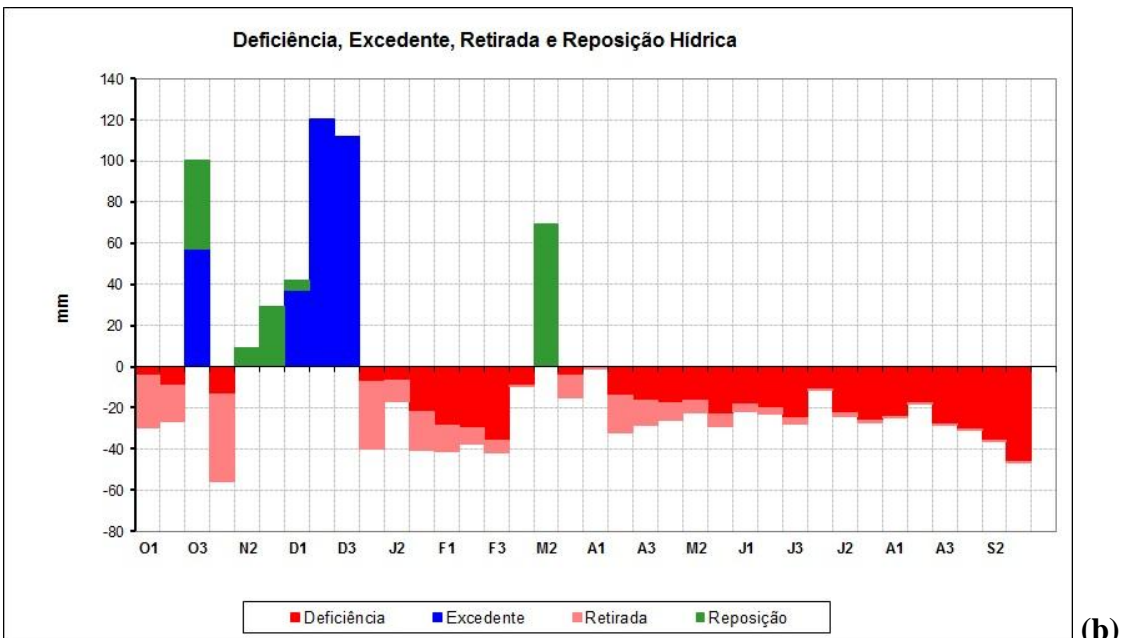
O balanço hídrico climatológico no período de 2005 a 2015 do município de Timóteo, figura 3 (b), caracteriza com o 1º decêndio de outubro uma retirada de -16,2mm de água do solo, no 2º e 3º decêndio do mesmo mês a retirada apresenta valores inferiores a -3mm. Em novembro esses valores se tornam positivo, o 1º decêndio com uma reposição de 18,9mm e um excedente de 4,6mm. O 2º decêndio apresenta um excedente de 27,6mm, o 3º decêndio de novembro o excedente atinge um valor de 65,7mm, seguido por um excedente representativo no 1º decêndio de dezembro, e no 2º decêndio de dezembro o valor de maior volume do excedente com um total de 99,6mm, que diminui no 3º decêndio do mesmo mês. O 1º decêndio de janeiro segue a tendência dos decêndios anteriores, com excedente de água, o 2º

decêndio apresenta valor de excedente de 14,5mm, e o ultimo decêndio do mês um excedente de 17,1mm. Já em fevereiro os valores dos decêndios se invertem o 1° decêndio apresenta uma retirada insignificante, seguido do 2° decêndio com valor de retirada de -6,3mm, que aumenta no 3° decêndio para -19,2mm de retirada e -4,1mm de deficiência. Em março os valores de água no solo tem uma apresentação positiva, o 1° decêndio uma reposição de 26,8mm, com um excedente de 39,3mm, o 2° decêndio um excedente de 22,2mm, o 3° decêndio de março um excedente menor, com valor de 15,7mm. O 1° decêndio de abril acompanha os decêndios anteriores, com um excedente de 24,1, porém o 2° e o 3° decêndio a retirada hídrica é observada para os dois decêndios. Em maio o 1° decêndio a retirada tem um valor de -8,5mm, e uma deficiência, no 2° decêndio a retirada tem um valor de -8,4mm, e a deficiência um total de -2,8mm, no último decêndio de maio a retirada é de -7,3mm e a deficiência de água no solo é -3,6mm. Nos doze decêndios seguintes que compreendem os meses de junho, julho, agosto e setembro não há a presença de reposição ou excedente de água, apenas o aumento da deficiência que atinge o maior valor no 2° decêndio de setembro -28mm.

Em 2013-2014, Timóteo, figura3(b), o mês de outubro exibe, o 1° decêndio um excedente hídrico de 72,4mm, no 2° decêndio a retirada de água do solo é -5mm, no 3° decêndio do mesmo mês a retirada e a deficiência é maior. O 1° decêndio de novembro a reposição tem um valor de 33,3mm, com um excedente de 159,7mm. Uma queda no excedente é destaque no 2° decêndio de novembro, no ultimo decêndio o excedente é de 136mm. O excedente também é percebido no 1° decêndio de dezembro porém com menores valores, o 2° decêndio o valor do excedente chega a 205mm, e aumenta no 3° decêndio de dezembro com um total acima de 350mm. Contudo o 1° decêndio de janeiro a retirada/deficiência de água volta aparecer, no 2° decêndio uma reposição é notada, o 3° decêndio de janeiro, a presença de retirada/deficiência são apresentadas na figura 3(b), característica notada no 1° decêndio de fevereiro, seguida por uma reposição no 2° decêndio do mês com valor de 31,4mm, e anulada por uma retirada/deficiência no 3° decêndio do mesmo mês. Março exibe no 1° decêndio uma reposição de água no solo, o que não acontece no decêndio seguinte com a presença de uma retirada/deficiência, e um 3° decêndio com reposição e excedente hídrica. O mês de abril começa com seu 1° decêndio apresentando um excedente de 20,9mm, e atenua para 8,9mm no 2° decêndio, o 3° decêndio do mês de abril a retirada surge com um valor de -8,7mm. Em maio o 1° decêndio acompanha o anterior com uma retirada/deficiência hídrica, também visível no seu 2° decêndio, em contrapartida o 3° decêndio do mês de maio a presença de uma reposição de 12,3mm é destaque em meio ao período de retirada e deficiência de água no solo. Porém, esse decêndio é o último com presença significativa de reposição de água, pois nos decêndios dos meses de junho, julho, agosto e setembro apenas são visíveis a retirada e deficiência de água.



(a)



(b)

Figura 04: Balanços hídricos climatológicos decendiais no município de Marliéria - PERD; para os períodos 2005 a 2015 (a); e 2013-2014 (b).

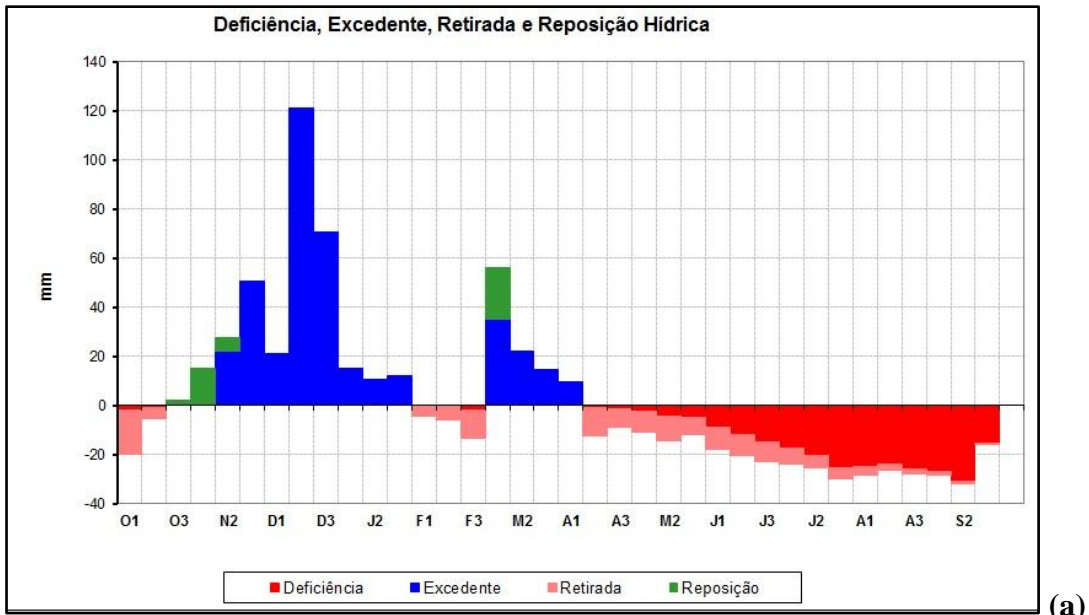
Nos estudo climatológicos referente ao Parque Estadual do Rio Doce (PERD), nos onze anos (2005 a 2015) figura 3 (c), o 1º decêndio de outubro apresentou uma retirada hídrica de -24,3mm, uma diminuição desse valor é apresentado no 2º decêndio do mês, o 3º decêndio de outubro uma reposição de água é apresentada. Em novembro, o seu 1º decêndio possui uma retirada de água do solo seguida pelo 2º com uma reposição, um excedente de 54mm no 3º decêndio de novembro termina o mês.

Dezembro exibe no 1º decêndio também um excedente, o 2º decêndio tem um volume de 97,8mm de água, acompanhado por um 3º decêndio com o volume de

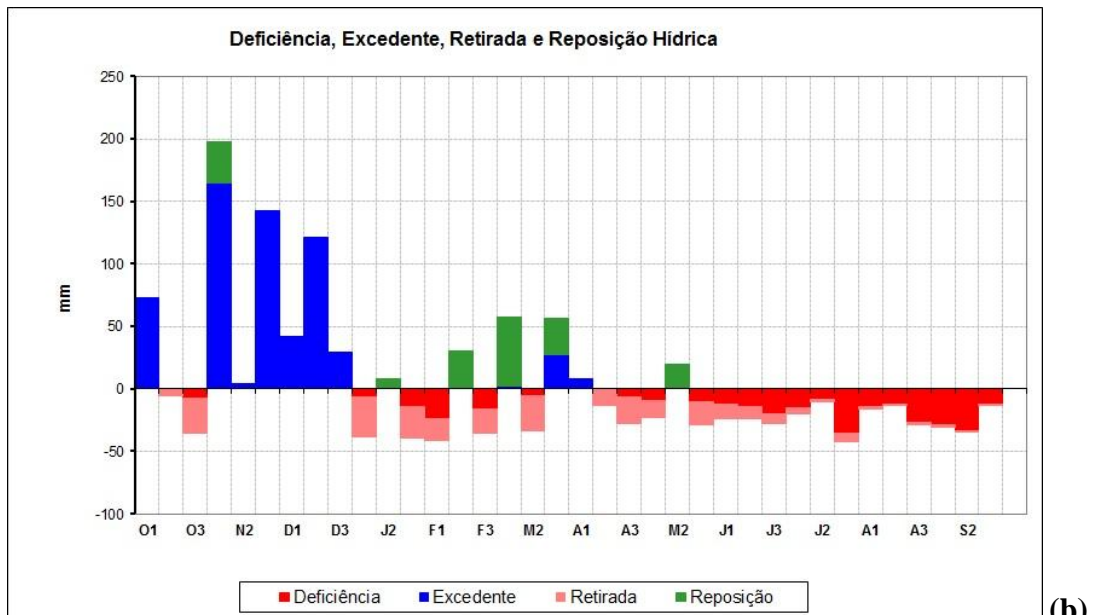
24,9mm de excedente. Os decêndios de janeiro apresentam todos com excedente hídricos, mas com valores menores ao mês de dezembro, o 1º decêndio com 12,9mm, o 2º decêndio com 30,2mm e o 3º decêndio 4,4mm. No mês de fevereiro os índices invertem e demonstram o começo da retirada de água do solo, observado no 1º decêndio do mês, o 2º decêndio além da retirada também há a presença da deficiência de água, e no 3º decêndio esses dois elementos são mais representativos. Os dados de reposição e excedente voltam a ser representados no 1º decêndio de março no 2º decêndio o excedente são de 23,8mm, também há no 3º decêndio um excedente embora pequeno. Em abril, o 1º decêndio apresenta um excedente de 9,4mm de água, contudo o 2º decêndio a retirada hídrica fica entorno de -6,3mm, e a deficiência hídrica surge no 3º decêndio do mesmo mês. No estudo climatológico de onze anos do balanço hídrico no PERD os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro não há a presença de reposição ou excedente hídrico em dezessete decêndios que envolvem esses meses.

Ao analisar a figura 4 (c) do Parque Estadual do Rio Doce (PERD), nota-se o 1º decêndio de outubro com retirada/deficiência hídrica, o 2º decêndio do mês a deficiência é maior e a retirada menor em comparação do decêndio anterior, em contrapartida o 3º decêndio de outubro os elementos invertem com uma reposição de 43,3mm, e um excedente de 57,2mm. A retirada no 1º decêndio de novembro é significativa sendo uma das maiores do ano hidrológico estudado, com uma deficiência menor. O 2º decêndio de novembro uma reposição de 9mm é notada, fato que também observa no 3º decêndio de novembro com valor maior de reposição 29,5mm. O mês de dezembro expõe o 1º decêndio com uma pequena reposição, com um excedente de 37,3mm, no 2º decêndio é revelada apenas um excedente de 120,6mm, e seu 3º decêndio 111,7mm de excedente.

No ano hidrológico do PERD em janeiro apresenta no 1º decêndio uma retirada hídrica de -33 mm, e uma deficiência de -7mm, o 2º decêndio tanto a retirada como a deficiência são menores, em contrapartida o 3º decêndio os dados demonstram um maior volume de retirada/deficiência de água. Os decêndios 1,2,3 de fevereiro conforme a figura (b), somente exibem a retirada e deficiência hídricas. Março no 1º decêndio a deficiência hídrica tem maior destaque, que a retirada de água no decêndio, no entanto o 2º decêndio de março uma reposição com valor de 69,4mm ganha ênfase em meio aos decêndios de retirada/deficiência de água. Como observa no 3º decêndio de março até o 3º decêndio de setembro (19 decêndios) não há evidências de nenhuma reposição/excedentes de água.



(a)



(b)

Figura 05: Balanços hídricos climatológicos decendiais no município de Ipatinga; para os períodos 2005 a 2015 (a); e 2013-2014.

A climatologia de 2005 a 2015 no município de Ipatinga, figura 5 (a), o 1º decêndio de outubro apresenta um retirada hídrica de -20mm, e no 2º decêndio a retirada é de -5mm. A reposição hídrica no 3º decêndio de outubro não é de grande representatividade com índice de 14,9mm, no entanto o 2º decêndio de novembro os totais de reposição são de 5,4mm, e de excedente 22,2mm, o excedente hídrico é expressivo no 3º decêndio de novembro com valor de 50,6mm. Em dezembro o 1º decêndio o excedente é de 21,3mm, e no 2º decêndio é apresentado o maior índice desse período, com o excedente de 121mm, o 3º decêndio de dezembro o excedente de água é menor com valor de 70,4, porém apresenta um índice elevado de acordo com os decêndios anteriores com o mesmo elemento. O mês de janeiro os índices de excedentes são menores, o 1º decêndio com valor de 15,1mm, o 2º decêndio com um excedente

10,1mm, e o 3º decêndio de janeiro o excedente exibe 12mm. Os decêndios referentes ao mês de fevereiro não há presença de excedente, no 1º decêndio uma retirada de -4,1mm, no 2º decêndio a retirada foi de -5,5mm, e no 3º decêndio a retirada foi a maior do mês com um total de -11,5mm, e uma deficiência com valor menor que 1mm. Março a situação é invertida com a presença em todos os decêndios de excedente hídrico, o 1º decêndio tem uma reposição de água de 21,1mm, excedente de 35,2mm, o 2º decêndio o excedente foi de 21,9mm, e o 3º decêndio de março o excedente de 14,6mm foi o menor do mês. O mês de abril no seu 1º decêndio ha um excedente de 9,6mm, o que não ocorre no 2º decêndio de abril, e apresenta uma retirada de -11,8mm e deficiência de -0,8m, o 3º decêndio de abril a retirada foi de -7,5mm, com esses índices as retiradas/deficiências dos meses seguintes, somam 17 decêndios sem a presença significativa de chuvas no município.

A análise de Ipatinga figura 05 (b), mostra no 1º decêndio de outubro um excedente de água com valor de 72,4mm, o 2º decêndio de outubro a retirada hídrica apresentou um índice de -5mm, e no 3º decêndio esse índice é maior, com retirada de -28,3mm, e deficiência de -7,1mm. Em novembro o inícios dos decêndio apresentam no 1º um valor de excedente de 164,7mm, no 2º o excedente cai para 3,7mm, e o 3º decêndio o valor sobe para 142,7mm. Todos os decêndios de dezembro apresentam um excedente de água, com índices de 41,7mm no 1º decêndio, 121,2mm, no 2º decêndio, e no 3º decêndio o valor de 29,7mm. Em janeiro, o 1º decêndio é caracterizado por retirada/deficiência hídricas, no 2º decêndio uma reposição hídrica com valor de 8mm é visualizada na figura (b), o 3º decêndio expõe uma retirada/deficiência de água no solo. O 1º decêndio de fevereiro acompanha o decêndio do mês anterior com retirada/deficiência hídrica, o 2º decêndio é marcado por uma reposição de 30,6mm, o 3º decêndio de fevereiro apresenta uma retirada de -19,4mm, e deficiência de -16,2mm.

O mês de março apresenta no seu 1º decêndio uma reposição de 54,6mm, e excedente de 2,4mm, o 2º decêndio do mesmo mês a retirada e a deficiência voltam a aparecer, no 3º decêndio de março a reposição/ excedente somam um valor de 56,1mm ao todo. O excedente de 8,3mm é apresentado no 1º decêndio de abril, o 2º decêndio a retirada hídrica é novamente notada, no 3º decêndio de abril ha a presença de retirada/deficiência de água no solo. Em maio o 1º decêndio é de retirada /deficiência de água no solo, o 2º decêndio nota-se uma reposição hídrica, e no 3º decêndio de maio novamente uma retirada com deficiência. Nos 18 decêndios representados pelos meses de junho, julho, agosto e setembro a retirada e a deficiência ocorrem em todos os períodos.

A sequencia de número de veranicos, que ocorreram no ano anômalo 2013-2014, nas quatro estações meteorológicas, podem estar relacionados à diversidade topográfica local de cada estação com a interação dos mecanismos atmosféricos, de intensidades diferentes, que atuam na região. Portanto, é importante que futuros estudos climáticos sejam realizados no PERD e em seu entorno.

CONCLUSÕES

Na comparação do balanço hídrico climatológico do período 2013-2014, com a climatologia de 2005-2015, conclui-se:

- presença de *veranicos climáticos* no mês de fevereiro, podendo se estender a março ou até em abril;

- no anos anômalos de 2013-2014 as chuvas foram distribuídas entre os decêndios 1° de novembro a 1° de junho, intercalados por veranicos;
- para a climatologia de 2005 a 2015, a estação chuvosa estende-se de outubro a março, e a estação seca de abril a setembro;
- nos anos anômalos 2013-2014 a estação chuvosa sofre alterações com a presença de estiagem em decêndios de outubro.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Minas Gerais –IFMG, Instituto Nacional de Meteorologia-INMET e ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM.

REFERÊNCIAS

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce**. 1ª. ed. Saarbrücken - Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. v. 1. 224p

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTA. Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce.2008, 387p.

MINAS GERAIS. Decreto-Lei nº1.119, de 14 de julho de 1944. Dispõe sobre parques florestais. Diário executivo, Minas Gerais, 15 de julho 1944.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1989b. 422 p.

PEIXOTO,E.L. **Caracterização e Perspectivas do Parque Estadual do Rio Doce-MG**: Uma abordagem a partir de imagens de sensoriamento remoto e fotografias hemisféricas de Dossel. 105p. Dissertação (mestrado em análise e modelagem de sistemas ambientais)- Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2012.

ROLIM, Glauco de Souza. *et al*. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p 133-137, 1998.

VIANELLO, R. L., ADIL, R. A. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa: 2012, 2ª.edição.

VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E DA TEMPERATURA DO AR EM PLANALTINA-DF, AO LONGO DE 40 ANOS

Fernando A. Macena da Silva¹, Balbino A. Evangelista², Juaci V. Malaquias³, Artur G. Muller¹, Alexandra D. de Oliveira¹

¹Pesquisador, Embrapa Cerrados, Planaltina, Distrito Federal, E-mail: fernando.macena@embrapa.br; artur.mulle@embrapa.br; Alexsandra.duarte@embrapa.br

²Analista, Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, Tocantins, E-mail: balbino.evangelista@embrapa.br;

³Analista, Embrapa Cerrados, Planaltina, Distrito Federal, E-mail: juaci.malaquias@embrapa.br.

RESUMO: O principal objetivo dessa publicação foi realizar análise temporal da precipitação pluvial e da temperatura do ar registradas na Estação Principal da Embrapa Cerrados e disponibilizar informações que possam ser utilizadas na pesquisa e no planejamento de atividades agrícolas e da sociedade em geral. Foram analisados quatro decênios no período entre 1974 a 2014. A análise dos primeiros quarenta anos de dados meteorológicos, referentes ao período compreendido entre os anos 1974 e 2013, revela variabilidades climáticas importantes. A precipitação pluviométrica apresenta variação negativa no tempo, com médias de precipitação acumulada anual, nos dois primeiros decênios, acima da média geral dos quarenta anos, enquanto nos dois decênios seguintes, abaixo da média geral. A análise de ocorrência de veranicos dentro da estação chuvosa permitiu observar que dezembro, fevereiro e janeiro, respectivamente, são os meses com menor risco de ocorrência de veranicos com mais de 10 dias seguidos sem chuva. A análise temporal indica tendência de aumento da temperatura das máximas média anual, enquanto as médias anuais das mínimas e das médias, entre os decênios, praticamente não apresentam oscilação.

PALAVRAS-CHAVE: mudanças climáticas, agroclimatologia, séries temporais, veranico, análise frequencial, elementos meteorológicos.

VARIABILITY OF RAINFALL PRECIPITATION AND AIR TEMPERATURE IN PLANALTINA-DF, OVER 40 YEARS

ABSTRACT: The main objective of this publication is to carry out a temporal analysis of rainfall and air temperature recorded at Embrapa Cerrados meteorological main station and to provide useful information for agricultural research and planning as well as for society in general. Four decades of data were analyzed in the period between 1974 and 2014. Analysis of the first forty years of meteorological data for the period between 1974 to 2013 reveals important climatic variations. Rainfall precipitation presents a negative variation in time, with average annual cumulative precipitation in the first two decades above the 40-year average annual cumulative precipitation. In the following two decades, the average is below the 40-year average. The analysis of the occurrence of dry spells within the rainy season showed that December, February and January, respectively, are the months with the lowest risk of occurrence of 10-day dry spells. The temporal analysis indicates a trend of increase in the average annual maximum temperature, while the average annual minimum and mean temperatures are quite stable over the years.

KEYWORDS: climate change, Agroclimatology, time series, dry spell, frequency analysis, meteorological elements.

INTRODUÇÃO

Evidências científicas contemporâneas têm advertido para mudanças na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, com média global de CO₂ em 2015 de 400±0,1 ppm, e incrementos ainda maiores se considerados os outros gases de efeito estufa (CH₄ e N₂O), alterando o padrão de comportamento da temperatura e precipitação, com consequências nas atividades humanas e, em especial, aquelas relacionadas à produção de alimentos (WMO, 2016; IPCC, 2013; 2007). O ano de 2016 apresentou aumento de temperatura de 1,1 °C quando comparado ao período pré-industrial (WMO, 2016). Outras estimativas indicam que a temperatura média do planeta, até o fim do século XXI, poderá aumentar até 1,5 °C em relação ao período 1850 a 1900 para todos os cenários RCP (Representative Concentration Pathways), exceto o RCP2.6 que prevê um aumento de 2 °C (IPCC, 2013).

Eventos extremos com precipitações mais frequentes e intensas, secas e outros tipos de ocorrências prejudiciais ao cenário climático deverão impactar tanto na quantidade quanto na qualidade do rendimento dos cultivos (IPCC, 2013; HATFIELD et al., 2011), com implicações diretas em mudanças nos índices de risco que governam a disponibilidade hídrica e a duração dos períodos de estiagem.

As consequências das alterações climáticas poderão variar entre as regiões brasileiras. As regiões Norte e Centro-Oeste podem ser significativamente prejudicadas pela mudança climática. Atualmente, a região Centro-Oeste responde por 42% da produção brasileira de grãos, com importantes produtos na pauta de exportação (CONAB, 2015). As regiões Sudeste e Sul podem se beneficiar da mudança do clima, uma vez que a probabilidade de ocorrência de eventos extremos pode ser aumentada.

As incertezas sobre a dimensão desses fenômenos implicam na necessidade de estudos regionalizados para melhorar o conhecimento da evolução do clima local. A Embrapa Cerrados, mantém em sua estrutura uma estação climatológica (SILVA et al., 2014), cujos registros, constam a partir do mês de janeiro de 1974 e constituem uma das mais longas e permitem estudos das variações e tendências do clima local. Assim, o objetivo do trabalho foi realizar uma análise temporal da precipitação pluviométrica e da temperatura do ar monitoradas no período de 1974 a 2013 na Estação Principal da Embrapa Cerrados.

MATERIAL E MÉTODOS

As variáveis climáticas básicas utilizadas nesse trabalho foram registradas na Estação Climatológica Principal da Embrapa Cerrados, localizada na região administrativa de Planaltina, no Distrito Federal, com coordenadas geográficas de 15° 35' 30" de latitude Sul e 47° 42' 30" de longitude Oeste e, altitude de 1007 metros. Esta estação está registrada na base de dados HIDRO da ANA - Agência Nacional de Águas, como sendo: Estação CPAC-Principal, Código: 01547016. As variáveis climáticas foram registradas por meio de uma estação climatológica convencional composta por instrumentos mecânicos entre os anos de 1974 e 1997 e, a partir de 1998, foi utilizada uma estação automática composta por sensores eletrônicos da marca Campbell Scientific®. A série climática analisada refere-se ao período compreendido entre os anos de 1974 e 2013, totalizando um conjunto de 40 anos de dados diários.

Foram adotados na estação os padrões preconizados pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1989). Para o controle de qualidade dos dados, foram

identificados e eliminados os erros sistemáticos e aleatórios, além do preenchimento das interrupções nos registros dos dados. Vale ressaltar que nesta estação não houve interrupção no registro dos dados superior a 30 dias. As observações foram baseadas em registros médios horários, obtida pelas médias ou totais de leituras efetuadas a cada 30 segundos, para, em seguida, estabelecer o valor médio ou total diário. Na etapa de análise de consistência, os dados históricos passaram por um tratamento estatístico prévio para identificação e correção dos registros anômalos ou discrepantes (outliers), com a utilização e análise de gráficos de dispersão e *box-plots*.

Com o auxílio de uma planilha eletrônica do BR Office.org 3.0, foram realizados os seguintes procedimentos: avaliação temporal dos 40 anos da série histórica para obtenção dos totais e médias anuais e mensais para caracterização sazonal; análise dos dados agrupados em séries decenais. Em seguida, foi feito o preenchimento das falhas de acordo com a média histórica ou normal, calculada pela média dos valores ocorridos na mesma data das falhas ao longo dos anos.

Em seguida, aplicou-se análise estatística ao conjunto de dados para se determinar as médias mensal e anual, mediana, quartis inferior (Q1) e superior (Q3), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), coeficiente de assimetria (A), curtose (K) e valores extremos com seus respectivos anos de ocorrência. As medidas de assimetria (coeficiente de Bowley) e de curtose (coeficiente de Moors) são baseadas em quantis (ZAR, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as informações da precipitação acumulada mensal e anual na estação principal da Embrapa Cerrados. Analisando-se essa tabela, observa-se que a média anual nesse período foi de 1345,8 mm e que, geralmente, o início da estação chuvosa acontece a partir do mês de setembro, com registro de precipitação média de 36,5 ($\pm 36,8$ mm), e se estende até o mês de abril, cuja média é 93,9 ($\pm 54,8$ mm) (Tabela 2). Apesar da estação chuvosa se iniciar em setembro, o seu estabelecimento para fins de planejamento agropecuário, acontece no mês de outubro quando se adotam critérios de quantidade e frequência, nesse período foi observado média de 126 (± 89 mm) (Tabela 2).

O trimestre mais chuvoso se concentra nos meses de novembro, dezembro e janeiro com valores acumulados médios de precipitação próximo dos 635 mm (Tabela 1), que representa 47% da média anual, quantidade de água suficiente para o suprimento hídrico das principais culturas de grãos cultivadas no Bioma Cerrado, se bem distribuídas no tempo e no espaço.

A análise estatística descritiva pode ser observada na Tabela 2, onde se verificam as médias mensais, a mediana e os quartis inferior (Q1) e superior (Q3), que representam, respectivamente, 25% e 75% dos menores valores de ocorrência do total de chuva acumulada no mês, além do desvio-padrão, coeficiente de variação, e o comportamento de distribuição dos dados representados pela assimetria e curtose.

A análise dessa tabela revela que as médias mensais são maiores do que as medianas, isto se justifica em função da ocorrência de eventos extremos de precipitação. Podemos sugerir que quanto mais distante as médias da mediana, maior a intensidade e/ou frequência de eventos extremamente elevados em relação à mediana do mês. A distribuição é simétrica para a maioria dos meses, com exceção dos meses de junho, julho e agosto, quando o coeficiente de assimetria **A** é igual a 1. Considerando-se que

junho, julho e agosto são meses com baixos índices pluviométricos, pode-se afirmar que o elevado número de meses sem precipitação não permite o ajuste a distribuição normal dos valores em torno da média, pois a média é próxima de zero e não existem valores negativos. A chuva acumulada nos meses mais chuvosos na Embrapa Cerrados apresentaram coeficientes de assimetria iguais a zero e o comportamento dos dados próximo ao padrão mesocúrtico, sendo este forte indício de distribuição normal dos dados.

Em relação aos quartis de ocorrência de chuva, pode-se observar que em 50% dos anos (mediana), o total de chuva acumulada no mês de janeiro foi superior a 198,7 mm, em 75% dos anos superou os 155,2 mm e, em 25% foi maior do que 320,1. Já para outubro, considerado o mês do estabelecimento da estação chuvosa, a média e mediana ficaram muito próximas, 126,0 mm e 122,3 mm, respectivamente e, em 75% dos anos, o total acumulado nesse mês ultrapassou 57,2 mm, enquanto em 25% dos anos foi superior a 156,3 mm (Tabela 2).

No mês de novembro, a diferença entre a média e a mediana foi de apenas 8,2 mm, sendo que em 75% dos anos, o total acumulado nesse mês ultrapassou 132,8 mm e, em 25% dos anos foi superior a 252,4 mm e CV de 42,5%. O menor valor acumulado para este mês foi de 51,2 mm, observado no ano de 1982, e maior foi de 367,2 mm registrados no ano de 1998, (Tabela 2).

Tabela 1. Precipitação pluvial total mensal (mm.mês⁻¹) e anual (mm.ano⁻¹) na Estação Principal da Embrapa Cerrados entre 1974 e 2013.

ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANO
1974	176,3	108,3	516,8	150,2	23,7	2,5	0,0	36,0	2,2	231,6	137,2	181,0	1565,8
1975	108,8	238,5	189,7	199,0	9,8	0,0	8,2	0,0	3,1	104,4	254,4	156,4	1272,3
1976	146,9	311,8	186,3	12,2	59,4	0,0	12,1	3,6	140,7	160,5	321,7	243,4	1598,6
1977	388,8	50,2	108,3	154,6	53,6	18,8	0,0	6,6	9,6	99,2	170,4	221,8	1281,9
1978	307,1	266,2	243,3	143,9	52,9	0,0	2,8	0,0	1,7	120,1	145,4	246,9	1530,3
1979	627,4	252,0	341,7	37,3	23,6	0,0	1,4	32,2	16,5	127,0	130,7	231,4	1821,2
1980	470,5	426,6	46,5	98,6	5,5	1,8	0,0	0,0	42,2	22,8	180,1	290,0	1584,6
1981	218,5	14,5	372,1	58,3	16,6	33,9	19,1	12,8	7,5	460,8	259,2	163,0	1636,3
1982	326,9	105,9	379,6	62,6	48,5	0,0	0,4	34,0	63,5	142,5	51,2	235,5	1450,6
1983	452,9	250,1	289,4	130,2	29,5	0,0	17,4	0,0	24,2	205,5	250,8	348,0	1998,0
1984	169,9	191,7	283,6	106,7	0,0	0,0	0,0	49,6	114,9	104,8	140,4	291,4	1453,0
1985	452,3	130,7	251,3	64,3	11,3	0,0	0,0	2,1	17,5	134,3	164,5	295,8	1524,1
1986	157,4	190,8	159,1	80,1	23,1	0,0	20,6	32,5	19,1	154,9	75,1	223,0	1135,7
1987	156,3	139,5	175,9	112,5	28,5	11,6	0,0	0,0	66,4	56,6	197,1	266,3	1210,7
1988	180,1	279,7	409,9	141,9	7,8	0,0	0,0	0,0	1,5	218,0	233,5	203,5	1675,9
1989	193,6	216,7	65,5	47,5	0,0	11,7	8,3	36,1	59,2	146,0	257,1	599,7	1641,4
1990	169,7	153,8	159,0	70,0	148,4	0,0	67,7	12,6	95,4	168,7	102,4	103,5	1251,2
1991	526,3	213,2	316,5	92,8	18,7	0,0	0,0	0,0	79,2	122,5	168,5	261,7	1799,4
1992	371,9	330,1	124,3	199,1	20,7	0,0	0,0	26,4	98,9	123,8	348,6	240,8	1884,6
1993	162,1	315,1	21,9	83,2	16,3	14,7	0,0	14,4	39,4	96,8	89,5	256,9	1110,3
1994	190,1	117,0	311,9	87,3	35,2	28,9	0,4	0,0	0,0	46,1	259,1	100,8	1176,8
1995	241,4	191,0	153,7	163,6	18,9	4,2	0,0	0,0	0,0	116,1	256,6	206,7	1352,2
1996	108,5	60,8	210,1	34,9	28,5	0,0	0,0	17,1	16,8	48,2	181,6	214,5	921,0
1997	336,7	86,9	359,5	139,5	46,4	20,8	0,0	0,0	52,6	34,7	144,6	116,2	1337,9
1998	162,9	175,1	140,9	87,0	19,3	3,1	0,0	2,0	17,0	139,1	367,2	123,6	1237,2
1999	121,7	181,9	64,7	48,5	10,1	0,2	0,0	0,1	101,6	173,8	191,5	362,7	1256,8
2000	219,7	230,7	78,7	0,1	0,0	1,7	0,6	93,4	42,0	287,8	199,8	141,1	1295,6
2001	77,0	40,3	204,3	68,8	11,7	0,0	0,0	32,7	50,6	77,3	234,5	248,3	1045,5
2002	206,6	124,6	74,3	63,0	18,8	0,0	2,6	19,2	41,0	32,0	98,0	151,1	831,2
2003	203,8	137,8	181,5	37,3	9,4	0,0	0,0	29,3	18,4	22,7	133,5	163,7	937,4
2004	323,2	444,8	300,2	153,4	19,4	4,7	0,0	4,1	0,0	71,5	92,1	190,4	1603,8
2005	228,0	194,2	376,5	88,2	11,4	0,5	0,0	27,9	57,3	8,4	210,9	257,4	1460,7
2006	53,0	199,9	120,9	53,5	8,4	0,0	0,0	1,0	36,4	205,5	107,9	180,8	967,3
2007	151,7	160,5	11,1	6,6	1,4	0,3	0,0	0,0	0,0	57,4	78,6	297,7	765,3
2008	226,9	134,5	106,8	91,9	0,3	0,0	0,0	0,3	43,7	16,5	154,5	152,1	927,5
2009	149,8	161,4	63,7	220,4	77	3,8	0	51,9	65,4	125,5	112,8	157,5	1189,2
2010	112,7	122	271	68	3,4	0,3	0	0	0	122	251,7	308,9	1260
2011	136,7	162,7	171,4	30,9	3,9	2	0	0	5,3	295	291,9	315,5	1415,3
2012	216,7	116,1	64,5	171,3	34,6	1,3	0	0	10,6	32,3	332,7	127,8	1107,9
2013	319	96,1	143,2	97,4	18,9	51,1	0	1,6	0	126,2	187,8	220,9	1318,1
Média	238,7	183,1	201,2	93,9	24,4	5,4	4,0	14,5	36,5	126,0	189,1	227,4	1345,8

Tabela 2. Estatística descritiva da precipitação pluvial total (mm) média, mediana (50%), quartil inferior – Q1 (25%), quartil superior – Q3 (75%), desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV), coeficiente de assimetria (A), curtose (K) e valores extremos com seus respectivos anos de ocorrência, para o período de 1974 a 2013.

Mês	Media-		Q1	Q3	Desvio Padrão	CV (%)	Assim- tria	Curto- se	Ano de			
	Média	na							Míni- mo	Ocorrên- cia	Máxi- mo	Ocorrên- cia
Jan	238,7	198,7	155,2	320,1	130,4	54,6	0	1,4	53,0	2006	627,4	1979
Fev	183,1	168,9	120,8	232,7	95,3	52,0	0	1,2	14,5	1981	444,8	2004
Mar	201,2	178,7	107,9	292,1	122,1	60,7	0	1,2	11,1	2007	516,8	1974
Abr	93,9	87,2	57,1	140,1	54,8	58,4	0	1,1	0,1	2000	220,4	2009
Mai	24,4	18,9	9,2	28,8	27,0	110,9	0	1,8	0,0	*	148,4	1990
Jun	5,4	0,3	0,0	3,9	11,1	202,9	1	3,5	0,0	*	51,1	2013
Jul	4,0	0,0	0,0	0,8	11,7	289,2	1	11,0	0,0	*	67,7	1990
Ago	14,5	2,9	0,0	28,3	20,3	139,9	1	0,7	0,0	*	93,4	2000
Set	36,5	21,7	4,8	57,8	36,8	100,6	0	1,1	0,0	*	140,7	1976
Out	126,0	122,3	57,2	156,3	89,0	70,7	0	1,5	8,4	2005	460,8	1981
Nov	189,1	180,9	132,8	252,4	80,3	42,5	0	0,9	51,2	1982	367,2	1998
Dez	227,4	222,4	161,6	262,9	90,3	39,7	0	1,1	100,8	1994	599,7	1989
Anual	1345,8	1306,9	1166,5	1570,5	295,4	22,0	0	1,2	-	-	-	-

Observa-se ainda na Tabela 2, elevados desvios padrões em torno da média para o período chuvoso, com variação entre 80,3 mm para o mês de novembro e 130,4 mm no mês de janeiro, contudo neste mesmo período os CVs não superaram a marca dos 60,7%, o que indica melhor homogeneidade entre os valores registrados durante a estação chuvosa. Já para o período correspondente à estação seca, os desvios padrões são menores em relação à estação chuvosa, porém os CVs são mais elevados com valores de 110,9%, 202,9%, 289,2%, 139,9% e 100,6% para os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro, respectivamente, devido ao fato da média ser reduzida nesses meses e ocorrência de valores extremos relativos elevados. Isto pode ser observado para o mês de julho que apresenta precipitação média de 4,0 mm e ocorrência de um valor máximo superior a 60 mm, ou seja, aproximadamente 15 vezes superior à média do respectivo mês, apesar de 60 mm acumulado no mês ser considerado um valor baixo para os meses do período chuvoso.

Quanto à ocorrência de valores acumulados extremos de precipitação pluvial durante a estação chuvosa, destaca-se outubro do ano de 2005, que apresentou total acumulado de apenas 8,4 mm, considerado, portanto, o outubro mais seco da série

estudada. Já o mês de janeiro de 1979, foi o que apresentou maior valor acumulado, 627,4 mm (Tabela 2). Os resultados médios mensais e anuais por decênio são apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente, enquanto na Figura 3 são apresentados os desvios das precipitações anuais médias por decênio em função da média anual geral dos quarenta anos da série registrada na Estação Principal da Embrapa Cerrados. Na Figura 2 verifica-se que as médias anuais nos decênios foram, respectivamente, 1.574,0 mm, 1.468,6 mm, 1.139,2 mm e 1.201,5 mm. Quando se compara a média da precipitação acumulada em cada decênio com a média geral dos quarenta anos, (1.345,8 mm), observa-se declínio contínuo do valor médio precipitado, acumulado anual, de 228,1 mm e 122,8 mm para o primeiro e segundo decênios, respectivamente, mesmo assim essas médias foram superiores à média de todo o período. Já para o terceiro e quarto decênios, os desvios foram negativos em 206,7 mm e 144,3 mm (Figura 3), respectivamente. Observou-se ainda, no quarto decênio, uma pequena elevação da média anual, de 62,3 mm, em relação ao terceiro decênio, porém com valores bem abaixo quando comparado à média de todo o período.

Quando se compara os valores médios dos decênios, observam-se diferenças ainda mais elevadas. Por exemplo, a média anual precipitada nos primeiros dez anos foi 1.574 mm e nos últimos dez anos foi de 1201,5 mm, uma diminuição de 372,5 mm, ou seja, uma redução de 23,7% na precipitação pluviométrica. Essa diferença se torna ainda maior se compararmos o primeiro com o terceiro decênio, ou seja, uma diferença de 434,8 mm, o que representa uma diminuição de 27,6% (Figura 2), fato esse já relatado por Silva et al., 2014.

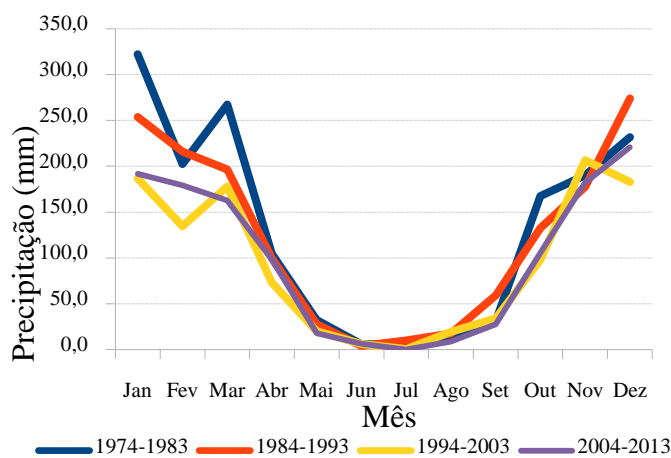


Figura 1. Valores acumulados médios mensais de precipitação pluvial (mm), referentes aos períodos decenais, na Estação Principal da Embrapa Cerrados.

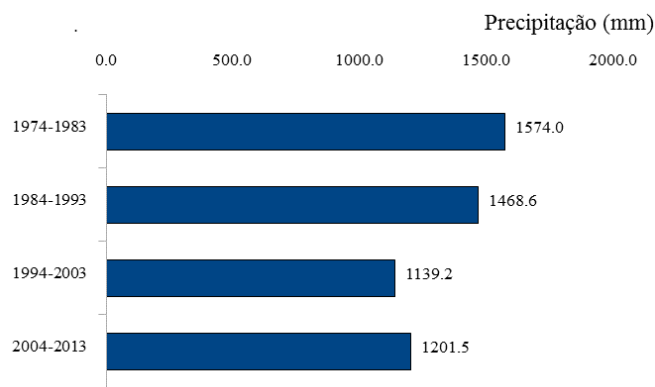


Figura 2. Valores médios decenais de precipitação pluvial (mm) na Estação Principal da Embrapa Cerrados.

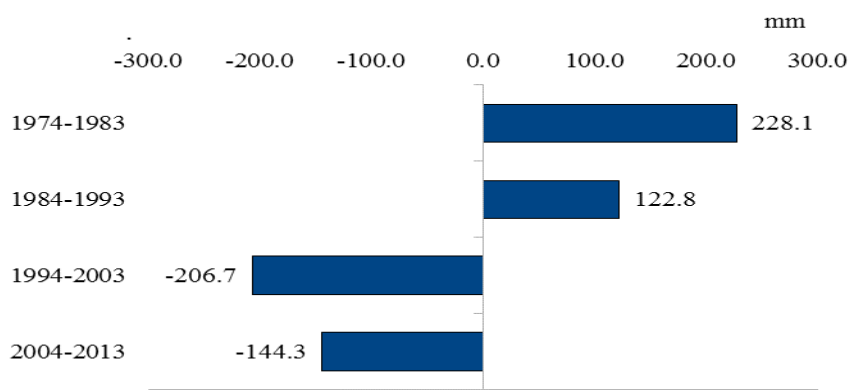


Figura 3. Desvios das precipitações médias decenais em relação à média geral dos quarenta anos na Estação Principal da Embrapa Cerrados.

Essa diminuição do total precipitado foi observada ao longo de alguns meses da estação chuvosa. Ao compararmos as duas últimas décadas com as primeiras, os meses que compõem a estação chuvosa apresentaram menores valores acumulados, exceto no mês de novembro (Figura 4). Ainda na época chuvosa, nota-se que os meses de janeiro, março, maio e outubro, apresentaram declínio contínuo do valor médio precipitado nos três primeiros decênios, confirmando os resultados encontrados por Silva et al., (2014), com estabilização/decréscimo no último decênio, cujos valores precipitados médios foram muito próximos aos do terceiro decênio.

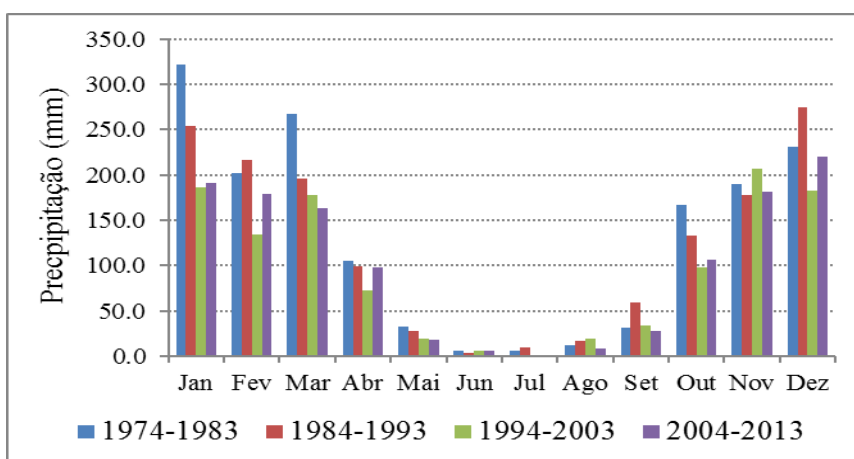


Figura 4. Valores acumulados médios mensais de precipitação pluviométrica (mm) por decênio, na Estação Principal da Embrapa Cerrados.

A partir da Figura 4 visualiza-se diminuição mais expressiva do valor médio precipitado entre o primeiro e último decênios para os meses de janeiro e março, quando os totais médios acumulados diminuíram 130,6 mm e 104,4 mm, respectivamente, ou seja, nos últimos dez anos os índices pluviométricos foram 40,5% e 39% inferiores, respectivamente, em meses importantes para o estabelecimento e desenvolvimento da maioria dos cultivos sob sequeiro.

De modo geral, é interessante observar na Figura 4, que os meses de outubro (estabelecimento da estação chuvosa) e março, nos últimos 20 anos apresentaram

decréscimo nos totais pluviométricos e que o trimestre dezembro-janeiro-fevereiro que apresenta os maiores totais pluviométricos, reduziu esses totais nas duas últimas décadas. É conveniente salientar que nesse trimestre a probabilidade de ocorrência de veranicos (até 5 dias) podem ser superiores a 30% (Tabela 3), o que pode comprometer o estabelecimento dos principais cultivos da região.

Os dados apresentados na Tabela 3 mostram a quantidade e a frequência de ocorrência de dias consecutivos sem chuva (veranicos) superior a 5 mm com duração (dias) de: até 5; 6 a 10; 11 a 15; 16 a 20; 21 a 25; 26 a 30; e 31 a 35 dias, de 1974 a 2013. Observa-se que para quarenta anos de dados analisados, aconteceram entre 33 e 28 períodos de até 10 dias consecutivos sem chuva nos meses de janeiro e fevereiro, o que equivalem, respectivamente, a 82% e 70% de probabilidade de ocorrência de veranicos de até 10 dias nesses meses. Já para períodos de até 15 dias consecutivos sem chuvas, para os mesmos meses, a frequência foi oito e três, que correspondem, respectivamente, a 20% e 8% de probabilidade de ocorrência.

Na Tabela 3, detecta-se a ocorrência de 20 e 34 períodos de até 10 dias consecutivos sem chuva nos meses de novembro e dezembro, o que equivalem, respectivamente, a 50%, 85% de probabilidade de ocorrência no mínimo, de um período de até 10 dias consecutivos sem chuva na região nesses meses. Já para períodos de até 15 dias consecutivos sem chuva, para os mesmos meses, a frequência foi de 15 e 5 vezes, que correspondem, respectivamente, a 38% e 12% de probabilidade de ocorrência. Vale ressaltar que dezembro, janeiro e fevereiro representam meses de grande importância para a estação de crescimento, pois, geralmente é quando as culturas já foram plantadas e dependem do suprimento hídrico adequado para o crescimento e definição do rendimento final.

Os valores médios mensais das temperaturas máximas do ar separados por decênio encontram-se na Tabela 4 e Figura 5. As médias das máximas mensais variaram entre 26,5 °C e 29,8 °C, sendo agosto, outubro e setembro os meses que apresentam as maiores temperaturas médias máximas de 28,45°C, 29,25 °C e 29,83°C, respectivamente. Os meses que apresentam as menores médias das máximas foram junho e julho com 26,5 °C e 26,7 °C, respectivamente.

Comparando-se a média anual das máximas de cada decênio com a máxima geral, 27,8 °C, dos quarenta anos, observa-se que as médias das temperaturas máximas do primeiro decênio ficaram 0,7 °C abaixo da média de todo o período; já no segundo decênio 0,1 °C. No terceiro e no quarto decênios houve um aumento de 0,5 °C e 0,3 °C, respectivamente, em relação à média geral (Figura 5).

Quando se compara a evolução entre os decênios, observa-se um aumento contínuo de 0,6 °C da temperatura máxima nos três primeiros decênios, e uma diminuição de 0,2 °C do quarto em relação ao terceiro. Porém observa-se um aumento 1,2 °C entre o terceiro e o primeiro decênio; e 1,0 °C entre o quarto e o primeiro decênio. Por meio dessa análise verifica-se que houve elevação das temperaturas máximas, onde o terceiro decênio (1994 a 2003) foi o que apresentou maior elevação (Tabela 4 e Figura 5).

Os dados apresentados na Figura 6 destacam com mais evidências as diferenças das médias máximas mensais entre os decênios. Observa-se que todos os meses do ano, nos dois últimos decênios, apresentaram temperaturas médias máximas superiores às dos dois primeiros decênios, sendo setembro e outubro os meses que apresentaram maior diferença, 1,5 °C e 1,8 °C, respectivamente, enquanto a menor foi observada para o mês de março, 0,6 °C.

Os meses mais frios do ano: maio, junho e julho ficaram mais quentes nos dois últimos decênios cerca de 1,2 °C, 0,7 °C e 1,3 °C, respectivamente. Ao analisar a Tabela

4, pode-se sugerir uma ligeira tendência de valores mais elevados nos últimos 20 anos, para os meses de fevereiro, março, setembro, outubro e dezembro quando comparados aos decênios (1974-1983) e (1984-1993), o que não pode ser evidenciado pelos valores médios. Este aumento da temperatura máxima pode ser parcialmente decorrente da menor precipitação nestes decênios, onde a menor disponibilidade hídrica reduz a evapotranspiração real e o gasto de energia neste processo, podendo favorecer o aumento da temperatura do ar durante os períodos de maior disponibilidade de energia.

A Tabela 5 permite inferir uma ligeira tendência de valores maiores nos últimos 20 anos, para os meses de janeiro, fevereiro e março quando comparados aos decênios (1974-1983) e (1984-1993). Na Figura 7, destacam-se as diferenças das médias mínimas mensais entre os decênios. Observa-se que os meses referentes à estação chuvosa (outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março) durante o terceiro e quarto decênios apresentaram temperaturas médias mínimas iguais ou superiores às do primeiro decênio, sendo outubro e janeiro os meses que apresentaram as maiores elevações das mínimas, 0,4 °C, e que o segundo decênio apresenta a menor média das mínimas em todos os meses em relação aos demais decênios.

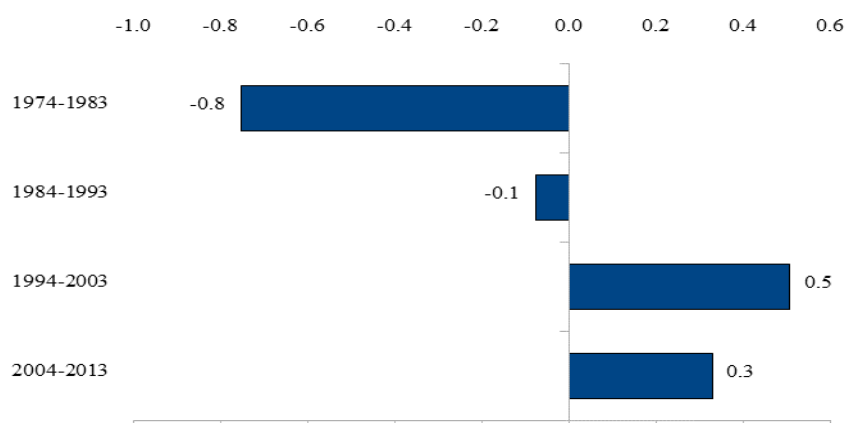


Figura 5. Desvios das médias das temperaturas máximas anuais por decênio em relação à média geral dos quarenta anos na Estação Principal da Embrapa Cerrados.

A análise mensal por decênio da temperatura mínima encontra-se na Tabela 5 e na Figura 7. Comparando-se a média anual das mínimas de cada decênio com a média geral dos quarenta anos apresentadas nessa tabela, observa-se que as variações foram mínimas, pois o primeiro e o quarto decênios foram iguais à média geral; o segundo ficou 0,4 °C abaixo; enquanto o terceiro decênio apresentou um aumento de 0,3 °C em relação à média. Quando se compara a evolução entre os decênios, observa-se diminuição da temperatura mínima média de 0,4 °C do segundo em relação ao primeiro; no terceiro decênio as temperaturas mínimas se elevaram e superaram as médias do segundo e do primeiro em até de 0,7 °C e 0,3 °C, respectivamente; e no quarto decênio as temperaturas mínimas diminuíram 0,3 °C em relação ao terceiro (Figura 7).

Tabela 4. Valores médios mensais e anuais da temperatura do ar máxima (°C), referentes aos períodos decenais, na Estação Principal da Embrapa Cerrados de 1974 a 2013.

Decênio	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1974-1983	26.6	27.0	27.5	26.8	26.2	26.0	25.8	27.9	29.1	28.1	27.0	26.7	27.1
1984-1993	27.4	27.7	27.8	28.1	27.5	26.5	26.7	28.2	29.2	29.0	28.0	26.7	27.7

1994-2003	28.1	28.4	28.3	28.1	27.3	26.9	27.3	29.2	30.4	29.9	28.0	28.1	28.3
2004-2013	27.5	28.2	28.1	28.2	27.4	26.7	27.1	28.6	30.6	30.0	27.9	27.5	28.1
Média	27.4	27.8	27.9	27.8	27.1	26.5	26.7	28.5	29.8	29.2	27.7	27.3	27.8

Tabela 3. Frequência e probabilidade de ocorrências (entre parêntesis) de dias consecutivos sem chuvas (veranicos) registrados na Estação Principal da Embrapa Cerrados entre 1974 e 2013.

Meses	Períodos de duração (Dias)						
	até 5	6 a 10	11 a 15	16 a 20	21 a 25	26 a 30	31 a 35
Janeiro	14 (35%)	33 (82%)	08 (20%)	01 (02%)	01 (02%)		
Fevereiro	11 (28%)	28 (70%)	03 (08%)	05 (12%)		01 (02%)	
Março	08 (20%)	27 (68%)	14 (35%)	06 (15%)			
Abril	07 (18%)	31 (78%)	13 (32%)	13 (32%)	04 (10%)	04 (10%)	
Mai	01 (02%)	09 (22%)	11 (28%)	11 (28%)	05 (12%)	12 (30%)	09 (22%)
Junho	01 (02%)	04 (10%)		02 (05%)	04 (10%)	34 (85%)	
Julho		01 (02%)	03 (08%)	03 (08%)	01 (02%)	03 (08%)	33 (82%)
Agosto		04 (10%)	09 (22%)	07 (18%)	04 (10%)	05 (12%)	22 (55%)
Setembro	02 (05%)	21 (52%)	15 (38%)	10 (25%)	08 (20%)	10 (25%)	
Outubro	07 (18%)	38 (95%)	09 (22%)	07 (18%)	03 (08%)	01 (02%)	01 (02%)
Novembro	13 (32%)	20 (50%)	15 (38%)	01 (02%)			
Dezembro	09 (22%)	34 (85%)	05 (12%)	01 (02%)			

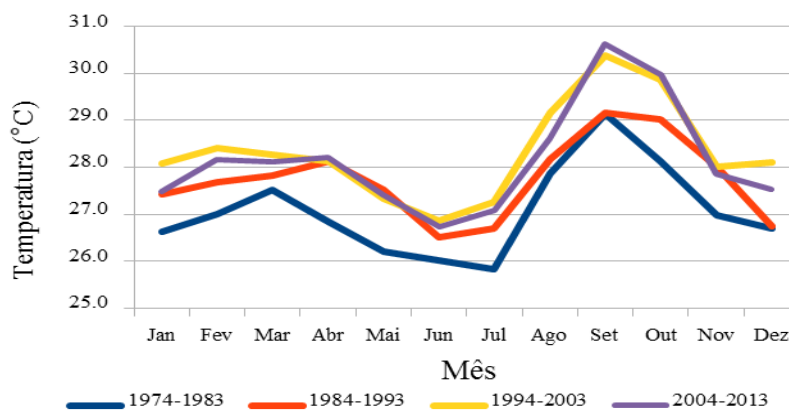


Figura 6. Valores médios mensais da temperatura do ar máxima (°C), referentes aos períodos decenais, na Estação Principal da Embrapa Cerrados.

Tabela 5. Valores médios mensais e anuais da temperatura do ar mínima (°C), referentes aos períodos decenais, na Estação Principal da Embrapa Cerrados de 1974 a 2013.

Decênio	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1974-1983	17,7	17,7	17,8	17,2	15,6	14,2	13,3	15,2	17,0	17,6	17,8	17,6	16,5
1984-1993	17,4	17,4	17,4	16,8	15,1	12,9	12,8	14,5	16,2	17,4	17,4	17,7	16,1
1994-2003	18,1	18,0	18,1	17,2	15,2	13,5	13,8	15,4	17,4	18,2	18,3	18,3	16,8
2004-2013	18,0	18,0	18,0	17,2	15,2	14,0	13,1	14,4	16,7	18,1	17,8	17,9	16,5
Média	17,8	17,8	17,8	17,1	15,3	13,7	13,2	14,9	16,8	17,8	17,8	17,9	16,5

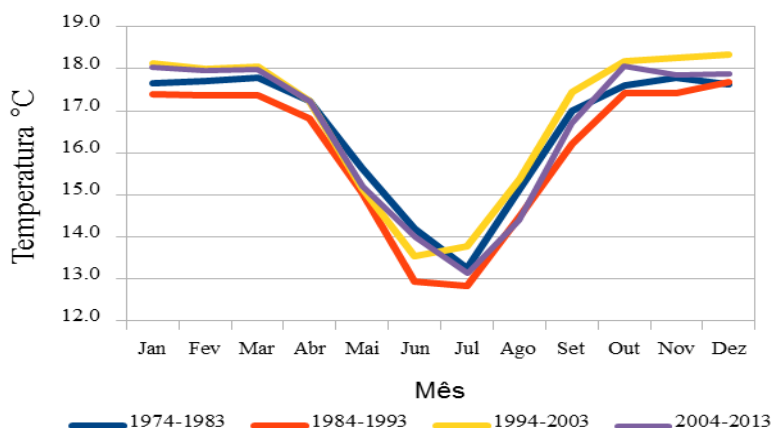


Figura 7. Valores médios mensais da temperatura do ar mínima (°C), referentes aos períodos decenais, registrados na Estação Principal da Embrapa Cerrados.

CONCLUSÕES

A análise dos primeiros quarenta anos de dados meteorológicos, referentes ao período compreendido entre os anos 1974 e 2013, revela variabilidades climáticas importantes. A precipitação pluviométrica apresenta variação negativa no tempo, com médias de precipitação acumulada anual, nos dois primeiros decênios, acima da média geral dos quarenta anos, enquanto nos dois decênios seguintes, abaixo da média geral.

A análise de ocorrência de veranicos dentro da estação chuvosa permitiu observar que dezembro, fevereiro e janeiro, respectivamente, são os meses com menor risco de ocorrência de veranicos com mais de 10 dias seguidos sem chuva.

A análise temporal indica tendência de aumento da temperatura das máximas média anual, enquanto as médias anuais das mínimas e das médias, entre os decênios, praticamente não apresentam oscilação.

REFERÊNCIAS

Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2015. Acompanhamento Da Safra Brasileira: Grãos Safra 2014/2015: Oitavo Levantamento: Maio De 2015 Conab, Brasília, pp. 2015. (Acesso em: 08 de maio 20175) <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_05_13_08_46_55_boletim_graos_maio_2015.pdf>.

HATFIELD, J., K. BOOTE, B.A. KIMBALL, R. IZAURRALDE, D. Ort, A. Thomson, and D. Wolfe. Climate Impacts on Agriculture: Implications for Crop Production. *Agron. J.* 103:351–370. 2011.

IPCC. Climate change 2007: The physical science basis: summary for policymakers. Geneva: IPCC, 2007. 18 p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>. Acesso em: 10 junho 2011.

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B.A.; MALAQUIAS, J.V. Normal Climatológica de 1974 a 2003 da Estação Principal da Embrapa Cerrados. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014.

ZAR J.H. *Biostatistical analysis*. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.

WMO -WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Greenhouse Gas Bulletin, 2016. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/documents/GHG_Bulletin_No.12_en.pdf>. Acesso em: 8 maio. 2017.

VULNERABILIDADE À PERDA DOS SOLOS NO MUNICÍPIO DE DORMENTES: SEMIÁRIDO DO ESTADO DE PERNAMBUCO

Samuel Alves dos Santos¹, Rodrigo José de Carvalho Lopes², Samara da Silva Santos³,
Antonio Marcos dos Santos⁴

¹Mestrando, UPE, Petrolina, Pernambuco, samuka21alvess@outlook.com; ²Graduando em Geografia, UPE- Campus Petrolina, Petrolina, Pernambuco, rdg_jose@hotmail.com; ³Mestranda, UPE, Petrolina, Pernambuco, samara-santos@hotmail.com; ⁴ Prof. Doutor, UPE, Petrolina, Pernambuco, geo_fisica@yahoo.com.br

RESUMO: A erosão dos solos é uma das degradações que contribuem com o processo de desertificação no semiárido brasileiro. O desmatamento da caatinga, as práticas de manejo não adequadas junto a outros fatores proporcionam o crescimento progressivo da perda de solos. Na região do submédio São Francisco a situação não é diferente. O presente artigo tem como objetivo analisar os estados de vulnerabilidade à perda dos solos no município de Dormentes, semiárido do estado de Pernambuco. Para desenvolvimento desta pesquisa foram utilizadas as ferramentas geotecnológicas para elaboração dos atributos básicos (solos, relevo, erosividade e cobertura e uso das terras) empregados no mapeamento da vulnerabilidade à erosão. Os resultados apontam estado crítico e preocupante, visto que, 50% do município está comprometido com média a alta vulnerabilidade a perda dos solos. As atividades humanas, tais como: desmatamento; criações de animais; produção de carvão vegetal e a comercialização da lenha estão deixando os solos vulneráveis à remoção da camada fértil. Diante do apresentado surge a necessidade de políticas públicas e ações no segmento comunitário para prevenir futuras implicações ambientais, as quais contribuirão no processo de desertificação no município estudado.

PALAVRAS-CHAVE: geoprocessamento, degradação das terras, fragilidade dos solos.

VULNERABILITY TO LOSS OF SOILS IN THE MUNICIPALITY OF DORMENTES: SEMI-ARID OF STATE OF PERNAMBUCO

ABSTRACT: Soil erosion is one of the degradations that contribute to the desertification process in the Brazilian semi-arid region. Deforestation of the caatinga, unsuitable management practices along with other factors provide for the progressive growth of soil loss. In the sub-region of São Francisco, the situation is no different. The objective of this paper is to analyze the vulnerability to soil loss in the municipality of Dormentes, semi - arid region of the state of Pernambuco. For the development of this research, geotechnological tools were used to elaborate the basic attributes (soils, relief, erosivity and land cover and use) used in the mapping of vulnerability to erosion. The results indicate a critical and worrying state, since, 50% of the municipality is compromised with medium to high vulnerability to soil loss. Human activities, such as: deforestation; Creations of animals; Charcoal production and the commercialization of firewood are leaving the soils vulnerable to the removal of the fertile layer. In view of the above, there is a need for public policies and actions in the community segment to prevent future environmental implications, which will contribute to the desertification process in the municipality studied.

KEY-WORDS: geoprocessing, land degradation, susceptibility to erosion.

INTRODUÇÃO

Os estudos de Lepsch (2011), Guerra (2012), Guerra e Mendonça (2012) e Farhan et al. (2013) mostram que a erosão dos solos retira e transporta os materiais sedimentares degradando as terras e reduzindo a produtividade agrícola. Bertoni e Lombardi Neto (1990) destacam que vários são os agentes erosivos, sendo eles, a gravidade, a água, gelo e o vento. O agente mais poderoso são as águas provenientes das precipitações pluviométricas.

A erosão dos solos é uma das degradações que contribuem com o processo de desertificação no semiárido brasileiro. Entende-se por desertificação a degradação das terras localizadas nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, proporcionadas por ações antrópicas e/ou variações na dinâmica climática (UNCCD, 1994; D'ODORICO et al. 2012).

Vários autores estão trabalhando com a temática vulnerabilidade e/ou vulnerabilidade à erosão dos solos. Nesta linha, Meléndez-Pastor et al. (2006), usou em seu trabalho um modelo experimental para avaliar a vulnerabilidade à degradação do solo. Sendo ele baseado no uso de imagens de satélite e modelos digitais de elevação para avaliar o efeito da cobertura vegetal e topografia na perda de solos.

Outro autor que utiliza a temática vulnerabilidade aos processos de degradação do solo é Crepani et al. (2001), o autor utiliza os atributos ambientais geologia, geomorfologia, pedologia, fitogeografia e clima com o intuito de criar cartas de vulnerabilidade à erosão dos solos. Mota e Valladares (2011), também, utiliza o conteúdo sobre vulnerabilidade e susceptibilidade em seu estudo. Os autores produziram um mapa de vulnerabilidade à erosão dos solos da bacia do rio Acaraú, localizada no estado do Ceará. Para isto, foi empregado o Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Diante do que foi apresentado o objetivo deste estudo é analisar os estados de vulnerabilidade à perda dos solos no município de Dormentes, semiárido do estado de Pernambuco e seu potencial à desertificação.

MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada foi o município de Dormentes (PE), localizado na mesorregião do São Francisco e na microrregião de Petrolina (Figura 1). Segundo o IBGE (2016), Dormentes possui uma população de 16.917 habitantes em uma área de 1.537,642 Km².

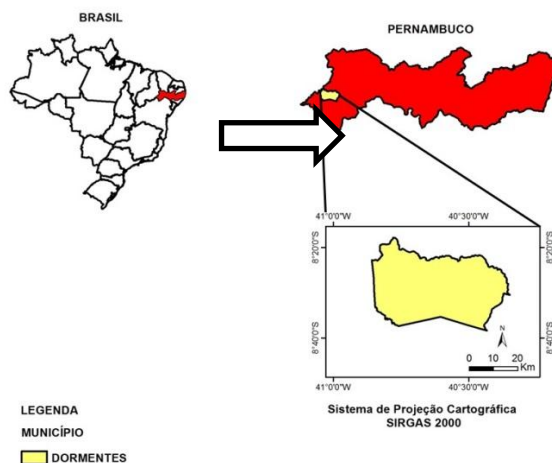


Figura 1. Localização da área de estudo.

Segundo Beltrão et al. (2005), o município de Dormente apresenta em seu aspecto fisiográfico a depressão sertaneja, uma paisagem típica do semiárido nordestino, com relevo suave-ondulado. A vegetação é composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia. O clima é do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril. A precipitação média anual é de 431,8mm.

Para realização do presente, estudo foram necessárias o uso de ferramentas geotecnologias, as quais foram imprescindíveis na elaboração dos mapas de vulnerabilidades a erosão.

Inicialmente, foram adquiridas 2 imagens de satélites geradas pelo sensor TM (*Thematic Mapper*) referente a órbita 217 e cena 066 correspondentes aos anos de 1981 e 1996 e uma imagem obtida pelo sensor OLI (*Operational Land Imager*) no ano de 2015 na mesma órbita e cena dos anos anteriores. Os produtos orbitais foram submetidos à classificação supervisionada e, em seguida, transformados em três mapas de uso e cobertura das terras fatiadas em três classes de cobertura (caatinga densa, caatinga esparsa e solo exposto).

Foram, também, confeccionados mais três mapeamentos: mapa de solo utilizando a base de informação em formato vetorial do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2008) e o mapa de declividade do terreno, a partir da imagem de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) trabalhada por Miranda (2005) na folha SC-24-V-D.

O mapa de erosividade foi confeccionado a partir da equação 1 trabalhada por Bertoni e Lombardi (1999), Aquino, Oliveira e Sales (2006) e Santos e Galvêncio (2013). Para isto, foram empregados dados pluviométricos registrados em três estações meteorológicas administradas pela ANA (Agência Nacional das Águas) com série histórica dos últimos 40 anos para região.

$$EI = 67,355 \left(\frac{r^2}{p} \right)^{0,85} \quad (1).$$

Em que: EI é a média mensal do índice de erosão, em MJ/ha.mm; r representa a precipitação média mensal, em mm e p a precipitação média anual, em mm. Os índices de erosão mensal (EI) foram somados para obtenção do índice de erosividade (R), em MJmm/ha.ano, conforme a equação 2.

$$R = \sum EI \quad (2).$$

Os mapeamentos dos atributos foram cruzados por meio da álgebra de mapas, isto para geração da carta de vulnerabilidade à erosão dos solos (equação 3).

$$SE = \frac{P + G + E + UT}{4} \quad (3).$$

Em que: SE é a vulnerabilidade natural à erosão do solo; P é a vulnerabilidade para o atributo solo; G é a vulnerabilidade para o atributo geomorfologia - declividade; E é a vulnerabilidade para o atributo erosividade e UT é a vulnerabilidade para o

atributo uso da terra. As notas para cada tipo de: classe de solos; classe de usos da terra; classe de relevo e de erosividade pode ser verificada na figura 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos dos elementos físico-naturais

O mapeamento dos atributos físicos naturais importantes para a vulnerabilidade à erosão dos solos é apresentado na figura 3. Em relação às características pedológicas, vale destacar a presença dos Argissolos, os quais predominam no município ocupando mais de 60% do território. Estes solos apresentam diferenciações significativas de textura entre o horizonte A e o B, no qual se dá pelo processo de translocação da argila localizada na camada superior para a inferior, formando, assim a camada B textural (EMBRAPA, 2006). No semiárido brasileiro estes solos podem apresentar pedregosidade, que podem comprometer a produção agrícola (SILVA, SILVA & BARROS, 2008).

A presença de argila no horizonte B nos Argissolos, em comparação com os demais solos encontrados no município classificam estes solos com muito baixa vulnerabilidade à erosão. Isto porque, a presença deste mineral tende a reduzir a desagregação das partículas do solo.

Atributos de análise						
Vulnerabilidades	Notas	Relevo				
		Solos	Declividade (%)	Tipologia	Erosividade	Uso da terra
Muito Alta	5	Neossolos Litólicos				Solo exposto
Alta	4	-----	20 – 45	Forte-ondulado	-----	-----
Média	3	Luvisolos	8 - 20	Ondulado	3305,1 - 3472,2	Caatinga Esparsa/aberta
Baixa	2	Argissolos (Vermelho, Amarelo)	3 – 8	Suave-ondulado	3298,81 – 3305	Caatinga Densa
Muito	1	Latossolo	0 – 3	Plano	2984,2 –	

Figura 2. Notas e graus de vulnerabilidade a erosão dos solos.

Fonte: Adaptação do estudo desenvolvido Santos (2017).

Há presença, também, de Latossolos Amarelos na parte leste do município. Os Latossolos são solos bem desenvolvidos. Sua textura varia de média a muita argilosa, possuem razoável capacidade de armazenamento de água, o que contribui para a agricultura irrigada. Sua limitação está na baixa fertilidade, e baixa retenção de umidade, quando presentes em climas secos (EMBRAPA, 2006, SILVA & SILVA, 2010).

Os Latossolos Amarelos foram classificados como de baixa vulnerabilidade a erosão. Isto porque, apresenta maior dispersão de argila em comparação com os Argissolos, logo uma vulnerabilidade a erosão maior. Em comparação com os demais solos apresenta maiores resistências a erosão devido ao seu desenvolvimento e quantidades de argila maiores.

Outros solos foram encontrados, principalmente no centro e oeste do município em pequenas manchas (figura 3). Destaque para os Neossolos Regolíticos, os quais estão presentes no relevo plano e suave-ondulado, profundidade variando entono de 1,20m (EMBRAPA, 2006). Por apresentar, alta quantidade de areia em sua formação, é o solo mais vulnerável à erosão no município.

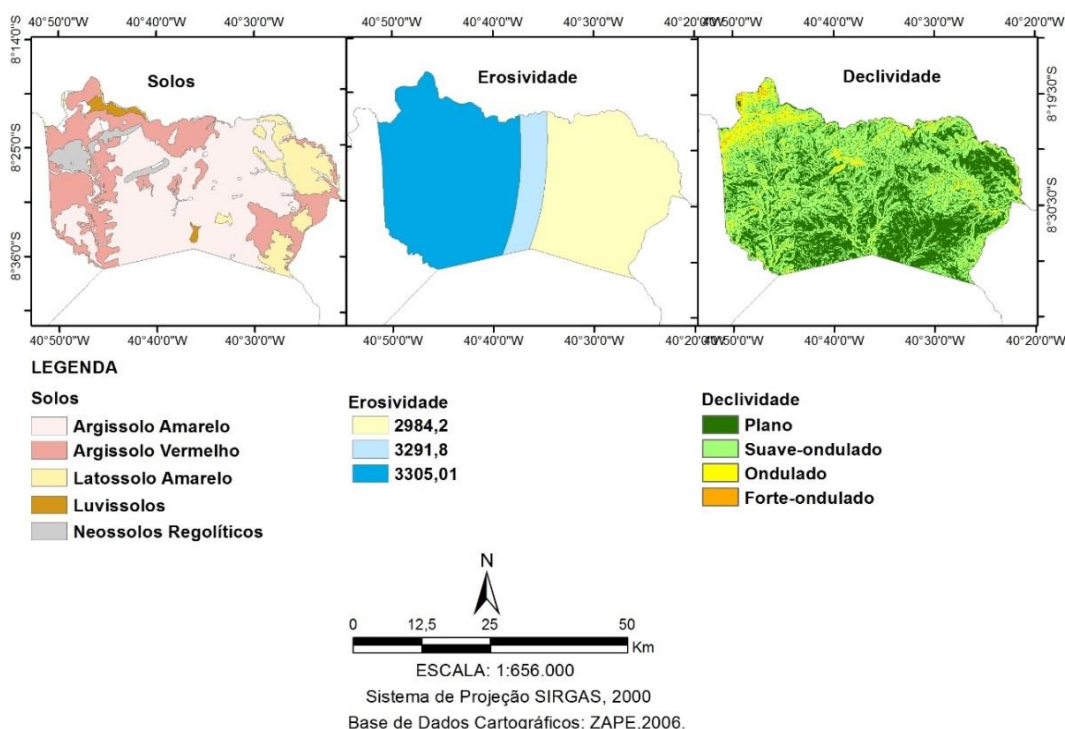


Figura 3: Atributos solos, erosividade e declividade da área de estudo

Outro atributo analisado foi à erosividade, a qual representa o potencial das chuvas em erodir os solos (Figura 3). Para o município de Dormentes, foi possível contabilizar três valores de erosividade. No setor leste do município a erosividade possui valor de 2984,2. Comparando com o quadro da figura 2 este quantitativo apresenta potencialidade Muito baixa a erosão. Em relação ao setor oeste o potencial a perda de solos, a partir das chuvas, é considerado de média vulnerabilidade. O centro

apresenta uma área de transição considerada de baixa vulnerabilidade à erosão, visto que, apresenta valores de erosividade intermediário aos demais.

Em relação à declividade do terreno predomina as feições planas e suavemente onduladas, as quais de acordo com o quadro da figura 3 apresentam muito baixa e baixa vulnerabilidade à erosão, respectivamente.

Isto porque, em relevos com baixas declividades, as águas das chuvas escoam com velocidades menores culminando com baixa remoção dos solos. Quanto às declividades que representam o relevo ondulado estão presentes em pequenas áreas no setor oeste do município (figura 3) e, apresentam média potencialidade à erosão.

Vulnerabilidade à erosão

A vulnerabilidade à erosão dos solos para o município de Dormentes nos anos de 1981, 1996 e 2015 é apresentada na figura 4. Observa-se que no primeiro ano, década de 80, o predomínio é da classe de baixa vulnerabilidade a erosão e, em seguida a classe de Muito Baixa vulnerabilidade.

A distribuição das classes citadas anteriormente está associada, principalmente a distribuição do uso e ocupação das terras. Para o ano de 1981 predomina no município a caatinga densa fechada. Neste período, já ocorria problemas de desmatamentos, porém, de intensidades inferiores aos encontrados atualmente.

As áreas com cobertura vegetal protegem os solos dos impactos produzidos pelo contato das chuvas nos solos, os quais conseqüentemente potencializará a erosão (FERREIRA et al. 2013). A vegetação atua como um sistema de amortecimento das gotas das chuvas evitando a selagem dos poros dos solos, assim como, reduzindo a velocidade do escoamento superficial. Conseqüentemente, protege os solos do processo erosivo. Neste contexto, ao cruzar a carta de uso da terra com os atributos físicos (solos, declividade e erosividade) a vulnerabilidade à erosão não ultrapassa o potencial médio à erosão.

Para o ano de 1996 há modificações na vulnerabilidade à erosão. Observa-se que nesse ano as áreas com classe de vulnerabilidade muito baixa foi reduzida devido ao aumento da classe que apresenta muito baixa vulnerabilidade, a qual, ainda, predomina na área de estudo. Na região ocidental do município (figura 4) no ano de 1996, nota-se um aumento da classe média que se destacavam em pequenas manchas no ano de 1981. É perceptível no mapa de vulnerabilidade a erosão de 1996 o surgimento de uma nova classe com alta vulnerabilidade à erosão devido ao desmatamento da vegetação.

Para melhor analisar o motivo das mudanças ocorridas durante esses quinze anos é preciso observar a figura 5. No ano de 1996, a caatinga densa fechada apresentou uma redução drástica, surgindo duas novas classes de uso, o solo exposto que apresenta uma vulnerabilidade muito alta à erosão e a caatinga esparsa/aberta com média vulnerabilidade. Isso ocorreu devido o desmatamento da caatinga para implementação de pastos destinados a criação de ovinos e caprinos.

A caatinga esparsa/aberta apresenta reduzida proteção dos solos nos períodos de chuvas, isto porque, apresenta densidade e concentração inferior a caatinga densa. Neste contexto, apresenta média vulnerabilidade a erosão.

Em relação ao solo exposto a situação é extrema. Neste tipo de uso o contato das chuvas ocorre de forma direta ou semidireta (área com pastagem) provocando a selagem dos poros dos solos (TAMENE et al. 2017). Conseqüentemente, impulsionando a velocidade do escoamento superficial das águas (PRATS et al. 2017). Com isto, a vulnerabilidade a erosão para as áreas com solo exposto é muito alta.

Para o ano de 2015 a situação torna-se preocupante. As áreas com média vulnerabilidade expandem-se ocupando mais da metade do município. Ampliação, também, notada para a classe de alta suscetibilidade (figura 4).

No último ano de análise, observa-se na figura 5 que ocorre o predomínio das caatingas esparsas em detrimento das caatingas densas/fechadas. Dois fatores explicam esta modificação. O primeiro é de ordem natural e o segundo de ordem antrópica.

Quanto aos fatores naturais, entre os anos de 2012 a 2015, houve uma redução nos quantitativos de chuvas em boa parte do semiárido, incluindo o município de Dormentes. Conseqüentemente, a cobertura vegetal não apresentou o vigor necessário, e isto foi perceptível na passagem do sensor OLI influenciando no mapeamento. Logo, muitas áreas sobre cobertura vegetal densa, foram identificadas como caatinga esparsa devido a este problema climático.

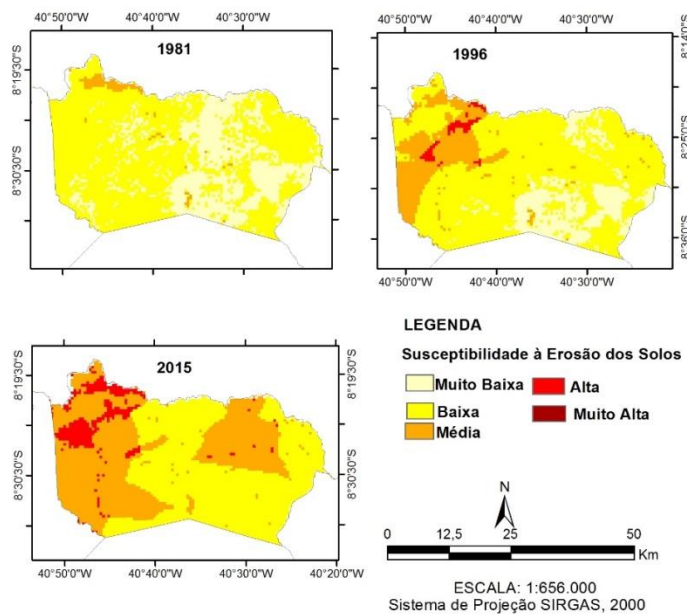


Figura 4: vulnerabilidade a erosão dos solos no município de Dormentes.

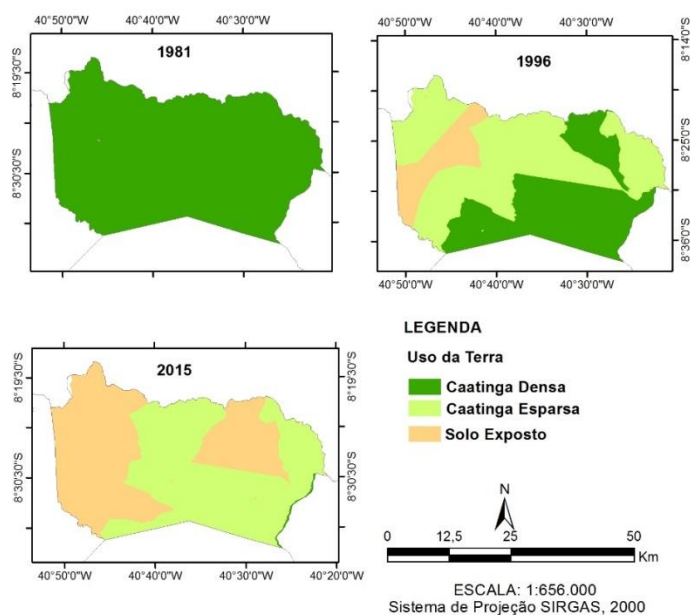


Figura 5: mapeamento de uso e ocupação das terras para o município de Dormentes.

Em relação ao fator antrópico, nos últimos anos, parte da cobertura vegetal vem sendo substituída por solo exposto. O município de Dormentes, atualmente, passa por um estado muito delicado devido à vulnerabilidade média e alta ter aumentado rapidamente nos últimos anos. A caatinga densa/fechada vem sendo substituída pelo solo exposto como pode ser observado ao longo dos anos nos mapeamentos da figura 5.

As ações antrópicas citadas anteriormente é a principal chave do aumento do risco de erosão dos solos no município de Dormentes. O risco de desertificação nessas áreas no ano de 2015 (figura 4) é grande devido à alta vulnerabilidade à perda de solos no município.

Processos semelhantes foram encontrados nos núcleos de desertificação no nordeste brasileiro, nos quais a maioria apresenta estado avançado de erosão dos solos (PEREZ-MARIN et al., 2012). Outro exemplo foi diagnosticado na China, onde a erosão dos solos vem reduzindo o potencial de fertilidade das terras da bacia hidrográfica do rio Tarim (LIU et al., 2016).

CONCLUSÕES

Diante do apresentado, observa-se que ao analisar o grau de vulnerabilidade à perda dos solos no município de Dormentes o mapeamento apresentou um estado crítico e preocupante devido a 50% do município está comprometido com média à alta vulnerabilidade à erosão.

O uso da terra vem sendo o principal expoente na ampliação ao longo dos anos da vulnerabilidade a perda dos solos. Isso ocorre devido às atividades humanas estarem reduzindo as áreas de vegetação de caatinga local para suprir suas necessidades econômicas a priori, deixando os solos expostos e frágeis à erosão.

A dinâmica dos graus de vulnerabilidade apresentados e discutidos deve proporcionar grandes preocupações quanto ao futuro dessas terras. Deste modo, surge a necessidade de prevenir, a partir de políticas públicas e ações no segmento comunitário,

o quanto antes a perda de solos no município, evitando assim, um desgaste ainda maior que culminaria com o avanço da desertificação na escala local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação Científica da segunda autora e ao Grupo de Trabalho em Monitoramento Ambiental, Geotecnologia e Ensino (GTMAGEO), assim como, ao Grupo de Pesquisa em Sociedade e Natureza do Vale do São Francisco vinculado ao CNPq pela estrutura e possibilidade de realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L. Suscetibilidade das terras secas do estado Piauí á desertificação: avaliação a partir de índices. **Mercator**, Fortaleza, v.5, n.9, p.49-60, 2006.

BELTRÃO, B. A.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N. **Diagnóstico do município de Dormentes**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo. Ícone, 1990.

_____. Conservação do solo. 4ed. Campinas: Ícone, 1999.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. D.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-8454-RPQ/722). 2001, p.103.

D'ODORICO, P.; et al.. Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources*, London, p.326-344, 2013.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. EMBRAPA: Rio de Janeiro, 2006.

FARHAN, Y.; ZREGAT, D.; FARHAN, I. Spatial Estimation of Soil Erosion Risk Using RUSLE Approach, RS, and GIS Techniques: A Case Study of Kufranja Watershed, Northern Jordan. **Journal of Water Resource and Protection**, v.5, p.1247-1261, 2013.

GUERRA, A. J. T. O Início do Processo Erosivo. In. _____. SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G.M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, temas e aplicações**. 8ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2012, p.17-50.

GUERRA, A. T. MENDONÇA, J. K. Erosão dos solos e a Questão Ambiental. In: **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. A. C. VITTE, A. J. T. GUERRA (Orgs.).6ed. Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 2012, p. 225-251.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 17 jun. 2016.

LEPSCH, I. F. Degradação e Conservação dos Solos. In: _____.(Org.). **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Texto, 2011.

LIU, F. et al.. Semi-natural areas of Tarim Basin in northwest China: Linkage to desertification, **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.573, p.178-188, 2016.

MELÉNDEZ-PASTOR, I.; NAVARRO-PEDREÑO, J.; GÓMEZ, I.; MATAIX, J.; JORDÁN, M. A **simplified fuzzy logic model to evaluate soil vulnerability**. **1. Theoretical basis**: DEM and Remote Sensing. 5th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems. Earth and Water. Proceedings, v. I, p. 182-184. Institut Cartogràfic de Catalunya & Institut Geològic de Catalunya, Barcelona, 2006.

MIRANDA, E. E. (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa>>. Acesso: 24 set. 2009.

MOTA, L. H. S. O.; VALLADARES, G. S. Vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia do Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.23-36, 2011.

PEREZ-MARIN, A. et al.. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v.17, n.34, p.87-106, 2012.

PERNAMBUCO. Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (ZAPE). Embrapa Solos - UEP: Recife: EMBRAPA, 2008.

PRATS, S.A. et al.. Runoff and soil erosion mitigation with sieved forest residue mulch strips under controlled laboratory conditions. **Forest Ecology and Management**, Amsterda, v.396, p.102-112, 2017.

SILVA, F. B. H. B. B.; SIVA, A. B.; BARROS, A. H. C. Principais classes de solos do estado de Pernambuco. 2010.

TAMENE, L. et al.. Mapping soil erosion hotspots and assessing the potential impacts of land management practices in the highlands of Ethiopia. **Geomorphology**, Amsterdam, v.292, p.153-163, 2017.

UNCCD. **United Nations Convention to Combat Desertification**; 1994. Disponível em: < <http://www.unccd.int/>>. Acesso em: mar. de 2017.

QUALIDADE DAS ÁGUAS E DESERTIFICAÇÃO EM RESERVATÓRIOS DE ÁREAS DE SEQUEIRO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Bruna Mireli Pereira de Souza Corcino¹, Rodrigo José de Carvalho Lopes², Antonio Marcos dos Santos³

¹ Mestranda em Educação e Formação de Professores, UPE Campus Petrolina, Petrolina, Pernambuco, brunamirelisousa@gmail.com; ² Graduando em Geografia, UPE-Campus Petrolina, Petrolina, Pernambuco, rdg_jose@hotmail.com; ³ Doutor em Geografia, UPE Campus Petrolina, Petrolina, Pernambuco, geo_fisica@yahoo.com.br

RESUMO: O presente estudo tem como objetivo analisar a qualidade das águas armazenadas em barragens localizadas na estação de monitoramento ambiental da microbacia do riacho Romão, município de Afrânio (Pernambuco), e sua contribuição no processo de desertificação local. Para atingir este objetivo foram realizadas coletas de águas em 3 barragens superficiais. Após este procedimento os materiais foram enviados ao laboratório sendo submetidos à análise da Condutividade Elétrica e do Potencial de Hidrogênio (pH). Foi constatado que os reservatórios superficiais apresentam problemas elevados de salinização das águas devido a fatores naturais como rochas e solos com teores de sais, e antrópico devido ao manejo inadequado do solo e da água. Acrescenta-se, o risco que o uso destas águas pode acarretar na salinização dos solos a partir de manejos irrigados praticados na região.

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos, salinização, irrigação.

QUALITY OF WATERS AND DESERTIFICATION IN RESERVOIRS OF DROUGHT REGIONS IN THE SEMIÁRID PERNAMBUCANO

ABSTRACT: The present study aims to analyze the quality of the water stored in dams located at the environmental monitoring station of the Romão stream microbasin, Afrânio municipality (Pernambuco), and its contribution to the local desertification process. To achieve this goal, water was collected in 3 surface dams. After this procedure the materials were sent to the laboratory and submitted to the analysis of Electrical Conductivity and Hydrogen Potential (pH). It was observed that the superficial reservoirs present high salinization problems due to natural factors such as rocks and soils with salt content, and anthropic due to inadequate soil and water management. It is added the risk that the use of these waters can cause in the salinization of the soils from irrigated managements practiced in the region.

KEY-WORDS: Water resources, salinization, irrigation.

INTRODUÇÃO

Para Aquino, Oliveira e Sales (2006) e D'odorico et al. (2012), o processo de desertificação pode ser definido como a degradação das terras localizadas nas zonas de climas áridos, semiáridos e subúmido secos resultante de variações do clima e do manejo inadequado do solo, este último relacionado às ações humanas.

No Brasil o problema da desertificação avança a cada década impulsionado pela escassez hídrica, inconstância climática, desmatamento, perda dos solos por erosão, redução da biodiversidade florística e da fauna, entre outros fatores (BRASIL, 2012).

Soma-se ao problema relatado anteriormente, a salinização dos solos provenientes de práticas agrícolas inadequadas. Estudo realizado por Castro e Santos (2015) destaca que parte das terras de municípios inseridos no vale do São Francisco possui problemas de salinização, principalmente, aquelas sobre intensa atividade agrícola com foco na irrigação. Segundo o estudo, além da presença de solos com potencial natural à salinização, soma-se a má drenagem e o uso da água com presença de sais na irrigação.

Diante do apresentado surge um questionamento básico. As águas armazenadas nos reservatório superficiais do semiárido podem comprometer as práticas de irrigação e manejo dos solos locais?

A partir do questionamento anterior, o objetivo deste estudo é analisar a qualidade das águas armazenadas na estação de monitoramento ambiental da microbacia do riacho Romão, município de Afrânio (Pernambuco), e sua contribuição no processo de desertificação local.

MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia de monitoramento do riacho Romão está localizada no município de Afrânio (Pernambuco) (Figura 1).

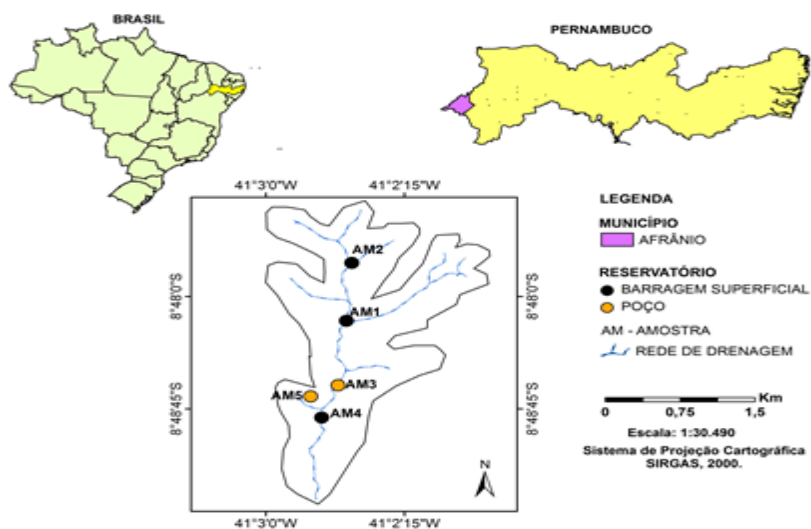


Figura 1. Localização da área de estudo (microbacia Sítio Romão) e reservatórios analisados.

Para estudo da qualidade das águas foram utilizados 3 barragens superficiais (Figuras 1 e 2). As águas foram coletadas através de recipientes apropriados alocados em uma haste de PVC. A amostra 1 foi coletada no dia 30 de Abril do ano de 2016, as 14 hs. Já as amostras 2 e 3 foram coletadas no dia 1 de Maio do mesmo ano, sendo a primeira as 11:30hs e a segunda as 13:00 hs. Os materiais coletados foram armazenados em frasco âmbar de 1 litro e alocados em um recipiente térmico para manutenção da temperatura e as propriedades das águas.

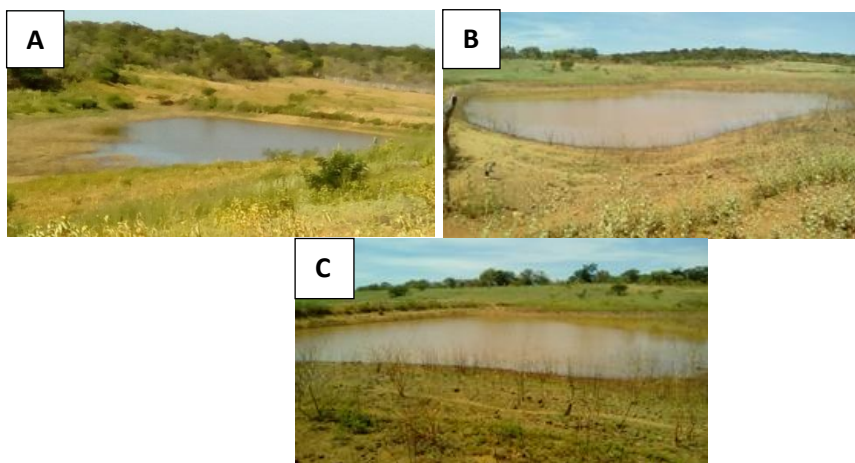


Figura 2. **A** (barragem da amostra 1); **B** (barragem da amostra 2); **C** (barragem da amostra 3).

A água coletada foi encaminhada ao laboratório de solos IFSertão - Campus Zona Rural. Para analisar o grau de salinização das águas fez-se uso dos parâmetros Condutividades Elétrica e pH. Segundo Oliveira, Campos e Medeiros (2010) estes parâmetros são ótimos indicativos da presença de sais nos corpos hídricos. Todo processo de avaliação dos materiais, incluindo as coletas em campo, desde as análises em laboratório foram realizados com base na metodologia do Manual de Controle e Qualidade das Águas da Funasa (BRASIL, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A CE é um parâmetro de qualidade das águas que aferem a capacidade que água tem de conduzir uma corrente elétrica, e é um dos parâmetros que indicam a salinidade da água. Quanto maior a condutividade elétrica maior a salinidade (BRASIL, 2012).

O valor obtido para o padrão de condutividade elétrica apresenta teores variando entre 782 a 1765,6. Valores considerados elevados o que indicam presenças de sais dissolvidos em água. O pH caracteriza a força dos estados ácidos ou alcalinos de intermédio líquido, com intercessão na medida presente de íons hidrogênio (H⁺). O resultado deste indicador é estudado em escala antilogarítmica, abrangendo os padrões de 0 a 14 (inferior de 7 são as condições ácidas; superior de 7 as condições alcalinas) (BRASIL, 2014).

Diante disso, o resultado obtido nas análises de pH, aponta que na amostra 1 foi obtido valor de 8,81, e na amostra 2 de 6,90. Valores que enquadram estas amostras em condições alcalinas, como citado anteriormente.

Para adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se, geralmente, na faixa de 6 a 9 (BRASIL 2014). A amostra adequada é a 3 com pH de 6,90. Isto se deve ao fato de se ter pouca presença de animais ao entorno do barramento e, tudo indica, que os solos no entorno deste barramento apresentam baixas quantidades de sais em sua composição, com valores razoáveis e aceitos de pH.

Observa-se que as amostras 1 e 2 apresentaram maiores indicadores de salinização. Isto porque, os valores de CE e pH apontam valores elevados para presença de sais dissolvidos em água. Estes sais são oriundos dos sedimentos das encostas desmatadas provenientes dos solos carregados pelas chuvas. Outra possibilidade está no emprego de sais na alimentação de animais, com destaque para os caprinos e ovinos. Com as precipitações estes materiais são deslocados para os reservatórios.

Os valores mais altos de pH foi verificado na amostra 2 com valor de 9,72, estas águas são classificadas como alcalinas e com presença de sais devido a fatores especificados para estas amostras anteriormente.

A utilização destas águas com concentrações de sais, na irrigação pode ocasionar a salinização dos solos, que é um dos principais processos que contribui para desertificação (BRASIL, 2007). Em campo foi observado que alguns agricultores utilizam a água destes reservatórios para irrigação de pequenos cultivos. Com isto, o risco de salinização dos solos tornam-se grande, principalmente nas águas dos reservatórios 1 e 2.

CONCLUSÕES

Diante do que foi abordado anteriormente, percebe-se que os reservatórios superficiais da microbacia apresentam problemas elevados de salinização das águas, que se for agravado poderá contribuir com o processo de desertificação. Isto devido a fatores naturais como rochas e solos com teores de sais, e antrópico devido ao manejo inadequado do solo e da água.

Uma alternativa viável para colaborar na reversão desta situação em que se encontra os reservatórios seria o monitoramento da qualidade das águas. Monitoramento este que além de gerar novas pesquisas nesta área, poderá encontrar soluções para os problemas de salinização, e prevenir a região de problemas futuros.

Outra alternativa seria o desenvolvimento de palestras e atividades voltadas a educação ambiental com a população local com intuito de sensibilizar as comunidades e prevenir impactos em escalas maiores no futuro.

AGRADECIMENTOS

Ao laboratório de solos IFSertão - Campus Zona Rural, e ao Grupo de Trabalho em Monitoramento Ambiental, Geotecnologia e Ensino (GTMAGEO), pela receptividade e colaboração com este trabalho.

REFERÊNCIAS

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L. Suscetibilidade das terras secas do estado Piauí á desertificação: avaliação a partir de índices. **Mercator**, Fortaleza, v.5, n.9, p.1-24, 2006.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Brasília: MMA, 2007.

BRASIL. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **A Questão da Água no Nordeste**. Agência Nacional de Águas, Brasília: 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Funasa, 2014.

CASTRO, F.C; SANTOS, A.M. Suscetibilidade ambiental a salinização das terras em municípios da microrregião de Petrolina – PERNAMBUCO-BRASIL. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.16, n.56, p. 160-172, 2015.

D'ODORICO, et al.. Global desertification: Drivers and feedbacks. **Advances In Water Resources**, Amsterdam, v.51, p. 326-344, 2012.

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. **Química Nova**, São Paulo, v.33, n.5, p.1059-1066, 2010.

CINÉTICA DE SECAGEM DA MANGA DA VARIEDADE ESPADA SUBMETIDA À SECAGEM SOLAR

Bruno Emanuel Souza Coelho¹, Mayane Mendes do Nascimento¹, Itamara Rayanny Bessa de Carvalho¹, Karla dos Santos Melo de Sousa², Neiton Silva Machado².

¹Graduando em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Vale do São Francisco *Campus* Ciências Agrárias, Petrolina, Pernambuco, E-mail: souza.coelho.18@gmail.com;

² Professor (a) Dr. Em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco *Campus* Ciências Agrárias, Petrolina, Pernambuco, E-mail: karla.smsousa@univasf.edu.br.

RESUMO: A manga é uma fruta tropical de grande importância econômica, e dentre as variedades produzidas e cultivadas no nordeste do Brasil têm-se a Espada, porém como toda fruta a mesma é perecível, sendo necessária a aplicação de métodos de conservação que visem prolongar seu tempo de prateleira. Um dos métodos mais antigos é a secagem, destacando-se a solar, sendo esta uma alternativa viável, e promissora em regiões de clima tropical. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar a secagem solar da manga cv. Espada, avaliar o seu comportamento durante o processo, e o teor de vitamina C e umidade no produto final. A partir dos resultados verificou-se que o processo de secagem solar apresentou uma boa eficiência e o produto final apresentou um incremento no teor de vitamina C de 221%, e apresentar um teor de umidade (b.u.) de 11,64, estando de acordo com a legislação brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: *Mangifera indica* L., Agricultura Familiar, Vitamina C.

SWINE DRYING KINETICS OF THE VARIETY SWORD SUBMITTED TO SOLAR DRYING

ABSTRACT: The mango is a tropical fruit of great economic importance, and among the varieties produced and cultivated in the northeast of Brazil are the Sword, but as all fruit it is perishable, being necessary the application of conservation methods that aim to prolong its time Shelf life. One of the oldest methods is drying, standing out the solar, being this a viable alternative, and promising in regions of tropical climate. In view of the above, the objective of this work was to perform the solar drying of the cv. Sword, evaluate their behavior during the process, and the content of vitamin C and moisture in the final product. From the results it was verified that the drying process presented a good efficiency and the final product had an increase in the vitamin C content of 221%, and had a moisture content (b.u.) of 11.64, being in agreement With Brazilian legislation.

KEY-WORDS: *Mangifera* L., Family farming, Vitamin C.

INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta sazonal, pertencente à família *Anacardiaceae*, que integra o elenco das frutas tropicais de importância econômica (BRANDÃO et al., 2003), e dentre as variedades de maior produção e consumo no Nordeste brasileiro, destaca-se a Tommy Atkins, Rosa e a Espada (GENÚ & PINTO, 2002). Sua vida pós-colheita é limitada pelo excessivo amadurecimento da fruta, e desenvolvimento de patógenos que ocasionam podridões. Para aproveitar o seu potencial é necessário o desenvolvimento de processos que possam estender sua vida útil preservando suas características nutricionais e sensoriais (CAPARINO et al., 2012).

Dentre os métodos de conservação de alimentos têm-se a secagem que consiste na eliminação de água por evaporação, reduzindo o teor de umidade do produto, e consequentemente reduz as reações químicas indesejáveis e a atividade microbiana que torna o produto impróprio para o consumo (MADAMBA, 2007).

O uso da energia solar na secagem de alimentos é uma alternativa viável para regiões de clima tropical e subtropical por ser principalmente de grande potencial, limpa e gratuita, devido às condições meteorológicas (RICCI et al., 2012).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da manga cv. Espada submetida à secagem solar, e avaliar as amostras *in natura* e desidratadas quanto aos parâmetros físico-químicos, de vitamina C, umidade e sólidos totais.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas mangas da variedade Espada, adquiridas junto a agricultores familiares da cidade de Petrolina-PE, no qual, foram selecionadas de acordo com o grau de maturação, ausência de injúrias e firmeza, em seguida levadas para o Laboratório de Agroindústria da Univasf, onde foram lavadas e sanitização com água clorada a 50 ppm de cloro ativo.

Posteriormente as mangas foram descascadas, cortadas em forma de bastonete, com cerca de 70 mm de comprimento, 10 mm de largura e 8 mm de altura, dispostas em bandejas e submetidas à desidratação no secador solar entre as 08:30 da manhã até as 16:30 da tarde, sendo armazenados em dessecadores durante a noite e submetidas novamente a radiação solar até o término do processo.

O equipamento utilizado para secagem solar da manga foi desenvolvido em parceria com o Laboratório de Construções Rurais (CEAGRO/CCA/UNIVASF), sendo constituído por um tambor metálico com capacidade de 200L partido ao meio, pintado de preto fosco, e com vidro apoiado ao meio.

Para avaliação da eficiência do processo, a temperatura interna do secador foi verificada durante a secagem com uso de um termômetro de pistola, e a temperatura do ambiente e a radiação solar foram obtidas a partir de dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em meio a Estação Automática de Petrolina.

O fruto *in natura* e seco foi avaliado quanto o teor de umidade e sólidos totais, por secagem direta em estufa com circulação de ar forçado, a 105°C até atingir peso constante (IAL, 2008), e vitamina C pelo método de Tillmans, conforme metodologias descritas pela AOAC (1997).

Para a análise estatística dos dados experimentais obtidos nas avaliações físico-químicas, foi empregado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), e utilizado o teste de Tukey para comparação entre as médias, através do programa computacional ASSISTAT versão 7.5 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

Para a determinação da cinética de secagem as frutas foram retiradas do secador solar em diferentes intervalos regulares de tempo para determinação da massa das amostras, e avaliar a razão de umidade em função do tempo de secagem, que foi finalizada quando houve a obtenção do equilíbrio da água (% b.s.). O cálculo da razão de umidade (RU), durante a secagem foi realizado utilizando-se a expressão:

$$RU = (U - U_e) / (U_i - U_e) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: U – teor de água do produto (%b.s.); U_i – teor de água inicial do produto (%b.s.); U_e – teor de água de equilíbrio do produto (%b.s.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Figura 1** apresenta em forma de gráfico a temperatura externa, temperatura interna e radiação solar em função do horário de secagem.

Analisando a **Figura 1**, é possível notar que durante o decorrer da secagem o secador solar atingiu uma temperatura média de 49,26 °C, máxima de 60 °C e a mínima de 30,1 °C, já para a temperatura do ambiente obteve-se um valor médio de 29,34 °C, máximo de 34,5 °C e mínima de 25 °C, configurando – se um sistema de boa eficiência conforme com Silva (2000), que relata que para uma boa eficiência deve – se ter um aumento de 5 °C da temperatura interna em relação ao ar de secagem.

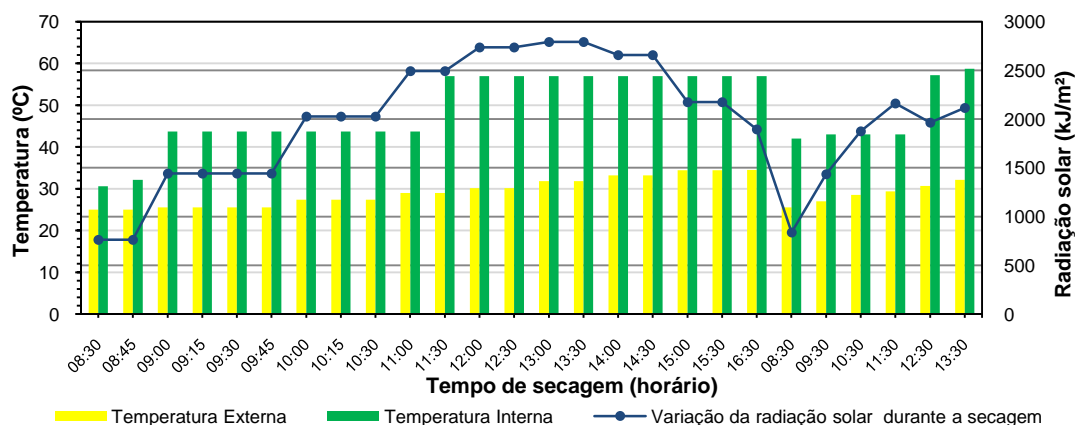


Figura 1. Variação de temperatura do ar de secagem no interior e exterior do secador solar, e da radiação solar durante a secagem.

Galle et al. (2016) relata também que a eficiência dos secadores solares é condicionada pela incidência de insolação e baixa umidade, características presente no clima do município de Petrolina–PE. Durante a secagem solar a umidade média do ar foi de 50%, e conforme a **Figura 1** é possível ver uma relação direta entre a temperatura e a radiação solar, pois com o aumento da radiação solar houve o aumento da temperatura do ambiente e do sistema.

Já na **Figura 2**, tem-se a curva de secagem da manga ‘espada’, em função da razão de umidade e o tempo de secagem. O presente experimento apresentou coeficiente de correlação exponencial significativa de 74,45%.

As amostras de manga ‘espada’ submetidas à secagem solar tinham um teor médio de umidade inicial de 417,96% (u.bs.) e ao final do processo obteve-se umidade final do produto desidratado de 15,90% (u.bs.), em 15 horas de secagem, sendo que no início da secagem ocorreu diminuição acentuada da umidade, em seguida ocorreu uma redução moderada até se estabilizar.

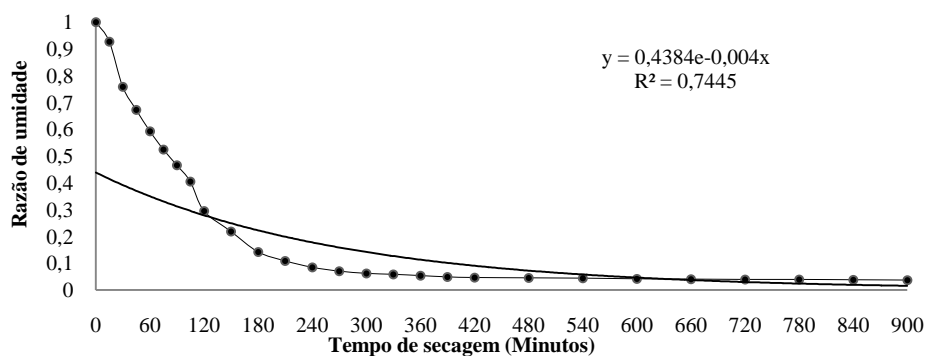


Figura 2. Curva de secagem da manga Espada

A legislação brasileira por meio da Resolução nº12 de 1978, preconiza um valor máximo de 25% de umidade (b.u.) para frutos secos ou desidratados (BRASIL, 1978) e conseqüentemente um teor mínimo de 85% de sólidos totais. E conforme os dados expressos na **Tabela 1** houve uma redução significativa do teor de água no fruto seco e o aumento de sólidos no mesmo, enquadrando-se na legislação vigente.

Tabela 1. Avaliação físico-química da manga cv. espada *in natura* e seca.

Parâmetro	Manga <i>in natura</i>	Manga seca	CV (%)	DMS
Sólidos totais (g.100g ⁻¹)*	14,36 ± 0,21 b	89,36 ± 1,10 a	2,16	2,43
Umidade (% b.u.)*	85,63 ± 0,21 a	11,64 ± 1,10 b	0,37	0,42
Vitamina C (mg.100g ⁻¹)*	22,83 ± 0,23 b	48,36 ± 0,77 a	1,97	1,59

*Médias seguidas pela mesma letra contidas na mesma linha não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de significância

Após a secagem da manga, verificou-se um aumento de cerca de 211% na concentração deste componente em relação ao teor na fruta *in natura*. Aumento este inferior ao obtido por Elias et al. (2008), de 300% na avaliação nutricional de caqui cv. Fuyu submetido à desidratação osmótica e secagem por convecção.

CONCLUSÕES

O processo de secagem solar contribuiu para obtenção de um produto com bons teores de ácido ascórbico, caracterizando-se como um método de conservação de baixo custo, contribuindo para reduzir as perdas pós-colheita.

AGRADECIMENTOS

A Univasf e ao CNPq pela concessão de bolsas aos autores deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, 16th ed. Washington, 1995.
- BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótica solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 25, n. 1, p. 38-41, 2003.
- BRASIL - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução CNNPA nº 12, de 1978**. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78.pdf > Acesso em: 15 nov 2010.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. **Journal of Food Engineering**, v. 11, p. 135-148, 2012.

ELIAS, N. de F.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B. de ; VIANA, A. P.; DIONELLO, R. G.; QUEIROZ, V. A. V. Avaliação nutricional e sensorial de caqui cv Fuyu submetido à desidratação osmótica e secagem por convecção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos (Impresso)**, Campinas - SP, v. 28, p. 322-328, 2008.

GALLE, N. B. C.; ALVES, N. M. C.; CASTRO, R. L. O.; VILELA, A. O.; SILVA, M. I. P. Secador solar para secagem de frutas reutilizando materiais descartados da construção civil. **A Barriguda: Revista Científica**, Campina Grande – PB, v. 6, p. 593-602, 2016.

GENÚ, P. J.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 454 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz. São Paulo. v.1, 1020p, 2008.

MADAMBA, P.S.; DRISCOLL, R.H.; BUCKLE, K.A. The thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering** v.29, p.75-97, 2007.

RICCI, M. R.; BATTISTI, J. de F.; SCHMIDT, C. A. P. Secador solar: Processo de desidratação de frutas com diferentes tratamentos osmóticos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 7, n.1, p 1- 4, 2012.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, J. S.; FINGER, F. L.; CORRÊA, P. C. Armazenamento de frutas e hortaliças. In: SILVA, J. S. (Ed.). **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2000. p. 469-502.

AVALIAÇÃO DE UM SECADOR PARA DESIDRATAÇÃO DE FRUTOS DE GOIABA COM ENERGIA SOLAR

Bruno Emanuel Souza Coelho¹, Karla dos Santos Melo de Sousa², Neiton Silva Machado², Carmem Lucia Coelho³.

¹Graduando em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Vale do São Francisco *Campus* Ciências Agrárias, Petrolina, Pernambuco, E-mail: souza.coelho.18@gmail.com;

² Professor (a) Dr. Em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco *Campus* Ciências Agrárias, Petrolina, Pernambuco, E-mail: karla.smsousa@univasf.edu.br.

³ Graduanda em Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, Pernambuco, E-mail: kamemcoelho@hotmail.com.

RESUMO: A goiaba é um fruto climatérico, bastante produzido em regiões de clima semiárido devido às condições favoráveis, mas é altamente perecível em decorrência do seu excessivo amadurecimento. A dificuldade enfrentada pelos produtores deste fruto não é somente a produção, mas também a busca por tecnologias que aumentem a vida de prateleira, tais como a secagem, destacando-se a secagem solar. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar a desidratação de frutos de goiaba com uso de energia solar, determinar a dinâmica de secagem e avaliar o processo. O processo de secagem apresentou bom desempenho sob as condições climáticas do município de Petrolina – PE, e o tempo total de secagem foi de quinze horas.

PALAVRAS-CHAVE: *Psidium guajava* L. Tecnologia de baixo custo. Energia Limpa.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY AND DETERMINATION OF GOIABA SOLAR DRYING KINETICS

ABSTRACT: Guava fruit is a climacteric fruit produced in regions with semi-arid climate due to favorable conditions, but is highly perishable due to its excessive ripening. The difficulty faced by producers of this fruit is no longer the production but the use of technologies to increase shelf life. And the use of solar energy is a viable alternative, and promising in regions at the production poles. In view of the above, the objective of this work was to perform solar drying of guava using solar energy, determine the drying dynamic and evaluate the process. The drying process presented good performance under climatic conditions of the municipality of Petrolina - PE, and the total drying time was fifteen hours.

KEY-WORDS: *Psidium guajava* L. Low cost technology. Clean energy.

INTRODUÇÃO

No Brasil, aproximadamente 32% da produção de goiaba é proveniente de regiões de clima semiárido (IBGE, 2016), devido à disponibilidade hídrica e condições favoráveis de solo e clima (RODRIGUES et al., 2015).

A goiaba é um fruto climatérico, altamente perecível, possuindo uma perda muito rápida da coloração verde da casca, amolecimento excessivo, elevada incidência de podridões, murchamento e perda de brilho (BASSETTO et al., 2005). Além disso, apresenta uma vida de prateleira máxima de oito dias, sendo um dos maiores problemas enfrentados para a sua comercialização in natura (MOWLAH & ITOO 1982).

O maior desafio dos grandes produtores tropicais não é produzir, e sim preservar a qualidade do produto. Assim, os produtores têm a opção de armazenar para o consumo futuro, comercializar quando o mercado oferecer altos preços ou usufruir de tecnologias que mantenham a qualidade do produto (CAMPOS, 2015).

A secagem consiste no uso do calor para extrair a água presente no alimento e aumentar a sua estabilidade, inibindo o crescimento de microrganismos e atividades enzimáticas (RODRIGUES, 2016). O uso da energia solar para a secagem de frutas é um mercado promissor, e de grande interesse industrial, além de ser uma excelente alternativa para regiões de clima tropical, como o Nordeste, destacando – se como uma tecnologia de baixo custo, limpa, gratuita e abundante (FERREIRA et al., 2008).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o processo de secagem solar de frutos de goiabeira.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, foram utilizadas goiabas de variedade desconhecida, adquiridas junto a agricultores familiares da cidade de Petrolina-PE. Os frutos foram selecionados de acordo com o grau de maturação, ausência de injúrias e firmeza, sendo levados sob refrigeração em cooler de plástico para o Laboratório de Agroindústria da Univasf. Em seguida, foram lavados e procedeu-se à sanitização com solução aquosa contendo 50 ppm de cloro ativo.

Os frutos foram descascados, cortados ao meio, e as sementes retiradas. A secagem ocorreu entre os dias 26 e 27/01/2017, nesse período, a precipitação pluviométrica foi de 0,0 mm e a umidade relativa do ar média de 50%. A secagem foi realizada entre 08:30 e 16:30 h, sendo os frutos armazenados em dessecadores durante o período noturno e submetidos à radiação solar no dia seguinte até o termino do processo.

O equipamento utilizado para secagem solar da manga foi desenvolvido em parceria com o Laboratório de Construções Rurais (CEAGRO/CCA/UNIVASF), sendo constituído por um tambor metálico com capacidade de 200L, que foi dividido ao meio, pintado de preto fosco, e com vidro apoiado ao meio (Figura 1).



Figura 1. Protótipo do secador solar desenvolvido.

A eficiência do processo foi avaliada mediante o monitoramento da à temperatura interna do secador com uso de um termômetro a infravermelho. Além disso, a temperatura do ambiente e a radiação solar foram obtidas a partir de dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes à Estação Automática de Petrolina.

O fruto *in natura* e seco foi avaliado quanto ao teor de umidade e sólidos totais, por secagem direta em estufa com circulação de ar forçado a 105°C, até atingir peso constante (IAL, 2008).

Para avaliação da taxa de secagem, as frutas foram retiradas do secador solar em intervalos regulares de tempo para determinação da massa das amostras. Os dados

foram utilizados para avaliar a razão de umidade em função do tempo de secagem, que foi finalizada quando houve equilíbrio de umidade (% b.s.). O cálculo da razão de umidade (RU) durante a secagem foi realizado utilizando-se a expressão:

$$RU = (U-U_e)/(U_i-U_e) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: U – teor de água do produto (%b.s.); U_i – teor de água inicial do produto (%b.s.); U_e – teor de água de equilíbrio do produto (%b.s.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Figura 2** apresenta os valores de temperatura do ar no interior do secador e no ambiente externo, assim como a radiação solar em função do horário de secagem.

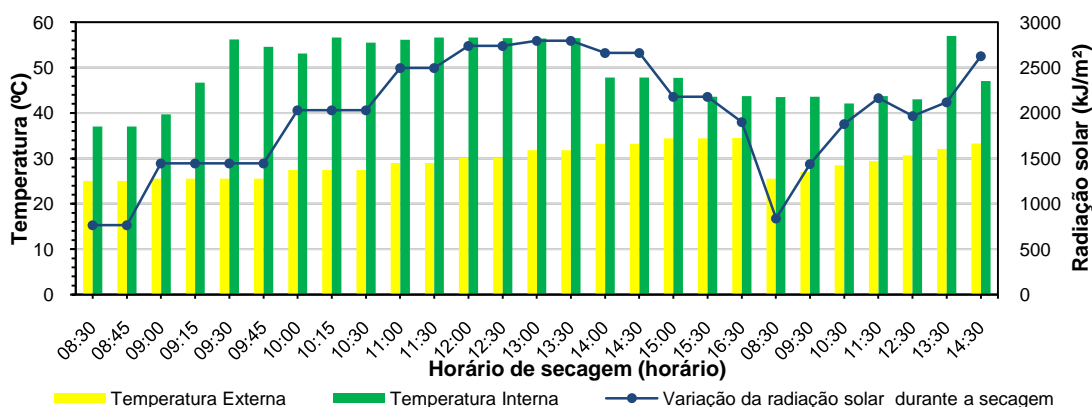


Figura 2. Variação da temperatura do ar no interior e exterior do secador solar, e da radiação solar durante a secagem.

Analisando a **Figura 2**, é possível notar que durante o decorrer da secagem o secador solar atingiu uma temperatura média de 49,1 °C, com valores máximos e mínimos de 57 e 37 °C, respectivamente. Já para a temperatura do ambiente, obteve-se um valor médio de 29,3 °C, com valores máximos e mínimos de 34,5 e 25 °C, respectivamente. No que se refere à radiação solar, durante o período de secagem, os valores máximo, mínimo e médio foram respectivamente 2793, 763 e 2001.

Durante todo o processo de secagem, a temperatura interna foi maior em relação à do ar (ambiente), justificando-se a composição do secador, visto que o tambor metálico é um bom condutor térmico. Além disso, o secador foi pintado de preto, e isso resulta em maior absorção da energia solar (GALLE et al., 2016).

De acordo com Silva (2000), o aumento de 5 °C da temperatura interna em relação ao ambiente já é um valor considerável para uma boa eficiência do sistema. O protótipo desenvolvido proporcionou, nas condições climáticas típicas de Petrolina-PE, caracterizadas pela baixa umidade do ar, clima quente e com alta incidência de radiação solar uma diferença de temperatura média de 19,7 °C, máxima de 30,7 °C e mínima de 9,2 °C, atestando uma ótima eficiência do sistema.

Já na **Figura 3**, tem-se a curva de secagem da goiaba, em função da razão adimensional de umidade e o tempo de secagem. O presente experimento apresentou coeficiente de correlação exponencial estatisticamente significativo de 89,48%.

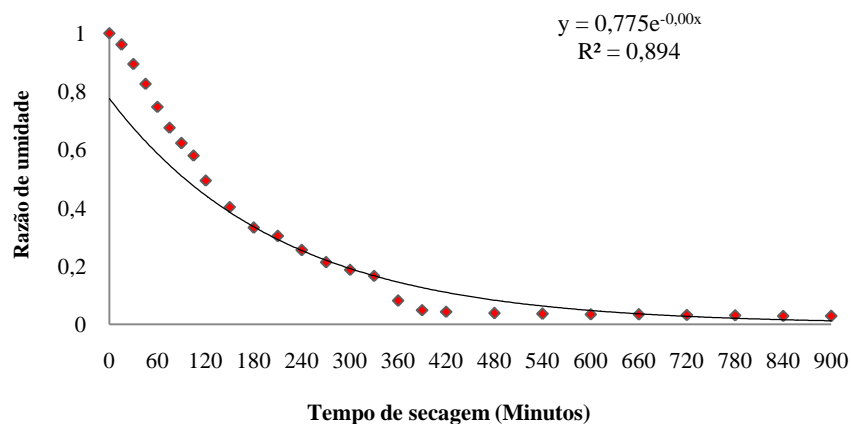


Figura 3. Curva de secagem de frutos de goiaba.

A partir da dinâmica de secagem dos frutos de goiaba (Figura 3), pode-se observar que a umidade foi de 85,63% b.u. Após as 15 horas de secagem, umidade final foi de 12,00% b.u. Com esta umidade final, o produto passa a ter maior vida útil, ou seja, maior conservação devido ao baixo conteúdo de água para o desenvolvimento dos microrganismos, além da inativação das reações químicas e enzimáticas (BRAGA, 2014).

CONCLUSÕES

O processo de secagem, a partir da utilização da energia solar, possibilitou a secagem dos frutos de goiaba dentro de um período de 15 horas, por meio do desenvolvimento de um protótipo simples.

AGRADECIMENTOS

A Univasf pela concessão de bolsa ao autor deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BASSETTO, E.; JACOMINO, A.P.; PINHEIRO, A.L. Conservation of ‘Pedro Sato’ guavas under treatment with 1-methylcyclopropene, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n. 5, p. 433-440, 2005.
- BRAGA, A. C. D. **Cinética de secagem e composição nutricional de uvas Syrah desidratada por convecção**. 2014. 65 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Irrigada) - Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Universidade do Estado da Bahia.
- CAMPOS, V. C. **Tecnologia demonstrada pela echo: desidratador solar**. Disponível em: <http://www.echotech.org/technical/technotes/Solar%20Dehydrator.pdf>. Acesso em: abr. de 2015.
- FERREIRA, A. G.; et al. Technical feasibility assesment of a solar chimney for food drying. **Solar Energy**. Vol. 82 p.44-52, 2008.

GALLE, N. B. C.; ALVES, N. M. C.; CASTRO, R. L. O.; VILELA, A. O.; SILVA, M. I. P. Secador solar para secagem de frutas reutilizando materiais descartados da construção civil. **A Barriguda: Revista Científica**, Campina Grande – PB, v. 6, p. 593-602, 2016.

IBGE. **Banco de dados agregados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2014. <http://www.sidra.ibge.gov.br> <Acesso em: 13 Abr. 2016>

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz. São Paulo. v.1, 1020p, 2008.

MOWLAH, G.; ITOO, S. Guava (*Psidium Guajava* L.) sugar components and related enzymes at stages of fruit- development a ripening. **Journal of Japanese Society of Food Science and Technology**, Tokyo, v.29, n.8, p.472-476, 1982.

RODRIGUES, L. B. A. **Análises microbiológicas de cajus desidratados pelo calor e ação osmótica ao longo do armazenamento**. 2016. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição)-Departamento de Nutrição, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2016.

RODRIGUES, M.S.; SANTANA, M.C.; UCHOA, A.L.P.; MENEZES, A.X.S.M.; CAVALCANTE, Í.H.L.; LIMA, A.M.N. Delineation of management zones based on soil physical attributes in an irrigated guava field in the Semi-Arid region, **African Journal of Agricultural Research**, Brazil.v. 10, p. 4185- 4192, 2015.

SILVA, J. S.; FINGER, F. L.; CORRÊA, P. C. Armazenamento de frutas e hortaliças. In: SILVA, J. S. (Ed.). **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2000. p. 469-502.