



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



Avanço da modelagem da resposta térmico-hídrica do dossel da cactácea palma forrageira¹

Thieres George Freire da Silva²; José Edson Florentino de Moraes³, Marcela Lúcia Barbosa⁴; Maria Gabriela de Queiroz⁴; George do Nascimento Araújo Júnior⁵; Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim⁵

¹ Dados experimentais de projetos de pesquisa coordenados pelo primeiro autor e financiado pelo CNPq e FACEPE

² Professor Adjunto III, UFRPE/UAST, Fone: (87) 3929-3208, e-mail: thieres_freire@yahoo.com.br

³ Mestrando do PPGPV, UFRPE/UAST, e-mail: joseedson50@hotmail.com

⁴ Pós-graduandos do PPGMA, UFV/DEA, e-mail: marcelalucia.ufrpe@hotmail.com, mg.gabi@hotmail.com

⁵ Graduandos, Agronomia, UFRPE/UAST, e-mail: georgejunior_91@hotmail.com, alexandremrfj@gmail.com

RESUMO: A literatura mundial é enfática quanto à importância da temperatura e da umidade relativa no ar, e o condicionante da disponibilidade hídrica no desenvolvimento da cactácea palma forrageira. Todavia, os estudos na maioria dos casos foram desenvolvidos em condições controladas de laboratório, necessitando assim a sua comprovação em campo. Nesse sentido, a modelagem agrometeorológica acaba ganhando destaque, logo que permite a sua aplicabilidade na simulação de cenários probabilísticos da agricultura às condições de alterações do clima. Portanto, objetivou-se elaborar um modelo multiplicativo, conjugando os efeitos de fatores térmico-hídricos do ambiente de cultivo sobre a capacidade de emissão de cladódios da palma forrageira. Os dados usados foram oriundos de um experimento conduzido com irrigação suplementar em Serra Talhada, PE. O número de cladódios por planta foi monitorado em 10 datas entre os meses de junho de 2012 e junho de 2013. As variáveis meteorológicas foram monitoradas ao longo do ciclo por meio de uma estação automática. Foram estabelecidas regressões lineares e não lineares entre os dados de incremento do número de cladódios e os valores de variação da temperatura (tar) e da umidade relativa do ar (URar), bem como das lâminas de irrigações entre as 11 datas. As equações geradas foram utilizadas na elaboração de um modelo multiplicativo, e a sua significância e de seus parâmetros foram avaliados com os testes F e t de Student. Com os resultados foi possível gerar um modelo multiplicativo com alta significância ($p < 0,001$) para estimativa da emissão de cladódios da palma forrageira, e obter que o efeito conjugado da tar e UR, e da disponibilidade de água, explica 92% a capacidade a palma forrageira emitir novos cladódios. Concluiu-se que, com o uso da modelagem foi detectada a contribuição de fatores do ambiente de cultivo sobre o desenvolvimento da palma.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração de referência, irrigação, *Opuntia stricta*, Semiárido

Advancement of the modelling of thermal-hydro response of the canopy of cactus forage

ABSTRACT: The world literature is emphatic about the importance of air temperature and relative humidity, and the forcing of the water availability in the development of cactus forage. However, in most cases studies were developed under controlled conditions of laboratory, requiring their confirmation in the field. In this sense, the modeling agrometeorological just gaining prominence as soon as allows their applicability in the simulation of agricultural probabilistic scenarios to the climate change conditions. Therefore, the objective was producing a multiplicative model, combining the effects of thermal-water cultivation environment on cladode emission capacity of forage Palm. The data used were from an experiment conducted with supplemental irrigation in Serra Talhada, Pernambuco. The number of cladode per plant was monitored on 11 dates between June of 2012 and June 2013. Weather variables were monitored over the cycle through an automatic station. Were established linear and nonlinear regressions between the increase in the number of data cladode and the values of temperature variation (tar) and the relative humidity of air (URar), as well as irrigation blades between the dates 11.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

The equations generated were used in the preparation of a multiplicative model, and its significance and its parameters were evaluated with the F test and Student's t-test. With the results it was possible to generate a multiplicative model with high significance ($p < 0.001$) to estimate the emission of cladode cactus forage and get that the combined effect of tar and UR, and the availability of water, explains 92% the ability to forage Palm issue new cladode. It is concluded that, using the modeling was detected the contribution of environmental factors of cultivation on the development of the Palm.

KEY WORDS: reference evapotranspiration, irrigation, *Opuntia stricta*, Semiárido

INTRODUÇÃO

O regime térmico-hídrico do Semiárido brasileiro é a principal forçante da sazonalidade fisiográfica do bioma Caatinga. Consequentemente, a condução sustentável da atividade pecuária fica limitada ao período chuvoso e alguns meses subsequentes, quando a disponibilidade de água favorece a produção de forragem nativa para atender a demanda dos animais.

Logo, espécies tolerantes ao estresse hídrico são alternativas relevantes nos meses em que a demanda atmosférica é superior à precipitação pluviométrica.

Nesse sentido, destacam-se as cactáceas, as quais mantêm o seu crescimento, mesmo em condições de limitações ambientais de excesso térmico e deficiência hídrica (SILVA et al., 2014).

A literatura mundial é enfática quanto à importância da temperatura e da umidade relativa no ar, e o condicionante da disponibilidade hídrica no desenvolvimento da cactácea palma forrageira. Todavia, os estudos na maioria dos casos foram desenvolvidos em condições controladas de laboratório, necessitando assim a sua comprovação em campo. Nesse sentido, a modelagem agrometeorológica acaba ganhando destaque, logo que permite a sua aplicabilidade na simulação de cenários probabilísticos da agricultura às condições de alterações do clima.

Portanto, objetivou-se elaborar um modelo multiplicativo, conjugando os efeitos de fatores térmico-hídricos do ambiente de cultivo sobre a capacidade de emissão de cladódios da palma forrageira.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse estudo foram usados dados experimentais de um cultivo de *Opuntia stricta*, conduzido em condições irrigadas, durante 380 dias de ciclo, no segundo ciclo produtivo da cultura (após a implantação em março de 2011; condução ao longo de 1,5 anos em sequeiro; primeiro corte em maio de 2012; início do presente ciclo em junho de 2012; e, finalização em junho de 2013), no município de Serra Talhada, Estado de Pernambuco.

O experimento foi disposto em blocos casualizados, com quatro repetições, em que a cultura foi submetida ao sistema de plantio exclusivo com cinco lâminas de irrigação complementar com base na evapotranspiração de referência (ET_o) (0%, 8,75%, 17,5%, 26,25% e 35%.ET_o). Até novembro de 2012, não houve diferenciação das lâminas de irrigação, com o intuito de se permitir o estabelecimento inicial da cultura. Entre dezembro de 2012 e junho de 2013, a palma foi submetida às condições de lâminas de irrigação complementar com base na ET_o. As irrigações foram feitas apenas nos períodos em que a precipitação pluviométrica foi inferior a ET_o acumulada entre os dias de reposição de água no solo. Esses eventos foram realizados em intervalos de dois dias. Detalhes experimentais podem ser obtidos em LIMA (2015).

Ao longo do tempo, durante 10 datas entre junho de 2012 e junho de 2013, a emissão de cladódios por ordem de surgimento (1^a ordem, 2^a ordem, etc.) e o número total de cladódios foram monitorados

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

em 12 plantas por tratamento (três em cada bloco), e na ocasião da colheita foi quantificado o rendimento da cultura, o qual se usou como critério na definição da condição de maior desenvolvimento da palma forrageira.

Nesse caso, a lâmina de irrigação complementar de 8,75%.ET_o acrescida da lâmina de uniformização e a precipitação pluviométrica, que totalizaram 1048 mm ano⁻¹, foi a condição de disponibilidade de água que resultou em maior emissão de cladódio pela cultura e produtividade. Assim, os dados resultantes desse tratamento foram usados na análise da contribuição de variáveis térmico-hídricas sobre o desenvolvimento do dossel da palma.

Nesse estudo foram considerados os incrementos do número de cladódios (Incremento-cladódio, unidades mês⁻¹), de temperatura (ΔT , °C) e de umidade relativa do ar (ΔUR , %), e de disponibilidade de água (precipitação mais irrigação, $\Delta(P+I)$, em mm) entre os intervalos das 10 datas de monitoramento biométrico.

Esses dados foram usados na elaboração de um modelo multiplicativo com três funções:

$$\text{Incremento-cladódio} = f(\Delta T) \cdot f(\Delta UR) \cdot f(\Delta(P+I))$$

As funções $f(\Delta T)$, $f(\Delta UR)$ e $f(\Delta(P+I))$ podem ser lineares ou curvilíneas.

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar, e de precipitação pluviométrica foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (www.inmet.gov.br), referente à estação automática situada a 1400 metros da área experimental. Os dados de irrigação foram calculados conforme a vazão e pressão de trabalho do sistema de gotejamento.

Todos os procedimentos de manipulação de dados foram feita no programa Excel do pacote computacional Microsoft, e as regressões, e as significâncias das equações e de seus respectivos parâmetros foram obtidas no Sigmaplot, versão 10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O incremento térmico mensal em torno de 1°C mês⁻¹ promoveu a máxima emissão de cladódios (> 4 unidades mês⁻¹) da palma forrageira (*Opuntia stricta*). A partir dessa magnitude, a sua emissão foi desfavorecida, ou mesmo quando há decréscimo térmico, a quantidade de novos cladódios emitidos por mês é reduzida (Figura 1A). Essa variabilidade de emissão foi explicada pela temperatura do ar em 67% ($p < 0,0157$).

Contudo, depende da sua associação com a variação da umidade relativa do ar, ou seja, a maximização da emissão de cladódios ocorreu quando o incremento térmico esteve associado a um decréscimo de até -5% dos valores absolutos da UR_{ar}. Incrementos mensais excessivos (> 1%) ou decréscimos acentuados (> -5%) reduzem a emissão de cladódios. Assim, o que não foi explicada pela variação da temperatura do ar, pode ser atribuída as alterações da UR_{ar}, ou seja, 54% ($p < 0,0399$) (Figura 1B).

As maiores emissões de cladódios, que não foram explicadas pela Tar e UR_{ar}, foram associadas ao regime hídrico imposto à cultura ($\Delta(P+I)$), mesmo com menor contribuição e significância (30%, $p < 0,1439$). Valores abaixo de 50 mm mês⁻¹ ou acima de 200 mm mês⁻¹ promoveram maiores surgimentos de cladódios (Figura 3C).

Combinando os efeitos das variações térmico-hídricas do ambiente de cultivo (Tar, UR_{ar} e $\Delta(P+I)$), as mesmas foram responsáveis por 92% ($p < 0,001$) das mudanças mensais na emissão de cladódios da palma forrageira (Figura 1D).

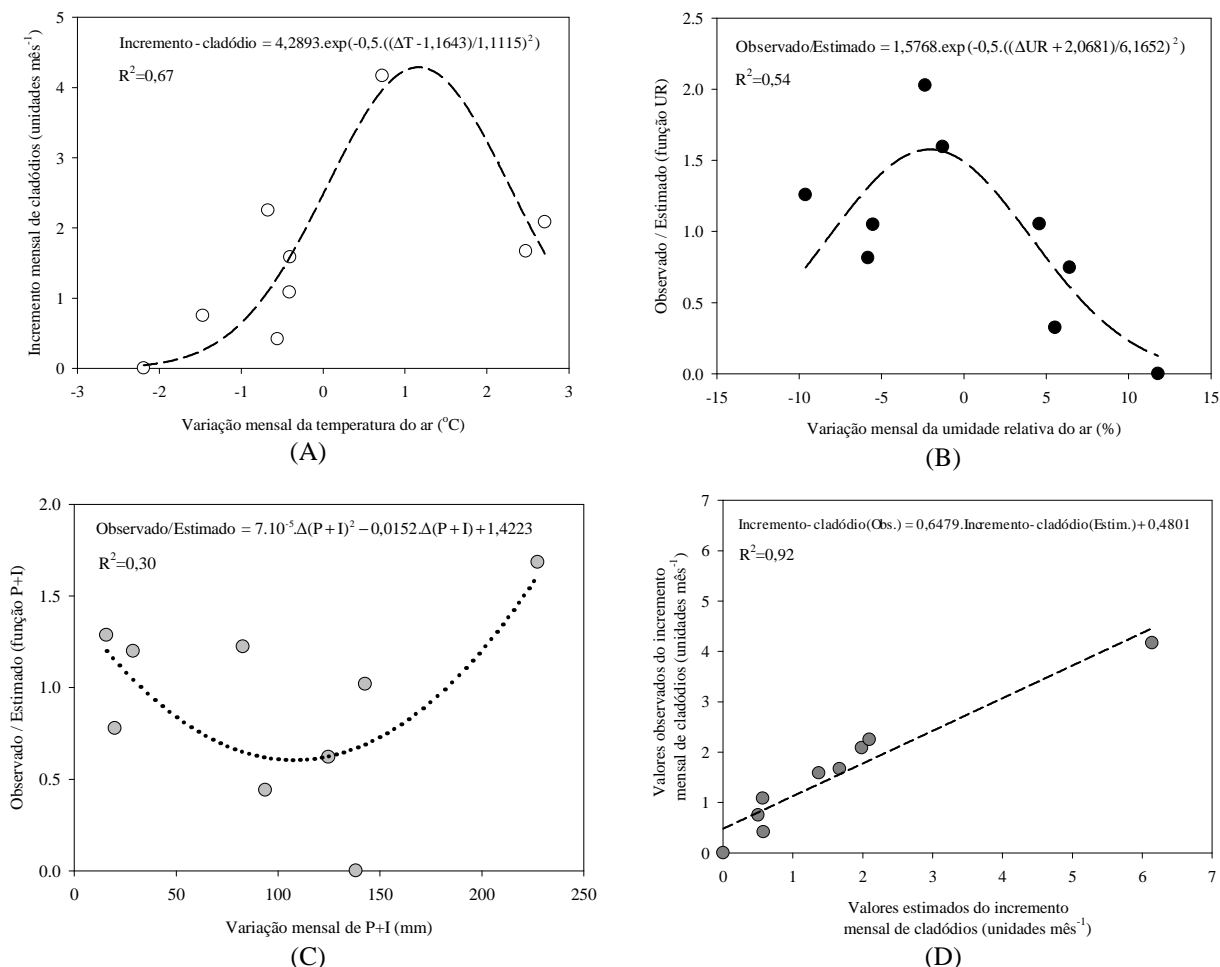


Figura 1. Contribuição da variação mensal da temperatura (A) e da umidade relativa do ar (B), e do incremento de precipitação e irrigação sobre o incremento de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta*). (D) desempenho do modelo multiplicativo $f(\Delta T) \cdot f(\Delta UR) \cdot f(\Delta(P+I))$ para estimativa do incremento de cladódios da palma forrageira.

Em valores absolutos de Tar, URar e (P+I), verificou-se que a maior emissão de cladódios (> 4 unidades mês^{-1}) ocorreu no intervalo de tempo em que a temperatura passou de $27,9^\circ\text{C}$ para $28,6^\circ\text{C}$, a umidade relativa do ar variou de $50,7\%$ para $45,2\%$ e o incremento hídrico foi de apenas 20 mm, ou seja, ambiente mais quente e seco com menor disponibilidade de água favoreceu o surgimento de novos cladódios. Há registro na literatura que o bom desenvolvimento da palma forrageira pode ocorrer em locais com temperaturas médias em torno de 28°C , com variações ao longo do ano de 18°C a 38°C (FABRÉGUES, 1966), umidades relativas noturnas entre 55% e 60% com médias acima de 40% (MOTTA, 1958; VIANA, 1969), e onde o regime hídrico acima de 400 mm ano^{-1} , ou seja, na ordem de $33,3$ mm mês^{-1} favorece a produtividade da cultura (FABRÉGUES, 1966).

Assim, o incremento mensal de cladódios da palma forrageira (*Opuntia stricta*) pode ser estimado pela seguinte expressão:

Incremento-cladódio = $f(\Delta T) \cdot f(\Delta UR) \cdot f(\Delta(P+I)) \cdot 0,6479 + 0,4801$, sendo:

$$f(\Delta T) = 4,2893 \cdot \exp(-0,5 \cdot ((\Delta T - 1,1643)/1,1115)^2)$$

$$f(\Delta UR) = 1,5768 \cdot \exp(-0,5 \cdot ((\Delta UR + 2,0681)/6,1652)^2)$$



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

$$f(\Delta(P+I)) = 7,0 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta(P+I)^2 - 0,0152 \cdot \Delta(P+I) + 1,4223$$



em que, ΔT , $\Delta URar$ e $\Delta(P+I)$ são os incrementos mensais de temperatura do ar ($^{\circ}C$), umidade relativa do ar (%) e de disponibilidade hídrica por precipitação e irrigação (mm).

CONCLUSÕES

Conclui-se que, com o uso da modelagem foi detectada a alta contribuição de fatores do ambiente de cultivo (~92%) sobre o desenvolvimento do dossel da palma forrageira, logo que os mesmos influenciam a taxa de emissão de cladódios da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FABRÈGUES, B. P. de. **Lês cactées fourragères dans lê Nordest brésilien (Étude Ecologique)**. Paris: Ministère des Affaires Étrangères, 1966. 80p.

LIMA, L. R. **Viabilidade econômica do sistema consorciado palma forrageira-sorgo em condições irrigadas no Semiárido pernambucano**. 2015. 56f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

MOTTA, J. **A palma como salvação do rebanho nordestino**. João Pessoa: Correio da Manhã transcrito no ETENE, 1958.

SILVA, T. G. F. da; PRIMO, J. T. A.; SIQUEIRA e SILVA, S. M.; MOURA, M. S. B. de; SANTOS, D. C. dos; SILVA, M. da C.; ARAÚJO, J. E. M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**, v.73, p.184-191, 2014.

VIANA, O. J. Pastagens de cactáceas nas condições do Nordeste. **Revista Zootecnia**, v.7, n.2, p.55-65p, 1969.